

Aplicaciones estructurales de la madera.

Cerchas, vigas laminadas y conectores

BOGOTA, ABRIL 12 AL 15 DE 1988



ORGANIZAN



Regional
Antioquia Choco



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE COLOMBIA
SECCIONAL MEDELLIN



JUNTA DEL ACUERDO
DE CARTAGENA

COOPERAN

**BANCO CENTRAL HIPOTECARIO B.C.H.
CAMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCION - CAMACOL -
CENTRO NACIONAL DE ESTUDIOS
DE LA CONSTRUCCION - CENAC -**



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

C O N T E N I D O

1. CUADRO DE ORGANIZACION.
2. LISTADO DE PARTICIPANTES..
3. PROGRAMA ACADÉMICO.
4. PONENCIAS
 - Panorama Actual Colombiano de la Utilización de la Madera en la Construcción. Oscar Gómez, Bogotá
 - Promoción de las Tecnologías y Elementos Constructivos con Madera. Dominique Millereux, Cooperación Técnica Francesa, Paris.
 - Preparación de la Madera (Secado y Preservación) Oscar Escobar, Universidad Nal. Medellín y Enrique Romero, Universidad Distrital, Bogotá.
 - Cerchas: Teoría y práctica. Iván Arango, Técnica y Arquitectura, Medellín.
 - Uniones Digitales (Finger Joint) y Vigas Laminadas. Hannes Hoheisel, Junac - C.E.E.
Producción y uso en Chile de Estructuras de Madera. German Tamm Jensen, Chile.
 - Conectores: Principios Básicos. Hannes Hoheisel.
 - Experiencia en el uso de Madera Estructural. Urbano Ripoll, Bogotá.
 - Uniones en Estructuras de Madera (Gan Nail y Conectores Populares). Urbano Ripoll, Bogotá y Alberto Lamprea, Efectimedios, Bogotá.
 - Construcciones Demostrativas con Madera en Colombia. Ricardo Navarrete, B.C.H. Bogotá.
 - Arquitectura de la Madera. Simón Vélez, Constructor Medellín.
5. AGRADECIMIENTOS,



5471a

CUADRO DE ORGANIZACION

* COMITE COORDINADOR:

- Juan Ignacio Albán D. - Coordinador Andi, Bogotá
- Oscar Escobar - Universidad Nacional, Seccional Medellín
- Claudia Ospina V. - Andi, Medellín
- Francisco Javier Alvarez L. - Sena Regional Antioquia Chocó.

* SECRETARIA:

- Luz Marina Ocampo Flórez. - Sena Antioquia Chocó.

* PUBLICACIONES:

- Héctor Raúl Berrío Holguin - Sena Antioquia Chocó.

* DIBUJANTE:

- Eugenia Ramírez de V. - Sena Antioquia Chocó.

* GUIAS:

- Emma Nahir Guerrero Camacho.
- Ana Dilia Luna Jácome
- Martha Polanco Ramos.
- Rocio Maribel García G.
- Claudia Margarita Santos González.
- Martha Cecilia Rodríguez Castiblanco.
- Ana Milena Ríos Jiménez

M. S. 2544

ABR. 1988

OBSEQUIO

04078

LISTADO DE PARTICIPANTES

HERNANDO ACERO LOPEZ
Concretécnica Ltda.
Cra. 15 123 - 61 Oficina 504
Bogotá

CARLOS ALBERTO ACEVEDO PEÑA
Independiente
Cra. 8a. 69-11 Interior 2
Bogotá

MANUEL ACHURY CADENA
SIMEC
Calle 5B 21-40
Bogotá

GUILLERMO ACUÑA CARRERA
Independiente
Calle 127 43-28
Bogotá

LUIS GUILLERMO AGUDELO RAMIREZ
Interplan Ltda.
Calle 95 7-43
Cali

EDUARDO APARICIO AHOGADO LARA
Inmunizadora Colombiana de Madera
Carrera 7a. B. No. 15-38 Sur
Bogotá

MARIELA ALVAREZ VANEGAS
I.C.T.
Apartado Aéreo 2040
Medellín

SAUL FERNANDO ALZATE ARIAS
Independiente
Diagonal 85 A 30A - 30
Bogotá

JORGE IGNACIO AMAYA JIMENEZ
Independiente
Cra. 73 43-28
Medellín

JAVIER ANGEL CORREA
SENA Regional Antioquia Chocó
Apartado Aéreo 1188
Medellín

IVAN ARANGO
Técnica y Arquitectura
Cra. 45 7-84
Medellín

CARLOS ARANGO MONTOYA
Universidad Pontificia Bolivariana
Apartado Aéreo 1178
Medellín

CARLOS ENRIQUE ARANGO OCHOA
Inversiones Forestales Don Diego
Apartado Aéreo 6298
Medellín

GLORIA ISABEL ARANGO DURANGO
Universidad de Medellín
Cra. 89 44B-39
Medellín

GUILLERMO LEON ARANGO RESTREPO
Facultad Arquitectura Universidad Nal.
Apartado Aéreo 568
Medellín

EMIGDIO JOSE ARAUJO MORON
Universidad de los Andes
Mérida Venezuela

ANACILIA ARBELAEZ ARCE
 Universidad Nacional Medellín
 Lomas del Pilar Bloque 18 Apto. 414
 Medellín

JUAN PABLO ARBELAEZ CASAS
 Banacol S.A.
 Calle 26 Sur 48-12
 Envigado (Antioquia)

MARIA GLADYS ARBOLEDA GIRALDO
 Universidad de Medellín
 Circular 73 B 38 - 85
 Medellín

RAUL ARBOLEDA ARBOLEDA
 Sena - Programa de la Construcción
 Apartado Aéreo 1188
 Medellín

SANTIAGO ARELLANO ECHAVARRIA
 Carpintero Constructor
 Calle 92 5-50 Apto. 404
 Bogotá

FANNY ARENAS ARENAS
 Universidad de Medellín
 Calle 74 44A -57
 Medellín

JORGE ARISTIZABAL GOMEZ
 Sena Risaralda
 Calle 41 13 - 25
 Pereira

JUAN MANUEL ARROYAVE CARDONA
 Universidad Nacional
 Cra. 77B 45G -80
 Medellín

MARIA TERESA ARRUBLA
 Embajada de los Estados Unidos
 Bogotá

PEDRO ASCUNTAR CORAL
 Ingeniero Civil
 Cra. 41 137 - 21 - Bogotá

HECTOR AYALA ORAMAS
 Ingeniero Industrial
 Cra. 5a. 69-14 Of. 102
 Bogotá

ROBERTULIO AYALA LOPEZ
 Instructor Sena
 Calle 52 2Biss - 15
 Cali (Valle)

MARITZA BAHAMON DAVILA
 Estudiantes Universidad Nacional
 Apartado Aéreo 568
 Medellín

ENRIQUE BARRIGA MANRIQUE
 Sena Regional Antioquia Chocó
 Apartado Aéreo 1188
 Medellín

EDGAR BASTIDAS RIAÑO
 Servitriplex
 Cra. 59 46-17
 Bogotá

OSCAR BECERRA MEJIA
 Universidad del Valle
 Cali (Valle)

LUIS FERNANDO BEDOYA GUTIERREZ
 Administrador de Pinos y Pinos
 Calle 17 43F - 245
 Medellín

ANTONIO BEDOYA GARCES
 Aserraderos Pereira
 Cra. 30 33-67
 Palmira (Valle)

ANDRES HERNANDO BERDUGO VARGAS
Diseñador Industrial
Transversal 41 45-35
Bogotá

FERNANDO BERNAL BERNAL
Arquitecto Universidad Javeriana
Transversal 38 103-72
Bogotá

JAIRO BETANCUR BARBOSA
Edificadora y Edificadora Córdoba
Calle 69 A 14-11 Piso 4o.
Bogotá

JULIETA BOTERO RENDON
Estructurar Ltda.
Circular 2a. 66B-82
Medellín

EDUARDO BRAVO QUIJANO
Inmunisa
Apartado Aéreo 10965
Cali (Valle)

JOSE ANTONIO CALDERON BUSTOS
Maderería Central
Avenida 78 57-83
Bogotá

ALEJANDRO CANAL LINDARTE
Arquitectos Asociados
Centro Cial. Bolívar
Cúcuta

FREDY CARABALLO ALVAREZ
Ingeniero Civil del SENA
Calle 24 11-62
Montería (Córdoba)

RICARDO BERNAL CASAS
Arquitecto Universidad Nacional
Calle 45 Cra. 30 Edificio Cinva piso 2o.
Bogotá

VICTOR JULIO BETANCUR URIBE
Ingeniero Civil
Calle 47 42-56 Oficina 217
Medellín

JULIO CESAR BONILLA AGUDELO
Pizano S.A.
Cra. 9a. 74-08 piso 9o.
Bogotá

MARGARITA MARIA BOTERO PALACIO
Estudiante Universidad de Medellín
Calle 52 43-118 Apto. 501
Medellín

JOSE EDILBERTO CAICEDO SASTOQUE
Corporación Minuto de Dios
Cra. 74 80-34
Bogotá

ROBERTO CALDERON CUJIA
Corelca
Cra. 55 72-109, piso 9o.
Barranquilla

FABIO CAÑIZARES CUEPPERS
Inmunizadora Serye
Cra. 46 52-140 Oficina 610
Medellín

JOSE ALBERTO CARDENAS GIRALDO
Instructor Centro Colombo Canadiense
de la Madera A.A. 1188
Medellín

MARIO CARDONA
Centro Colombo Canadiense de la Madera
Apartado Aéreo 1188
Medellín

JAIME ALIRIO CARREÑO MORENO
Ingeniero Industrial Triplez Sumapaz
Kilómetro 65 Fusagasugá
Apartado Aéreo 78090
Bogotá

DANIEL CATAÑO
Instructor Sena Antioquia Chocó
Apartado Aéreo 1188
Medellín

FIDEL CASTILLO
Proexpo
Bogotá

IVAN FELIPE CELIS
A.R.C. LTDA
Diagonal 145 30-98
Bogotá

RAFAEL CEPEDA JUNIOR
Civilco
Comercio Lamatuna Oficina 312
Cartagena

MIGUEL ANGEL CONCHA OROZCO
El Concejo Municipal
Calle 44 78A - 93
Popayán

ERNESTO CONROY
JUNAC

NESTOR MANUEL CARREÑO BARAJAS
Gobernación del Caquetá
Florencia (Caquetá)

DAVID CASTAÑEDA LESMES
Sena
Apartado Aéreo 52418
Bogotá

AZAZEL CATAÑO RESTREPO
Maderas Palmira
K y A 25 - 43
Palmira (Valle)

ORLANDO CAYCEDO
Afilatec Ltda.
Cra. 25 23-38, Bogotá

JULIO CESAR CENTENO
Inst. Forestal Latinoamericano
Venezuela

MANUEL ARTURO CERON SANTAMARIA
Pizano S.A.
Cra. 9a. 74-08 piso 9o.
Bogotá

JESUS CONEJOS SOBRINO
Mérida (Venezuela)

ELLIOT CORRECITA RICAURTE
Universidad Nacional
Facultad de Ingeniería
Secretario Administrativo, Bogotá

FABIOLA CORREDOR GARZON
Arquitecta
Cra. 21 B 44-35
Barranquilla

CARLOS AUGUSTO CUERVO GIRALDO
Arquitecto
Diagonal 85A 30A -30
Bogotá

MOISES CHAVEZ RODRIGUEZ
Instructor Sena
Calle 11 Sur 3-41

ORLANDO CHONA VASQUEZ
Indumuebles
Apartado Aéreo 159
Bucaramanga

GABRIEL DELGADO PELAEZ
Ingeniero Civil

JAIME DE LA TORRE DURAN
De La Torre y Castro Ltda.
Avenida 15 124-03 Ofcina 302

CARLOS ALFONDO DEVIA CASTILLO
Estudiante Universidad Distrital
Calle 50 13-76 Apto. 509
Bogotá

DOMINGO DIAZ DIAZ
Davivienda
Calle 44 7-31

GERARDO DIAZ MANJARRES
Ingeniero Obras Públicas
Medellín

MAURICIO DIAZ MATEUS
Arquitecto
Cra. 6a. 88-09

HERNAN CORTES MURILLO
Inversiones Silva Rodríguez y Cia.
Calle 94 15-19 Oficina 305

HECTOR JAIME CUESTA ESCOBAR
V.C. Construcciones Ltda.
Calle 79 A 8-63
Bogotá

RODOLFO ALBERTO CHIVATA BARRAGAN
Ferrocarriles Nales. de Colombia
Cra. 66 77-33

ALBERTO DE LA ROCHE BECERRA
Inmunizadora Rionegro
Apartado Aéreo 0042
Rionegro (antioquia)

LUIS CARLOS DELGADO
Concreto
Cra. 11 93-42

FRANCISCO DE VALDENEBRO BUENO
De Valga
Carrera 15 91-06 Interior 1

ORLANDO DIAZ CASTAÑO
Instructor Sena Programa de la Construcción
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

FERNAN DIAZ DUQUE
Universidad Nacional
Cra. 38 55-45
Bogotá

LILLY DIAZ ESCANDON
Andi
Cra. 13 23-45, Bogotá

JOSE TRINO DIAZ ROJAS
Alturas Ltda.
Calle 57 5-17

ENRIQUE DIAZ SILVA
Diaz Silva
Calle 19 5A - 59
Neiva

JULIO HERNANDO DUARTE TOVAR
Corve Ltda.
Cra. 15 123-30 Of. 483
Bogotá

ANA PATRICIA DUQUE GUTIERREZ
Estudiante Universidad Nacional
Calle 64 40-7
Medellín

JAIME ALBERTO FAJARDO TEJADA
Estudiante Ingeniería Civil
Cra. 78A 49AA - 17
Medellín

JOSE ELI FRANCO SANTANA
Inmunizadora Colombiana de Maderas
Cra. 52 A 42-10 Sur
Bogotá

NORBERTO FRANCO BECERRA
Norberto Franco y Cía
Cra. 8a. 99-51 oficina 702
Bogotá

JUAN DIEGO ECHAVARRIA SALDARRIAGA
Suburbanos Ltda.
Kilómetro 18 Carretera La Fé
El Retiro (Antioquia)

JAIRO ESCOBAR VALLEJO
Maderas El Líbano
Cra. 6a. 26-73
Pereira (Risaralda)

PEDRO DONOSO
Edificadora y Urbanizadora Córdoba
Calle 69 A 14-11 piso 4o.
Bogotá

ALBA DUQUE SANTANA
Maderas San Francisco
Calle 46 56-03
Medellín

ARMANDO DURAN CARRERA
Corporación Autónoma Regional del Cauca
Cra. 56 11-36
Cali (Valle)

JOHN FAUDEL
John Faudel Ltda.
Cra. 79 3C-16
Cali (Valle)

LUZ MARIA FRANCO RAMIREZ
Planeación
Avenida Boyacá, 64A -05, Bloque 2, Apto403
Bogotá

MARIO FRIC MARIÑO
Rin cón y Cía
Diagonal 109 1200
Bogotá

ANDRES ESCABI
Pizano S.A.
Cra. 9a. 74-08, piso 9o.
Bogotá

JUAN GUILLERMO ESCOBAR BOTERO
Arista Ltda.
Calle 18 8-47 Oficina 705
Pereira (Risaralda)

JULIO ERNESTO ESCOBAR
Programa de la Construcción Sena
Apartado Aéreo 1188
Medellín

MARTHA ESGUERRA PEREZ
Pizano S.A.
Carrera 9 74-08 , Bogotá

OSCAR FRANCO CARMONA
Ospinas y Cías
Calle 134 9-78 - Bogotá

WALTER GAMEZ GUTIERREZ
Ingeniero Mecánico
Avenida Sur 18-19 - Pereira

MARTHA RUTH GARCIA BOTERO
Arquitectos Asociados
Cra. 12 A 148-24 Apto. 504
Bogotá

FERNANDO GARCIA SILVA
F.G.S.
Calle 59 13-52 Oficina 203
Bogotá

LUZ STELLA GIRALDO GIRALDO
Universidad Nacional - Estudiante
Calle 30 A 81-53
Medellín

GABRIEL JAIME GOMEZ
Techos El Cedro Rojo Ltda.
Calle 46 56-15 - Medellín

ANTONIO GOMEZ PENAGOS
Estudios Técnicos S.A.
Calle 60 A 5-51 - Bogotá

OSCAR ESCOBAR CARDONA
Laboratorio de Productos Forestales
de la Universidad Nacional
Apartado Aéreo 568 - Medellín

GERMAN ESPINOSA GONZALES
Inmucoí Ltda.
Calle 21 32-50 - Bogotá

NANCIO GALVAN
I.C.F. Ltda.
Cra. 3a. 54A-47 - Bogotá

JORGE LUIS GANDARA PEREZ
Corporación Minuto de Dios
Diagonal 88 84-41 - Bogotá

VITELIO GARCIA HERREROS OCHOA
Escuela de Artes y Diseño de
Arquitectura
Cra. 15 34-00, Oficina 203, Bogotá

LUIS ALBERTO GARZON JIMENEZ
Expertos Profesionales Asociados Ltda.
Cra. 25 46-47 - Bogotá

MANUEL JOSE GIRALDO MONTOYA
Estudiante - Universidad Nacional
Cra. 35 A 37-82
Medellín

CARLOS ERNESTO GOMEZ GOMEZ
Universidad Piloto
Calle 127 98 -28 - Medellín

FERNANDO GOMEZ RIOS
Acofore
Calle 19 3-50 - Bogotá

SENA
-gond Anri que Chocó
BIBLIOTECA CONSULTA

GONZALO GOMEZ ROJAS
Federación Nacional de Cafeteros
Apartado Aéreo 54737 - Medellín

JOSE IVAN GOMEZ SALAZAR
Secretaría Obras Públicas Departamentales
Calle 55 69-68 - Bogotá

PIEDAD GOMEZ VARGAS
Pedro Gómez y Cía
Unicentro Piso 3o. - Bogotá

OSCAR F. GOMEZ VILLA
CENAC
Apartado Aéreo 34219 - Bogotá

CARLOS FERNANDO GONZALEZ AGUDELO
A.O. Asesorías e Ingenieros Ltda.
Cra. 43 A Sur - 139 - Medellín

JAIME GONZALEZ BOTERO
Samanasi Ltda.
Avenida 19 118-75, Bogotá

CAMPO ELIAS GONZALEZ CAMARGO
Cabañas Ltda.
Calle 13 39-77, Bogotá

CLAUDIA LILIANA GONZALEZ CASTRO
Universidad Piloto
Avenida 39 8-65 Apto. 1003, Bogotá

SONIA GONZALEZ CORZO
Contraloría Municipal
Alcaldía Oficina 401

JORGE GONZALEZ GONZALEZ
Guillermo González Zuleta y Cía Ltda.
Calle 124 6-60, Bogotá

RONALD ALBERTO GONZALEZ RINCON
Facocar
Cra. 54 37 A - 32 Sur, Bogotá

LIBARDO GRANADOS SAAVEDRA
Universidad Distrital Fco. José de Caldas
Calle 80 A 51-41, Bogotá

MAURICIO GRANADOS SAAVEDRA
Espacio - Ambiente
Calle 80 A 51-41, Bogotá

CARLOS GRANJA
Estudiante - Universidad Distrital
Bogotá

LEOPOLDO ERNESTO GUAQUETA ARIAS
BENHABITAT LTDA.
Diagonal 109 20-60 , Bogotá

HERNANDO GUEVARA CASALLAS
Profesor - Universidad Distrital
Cra. 8a. 40-78, Bogotá

GUILLERMO GUEVARA YABAR
JUNAC
Torres del Parque Av. 5a. No. 26, Bogotá

MANUEL ANTONIO GUIDO CARDENAS
CIVAGRO
Cra. 15 123-61, Bogotá

FABIO GUTIERREZ ARIAS
Sena Regional Antioquia Chocó
Apartado Aéreo 1188- Medellín

ENRIQUE GUTIERREZ BECQUET
Maderas y Diseños
Calle 58 21-41, Bogotá

ILVANIA GUTIERREZ GOTERA
 JUNAC
 Centro Simón Bolívar Torre Sur, piso 18
 Caracas, Venezuela

CARLOS HERNAN GUZMAN BARON
 Dico Consultoría y Cía Ltda.
 Avenida 6a. Biss 28N-65, Cali

ERNESTO GUZMAN GOMEZ
 Maderas Ltda.
 Avenida 3 1-67 San Luis Vía Ureña
 Cúcuta

CARLOS GUZMAN UMAÑA
 Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
 Avenida El Dorado 55-51, Bogotá

OSCAR HERMIDA GARCIA
 Muebles y Decoración Darío Hermida
 Calle 66 3-89, Bogotá

EDILBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ
 Arquitectos Asociados
 Calle 75 A 29-00, Bogotá

JORGEN HOBRECKER LONDOÑO
 Universidad del Valle
 Avenida Piedragrande No. 28, Cali

GILMA MARIA HOYOS NARANJO
 Instituto Colombiano de Construcciones
 Escolares
 Cra. 50 56-79 piso 2o., Bogotá

JUAN CARLOS JAIMES GONZALEZ
 Universidad Autónoma de Santander
 Cra. 36 46-79, Bucaramanga

GABRIEL IGNACIO GUTIERREZ JARAMILLO
 Escuela de Ingeniería de Antioquia
 Calle 33A 70A - 101 - Medellín

RICARDO GUZMAN EDGLEY
 A.B.C. Equipos
 Calle 92 15-48 oficina 512, Bogotá

EDUARDO JOSE GUZMAN HERNANDEZ
 Instituto Nal. de la Vivienda
 Urbanización Santa Rosa de Lima
 Calle C, Residencias Adriana Apto. 91
 Caracas, Venezuela

JOSE ALEJANDRO HEREDIA AGUDELO
 Constructora Tafur Villegas
 Cra. 64 A 5-165, Bogotá

FRED HERNANDEZ OSORIO
 Consorcio Serrano Gómez Pretecor Ltda.
 Diagonal 22A 68B-78, Bogotá

CHRISTIAN HILLER BERNAL
 Industria Técnica de Maderas S.A.
 Cra. 102 25-86, Fontibón Bogotá

HANNES HOHEISEL
 JUNAC - C.E.E.
 Apartado 18-1177 Lima 18, Perú

EDUARDO ISAZA BONITTO
 Ingeniería Estructural Ltda.
 Circular 76 39-16 - Medellín

ARLEEN JARA MARTINEZ
 CENAC
 Bogotá

MARIO LEON JARAMILLO RESTREPO
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Apartado Aéreo 50699 - Medellín

GERMAN TAMM JENSEN
Ingeniero Mecánico
B Arana No. 37 Concepción, Chile

JUAN IGNACIO JIMENEZ POSADA
Manufacturas Terminadas S.A.
Cra. 9a. 74 - 08, piso 9o - Bogotá

PETER KRAUSE
Concretabla Cónica Ltda.
Kilómetro 23 Carretera Central Norte
La Caro - Chía, Bogotá

PABLO LANZAS AYON
Universidad Nal. de Medellín
Calle 48D 67A-13 - Medellín

JOSE ANATOLIO LASTRA RIVERA
Universidad Distrital
Bogotá

GUILLERMO LEON GOMEZ RENDON
Cornare
Apartado Aéreo 412 - Medellín

MANUEL LEGUIZAMO PARRA
V.C. Con strucciones Ltda.
Calle 79A 8-63, Bogotá

ALBERTO LONDOÑO ARANGO
Universidad del Tolima
Cra. 4a. 40A - 14 Ibagué

MAURICIO JARAMILLO VALLEJO
Maderinsa
Cra. 46 46Sur - 42 Envigado (Ant.).

FRANCISCO EDUARDO JIMENES BUENDIA
JIMAGI S.A.
C. Ballen 1607, Guayaquil, Ecuador

JOSE EDUARDO KICHI COBO
Consejal
Cra. 7a. 16AN-29, Popayán

ALBERTO LAMPREA
Efectimedios
Diagonal 109 17-88, Bogotá

GEOVANNY LARA DAVILA
Industrias Lara
Cra. 68 34-96Sur, Bogotá

BEATRIZ LEGA VELEZ
Incomex
Calle 28 13-15 - Bogotá

NORMAN LENIS ZEA
SENA
Calle 52 2Biss-15 - Cali

MARTHA HELENA LOBO HERNANDEZ
Contraloría - Bogotá
Cra. 35 26-18 piso 13 - Bogotá

LUIS FERNANDO LONDOÑO ARIZMENDI
I.C.T.
Urbanización Altamira Bloque 32 Apto. 110
Medellín

MAURICIO LOPEZ ARTEAGA
Oficina de Construcciones del SENA
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

JOSE IGNACIO LOPEZ CABRERA
SENA
Calle 15 23-53 Pasto (Nariño)

HUMBERTO LOPEZ SANTOS
SENA
Calle 24 11-62 Montería, Córdoba

GERMAN DARIO MANCIPE PALACIO
Arquitecto
Cra. 20 A 39-25 Sur -Bogotá

ALCIBIADES MARTINEZ CAÑON
Centro Maderero La Sabana
Calle 145 37-24 - Bogotá

WALTER MARTINEZ MORALES
Universidad Piloto de Colombia
Cra. 21 63A - 31 - Bogotá

CARMEN MARQUEZ CHACON
Instituto Forestal Latinoamericano
Venezuela

EDITH MARIA MEJIA PIÑEREZ
Instituto Colombiano de la Juventud y
el Deporte - Coldeportes
Avenida 68 35-65 - Bogotá

ALEJANDRO MESA OCHOA
Concreto
Planta Filtros Aburrá Tel: 2751729

DIEGO LOPEZ, ANGEL
Universidad Pontificia Bolivariana
Apartado Aéreo 1178 - Medellín

IGNACIO LOPEZ GOMEZ
Laboratorio Productos Forestales de
la Universidad Nacional
Apartado Aéreo 568 - Medellín

DIEGO LOZANO CARDENAS
Muebles Armenia
Kilómetro 1 Vía Montenegro

ALBERTO MANRIQUE CALLEJAS
Compañía Agrícola de Inversiones S.A.
Calle 19 7-30 piso 4o. Bogotá

GILBERTO MARIN JARAMILLO
SENA Antioquia Chocó
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

OLGA MARTINEZ FANINI
Pizano S.A.
Cra. 9a. No. 7a. - 08piso 9o. - Bogotá

LUIS CARLOS MEJIA MESA
Laboratorio de Productos Forestales
Apartado Aéreo 568 - Medellín

JORGE ALEJANDRO MENDOZA VARGAS
Servivienda
Calle 48 14-61 - Bogotá

PABLO MESA MESA
Ingeniero Forestal
Calle 64 50D - 22 - Medellín

JUAN JOSE MERCHAN QUINTERO
V. Central de Caracas
V. Central de Venezuela

DOMINIQUE MILLEREUX
Ingeniero (Paris)

GON ZALO MONTOYA PUERTA
Sena Regional Antioquia Chocó
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

RAFAEL MONTERO CASTRO
Fondo Nacional de Caminos Vecinales
Avenida Caracas No. 63-57 - Bogotá

LUIS FERNANDO MON TOYA CALLE
Pórticos Ltda.
Circular 75 38-17 - Medellín

WILSON MORENO BARAJAS
De la Torre y Castro
Avenida 15 124-03 Oficina 302 -Bogotá

RICARDO NARANJO VILARO
Ricardo Naranjo y Cía Ltda.
Calle 95 30-61 interior 8o. - Bogotá

RICARDO NAVARRETE
Banco Central Hipotecario
Cra. 6a. 15-32 - Bogotá

ROBERTO NIETO MOYANO
Madeca Ltda.
Calle 3A 10-19 Cajicá - Bogotá

JORGE OCAMPO PUERTA
JOP - Arquitectos
Calle 23 16B - 10 Pereira

ANTONIO MARIA MERLANO RIVERA
Universidad Nacional
Calle 26 Sur 71D-49- Bogotá

ARNILDO MONTERO ARTUNDUAGA
Universidad Nacional
Medellín

ISRAEL ANTONIO MORA MARTINEZ
Mora Fábrica de Muebles Ltda.
Cra. 27 12B - 40 - Bogotá

JUAN CARLOS MOLINA CORREA
Un iversidad de Medellín
Cra. 77B 48-77 - Medellín

GLORIA MORALES CIFUENTES
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
Avenida El Dorado 55-51 - Bogotá

CONSTANZA MURCIA DE MARTINEZ
Universidad Nacional
Calle 45 Cra. 30 Edif. Cinva piso 2o.

PEDRO PABLO NAVARRETE NAVARRETE
SENA
Autopista FloridablancaKm:5 Bucaramanga

RUPERTO NIETO PUERTAS
Independiente
Cra. 10a. 74-24 Zipaquirá - Bogotá

JORGE ARTURO NORIEGA
Pizano S.A'
Apartado Aéreo 6927 - bogotá

MIGUEL ANTONIO OCHOA ROJAS
In dependiente
Calle 74 82 - 28 - Bogotá

ANA BEATRIZ OCHOA ROJAS
Arquitectos Asociados
Cra. 27.A 1D - 20 - Bogotá

ALONSO OLIVEROS BORREROS
Universidad Fco. de Paula Santander
Cúcuta

ELSA ORLANDELLI URUBURU
Universidad Piloto de Colombia
Diagonal 108 1-36 - Bogotá

RODOLFO ORTIZ GOMEZ
SENA
Calle 56 B Sur No. 65-3, Medellín

JUAN DE LA CRUZ ORTIZ DIAZ
Ingeniobras
Avenida 69 A 14-11 - Bogotá

JORGE IGNACIO OSORIO FERNANDEZ
Fábrica de Licores de Antioquia
Apartado Aéreo 51570 - Medellín

LEONEL OSPINA VASQUEZ
Instituto de Crédito Territorial
Cra. 13 18-51 Of. 704

IVES PACHECO ALVAREZ
In derena
Cra. 16 13-02 - Florencia (Caquetá)

LUIS CARLOS PALACIOS ACERO
Industrial en Madera y en Metal "Mademetal"
Calle 168 2361 - Bogotá

EVELIO PARRA SANCHEZ
Parra y Zambrano y Cía Ltda.
Calle 64 10-45 of. 206 Bogotá

GONZALO PARRA SANGUINO
Empresa Licorera de Santander
Floridablanca

FEDERICO HUMBERTO PATIÑO SANCHEZ
Universidad del Valle

RAFAEL PEDRAZA FORERO
Dirección General SENA
Apartado Aéreo 53329 - Bogotá

ANIBAL PELAEZ ARANGO
Maderas Peláez Ltda.
Cra. 81 A 36-58 - Medellín

DANIEL PELAEZ DOMINGUEZ
Daniel Peláez y Cía. Ltda.
Calle 106 A 16-35 - Bogotá

JORGE AUGUSTO PENAGOS CHIRIVI
Independiente
Diagonal 45 A Sur 55-59 - Bogotá

LUIS PEÑA ARCINIEGAS
V.C. Maderas Ltda.
Calle 79 A 8-63 - Bogotá

EDUARDO PEÑA GOMEZ
Eduardo Peña y Asociados
Calle 68 14-49 local 1 - Bogotá

ANDRES PEÑA RUIZ
Depósito de Maderas Alpinos
Cra. 40 11-32 - Bogotá

SANDRA PEÑA JARAMILLO
V.C. Construcciones Ltda.
Calle 79 A 8-63 - Bogotá

GERMAN PERALTA LONDOÑO
Instructor SENA
Cra. 18 A 2-18 Sur Bogotá

MARTHA SILVIA PEREZ SIERRA
Instituto Col. de la Juventud y el Deporte
Avenida 68 55-65 - Bogotá

JAIME ENRIQUE PIEROTTI VARGAS
Industria de Madera Pigross
Cra. 28 67-60 - Bogotá

EDGAR PINILLA MONROY
Corve Ltda.
Cra. 15 123-30 of. 483 Bogotá

LUISA PINTO JACOME
Pedro Gómez y Cía
Unicentro piso 3o. - Bogotá

JORGE ENRIQUE PLAZAS GUTIERREZ
Micolta y Plaza Ltda.
Cra. 59 1-46 Of. 100 Cali (Valle)

LUIS RAFAEL PRIETO SERRANO
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Col.
Apartado Postal 154 Sogamoso

DARIO PEÑA CASTRILLON
Ecopetrol
Casas Fiscales del Cantón Norte -

JAIME PEÑARANDA S.
Arquitecto
Calle 75 15-19 of. 101 - Bogotá

BEATRIZ ELENA PEREZ GONZALEZ
Estudiante Universidad de Medellín
Calle 52 43-118 Apto. 501 Medellín

LUIS ALFONSO PEREZ OROZCO
Universidad Nacional
Calle 45 con 30 Edificio Cinva p.2 Bogotá

ENRIQUE PINEDO CASTRO
Arquitecto
Calle 65 78-22 - Bogotá

MANUEL FRANCISCO PIÑEROS R.
E.P y R. In genieros Civiles
Cra. 15 95-35 of. 304 - Bogotá

JUAN JOSE PLAZA CRUZ
Industria Col. de Maderas
Cra. 38 13-181 Urb. Acopi Cali (Valle)

MANUEL IGNACIO PRADA GIRON
Facultad Arquitectura Universidad Nacional
Apartado Aéreo 568 - Medellín

NEYLA PORRAS DE MORENO
Fumicol Ltda.
Transversal 15 68-55 Interior 5-Bogotá

MANUEL POSADA CALDERON
Telecom
Transversal 49 105-84 - Bogotá

MARGARITA DE PUMA
Instituto Agrario Nacional
Vista Alegre Caracas (Venezuela)

GERARDO RAMIREZ CHAPARRO
Diseños Modulados
Cra. 68B 10A - 49 - Bogotá

MAURICIO RAMIREZ VILLEGAS
Universidad Javeriana
Cra. 7a. 40-76 - Bogotá

GREGORIO RENTERIA A.
Pretensa Ltda.
Cra. 13 82-69 Of. 201 - Bogotá

JUAN CARLOS RESTREPO MONSALVE
Secretaría Obras Públicas Municipales
Palacio Municipal de la Alpujarra Of.914
Medellín

JULIO RICO CARRIZOSA
Ministerio de Agricultura
Cra. 10 20-30 - Bogotá

CLEMENCIA RINCON CORREA
Estudiante Universidad Piloto
Cra. 11A 119-70 Bogotá

URBANO RIPOLL
Arquitecto
Cra. 43 A 21-54 - Bogotá

ESPERANZA NANCY PULIDO RODRIGUEZ
Universidad Distrital - Estudiante
Cra. 77 68-03 Bogotá

HERNANDO RANGEL OVIEDO
C.V.C. -
Calle 10 1A - 02 Montería (Córdoba)

LUIS ALBERTO RAMIREZ ROA
Tecnitriplex Ltda.
Transversal 82 A 4350 Sur Bogotá

JAIRO ALONSO RAMIREZ RUIZ
Universidad de Medellín, Estudiante
Calle 32 F 78-146 - Medellín

JUAN DAVID RESTREPO BOTERO
Estudiante Universidad de Medellín
Cra. 80C 32EE-28 Medellín

LUIS ALBERTO REYES SALCEDO
Cemaderas
Barranquilla

FERNANDO RINCON GARZON
Rincón y Cía.
Diagonal 109 12-00 - Bogotá

CARLOS ALBERTO RIAÑO GALVIS
Cabañas Ltda.
Calle 13 39-77- Bogotá

ADOLFO RIVERA O.
Laboratorio Nal. de Productos Forestales
Apartado Aéreo 220 Mérida (Venezuela)

CARLOS JULIO RIVERA CFSPEDES
Huertas y Rivera
Calle 26 13B - 09 Bogotá

CARLOS ALBERTO RIVEROS ORTIZ
Arquitecto
Calle 108 A 19A - 59 - Bogotá

HECTOR ROLDAN PENAGOS
Asesor de Construcción SENA
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

ORLANDO ALFREDO RODRIGUEZ
Maderas de Oriente S.A.
Cra. 68 19-52 - Bogotá

JOSE MARIA ROJAS LAMUS
Beneficencia de Cundinamarca
Diagonal 40 46-42 - Bogotá

FERNANDO ROZO BERNAL
Administrador de Empresas
Avenida 13 131-25 - Bogotá

CARLOS ALBERTO RUBIO CELIS
Ingeniero Industrial - Andi
Calle 141 37-41 - Bogotá

CONSTANZA RUGELES OTERO
Servivienda
Calle 48 14-61 - Bogotá

PEDRO JOSE SALGADO MEJIA
Secretaría Obras Públicas Departamentales
Transversal 4A 75D-95 Bloque 6, Apto 504
Medellín

EDGAR RIVERA ORTIZ
Telecom
Transversal 49 105-84 - Bogotá

ROBERTO ROCHEL A.
Jefe Ingeniería EAFIT
Apartado Aéreo 3300 - Medellín

BEATRIZ ROLDAN ROLDAN
Maderas y Tubos
Apartado Aéreo 53610 - Medellín

GUILLERMO RODRIGUEZ GUTIERREZ
Banco Central Hipotecario
Cra. 6a. 15-32 piso 16 - Bogotá

ENRIQUE ROMERO
Ingeniero Forestal
Cra. 38 26-81 Sur - Bogotá

GERARDO RUIZ SANTAMARIA
Maderas Gers
Avenida 68 41-87 Sur Bogotá

ERWIN WILLIAM RUBIANO RAMIREZ
Ministerio de Defensa
Carrera 50 con Calle 16 - Bogotá

ALFREDO SANZ A.
Edificadora y Urbanizadora Córdoba
Calle 69 A 14-11, piso 4o. Bogotá

GUILLERMO ENRIQUE SALCEDO M.
Construcciones Tecnificadas "Construtec
Ltda".
Avenida 15 106-51 piso 3o. - Bogotá

MARTHA LUZ SALCEDO BARRERA
 Universidad Nacional
 Calle 45 con 30 Edif. Cinva piso 2, Bogotá

OCTAVIO SALCEDO RIVERO
 Troya
 Calle 84 9-12 -Bogotá

MARTA C. SALAS
 Banco Central Hipotecario
 Cra. 6 15-32 - Bogotá

CARLOS SALAZAR MORALES
 Inderena
 Apartado Aéreo 006 Leticia

NORA ELENA SALAZAR VELEZ
 Andercol
 Apartado Aéreo 2065 - Medellín

JAIME SALAZAR CONTRERAS
 Universidad Nacional de Bogotá
 Bogotá

ALVARO SABOGAL CRUZ
 Arquitecto
 Cra. 36 A 23-87 Villavicencio

FRANCISCO SARMIENTO PEREZ
 Corporación Prohaciendo
 Zona Industrial El Papayo
 Apartado Aéreo 1363 de Ibagué

OSWALDO SARMIENTO DIAZ
 Bayer de Colombia S.A.
 Avenida de las Américas 57-52 Bogotá

ORLANDO LUIS SARMIENTO MORENO
 Laboratorio de Productos Forestales
 Apartado 220 Mérida (Venezuela)

EITHEL SANCHEZ GARCIA
 SENA
 Calle 52 2Biss - 15 Cali (Valle)

PABLO ALFONSO SANCHEZ CUELLAR
 Pablo Alfonso Sánchez y Cía.
 Cra. 11 113-35 Of. 302 Bogotá

ENRIQUE OBED SANCHEZ MARIN
 Estudiante Universidad de Medellín
 Cra. 89 30-46 - Medellín

JUAN IVAN SANCHEZ BERNAL
 Ingenieros Forestales
 Diagonal 29 A 37-745 - Bogotá

CLAUDE SCHWARTZMANN
 Cooperación Francesa
 Apartado Aéreo 240436 - Bogotá

LILIANA SCHRATER
 Concreto
 Diagonal 69 9-51 -Bloque 1, Apto 202
 Medellín

OSCAR JAIME SERNA LOPEZ
 INMECO LTDA.
 Cra. 80 50-182 - Medellín

PEDRO NOLASCO SIERRA NAVIA
 INMACOL
 Cra. 6a. A 32- 50 Cali (Valle)

WILLIAM SILVA SERNA
Inversiones Silva Rodríguez y Cía.
Calle 94 15-19 Of. 305 - Bogotá

MARTHA LUCIA SUAREZ
Estudiante Universidad de Medellín
Calle 52 43-118 Apto. 501 - Medellín

CLAUDIA TAVERA MARTINEZ
Pizano S.A.
Carrera 9a. 74-08 piso 9o. Bogotá

JAIME TOBAR GUZMAN
Cimientos y Concretos
Cra. 7a. 67-57 - Bogotá

JOSE JAVIER TORRES DIAZ
Ministerio del Ambiente y de los
Recursos Naturales Renovables
Torre Sur piso 18 C.S.B.

JOSE FRANCISCO TRIANA C.
Serrano Gómez S.A.
Diagonal 22A 68B - 78

MARTHA TRIVIÑO DELGADILLO
Fondo Nacional de Caminos Vecinales
Avenida Caracas 63-57 Bogotá

JAIRO URIBE ESCAMILLA
Universidad de los Andes
Cra. 1a. 18A - 10 Bogotá

DEMETRIO VALDES DIAZ
Juan B. Gómez Rodríguez y Cía
Avenida 7a. 115-68 Bogotá

DIEGO SUAREZ ESCOBAR
Diego Suárez y Cía.
Cra. 32A 9C - 47 - Cali (Valle)

BEATRIZ TABARES DE YANGUAS
Inmunisa S.A.
Apartado Aéreo 10965 Cali (Valle)

LOMBARDO TIBAQUIRA CONTRERAS
Inderena
Diagonal 34 5-16 - Bogotá

RICARDO TORRES PORTO
Abonos Colombianos S.A.
Cra. 13 Calle 6a. Esquina Ed. Cervantes
502 Cartagena

FELIX HERNANDO TORRES MORA
Expertos Profesionales Asociados
Cra. 25 46-47 Bogotá

JAIRO TRINIDAD RUIZ ORTIZ
Trimaquiequipos
Avenida Quito 63D -48 Bogotá

IGNACIO UMAÑA MALLARINO
Servitriplex
Calle 13 22-53 Bogotá

CAMILO ALBERTO USUGA OSORIO
Universidad de Medellín
Cra. 89 45-65 - Medellín

MYRIAM PATRICIA VALENCIA ROBAYO
Estudiante Universidad de Medellín
Calle 46C Sur 38-20 Bloque 2, Apto. 303
Medellín

REINALDO VALENCIA CARDONA
Sociedad Forestal Cafetera del Valle
Km. 4 antigua carretera a Yumbo - Cali

RAUL ALFREDO BARONA LOPEZ
Universidad del Cauca
Calle 1B 3-27 Popayán

RICARDO VELANDIA GARAY
Carpinter
Cra. 4a. 12-70 Cota

LUCY VELASQUEZ
Sociedad Mercantil de Maderas
Cra. 43 31S-69 Medellín

OSCAR VELASQUEZ CARDENAS
Depósito de Maderas de Tomás Medina
Calle 50 Sur 48-43 Sabaneta (Ant.)

LUIS FERNANDO VELASCO ANGULO
Ingeniero Civil
Cra. 7a. 19N - 63 Popayán

GUSTAVO VELEZ OSORIO
Trima
Calle 48 57-09 - Medellín

FERNANDO VELEZ ESCOBAR
Forestales F.V.E.
Apartado Aéreo 065566- Medellín

JORGE VENEGAS GALLO
Pedro Gómez y Cía
Unicentro piso 30. - Bogotá

FERNANDO VEGA POSSE
Maderería Central Ltda.
Avenida 78 57-83 Sur - Bogotá

RAFAEL VASQUEZ RESTREPO
Depósito de Maderas de Tomás Medina
Calle 50 Sur 48-43 Sabaneta (Antioquia)

ALBERTO VELA PRIETO
Taller Estudio
Calle 18 6-56 Oficina 605 - Bogotá

JORGE AUGUSTO VELASQUEZ RESTREPO
Abarcol de Antioquia
Cra. 57 45-44 - Medellín

JORGE AUGUSTO VELASQUEZ RESTREPO
Arbacol de Antioquia

JORGE VELASCO RAMIREZ
Crearq Ltda.
Avenida Boyacá 65-12 Bogotá

SIMON VELEZ JARAMILLO - Arquitecto
Circular 2a. 74-78 - Medellín

GUSTAVO VELEZ MESA
SENA Apartado Aéreo 1188 - Medellín

ALBERTO VELEZ VALDERRAMA
SENA
Apartado Aéreo 1188 - Medellín

ALVARO VEGA MEYER
Estudiante Universidad Santo Tomás
Calle 34 32-75 Of. 1, Bucaramanga

CARLOS ALBERTO VILLEGAS LOPERA
Maderas Santa Lucía
Calle 125A 50-81 Bloque 3, Apto 510
Bogotá

ALAIN DE VILLEGAS
Ingeniero
Calle 57 43-20 Medellín

EDILBERTO VILLAMIL GARCIA
Universidad Jorge Tadeo Lozano
Calle 135 37-34 Bogotá

MARIA CLAUDIA VILLATE DE PRIETO
Universidad Nacional
Calle 45 30 Edificio Cinva, piso 2
Bogotá

HERNAN VILLATE
Estudiante Filatel Ltda.
Cra. 25 23-38
Bogotá

CARLOS VIVEROS SERNA
Inmunisa
Apartado Aéreo 10965 Cali (Valle)

RENAN DARIO ZAPATA LOPEZ
Universidad de Medellín
Calle 37 B 94-42 Apto. 204 - Medellín

JUAN MAURICIO ZARCO MIRANDA
Asilo San Antonio
Cra. 45 63-39
Barranquilla

*** MIGUEL CHARRY RODRIGUEZ
Ingeniero Civil - Universidad del Valle
Calle 7A 47-48

PROGRAMA ACADEMICO

MARTES 12 DE ABRIL

- 9:00 a.m. - 6:00 p.m. Registro de participantes.
7:00 p.m. Instalación del Seminario en el Hotel
Hilton International.
8:00 p.m. Coctel.

MIERCOLES 13 DE ABRIL:

- 8:30 - 9:30 a.m. Panorama actual colombiano de la utilización de la madera en la Construcción.
Conferencista: Oscar Gómez, CENAC, Bogotá.
- 9:30 - 9:45 a.m. Receso.
- 9:45 - 10:45 a.m. Promoción de las tecnologías y elementos constructivos con madera.
Conferencista: Dominique Millereux, Cooperación Técnica Francesa, Paris.
- 10:45 - 11:00 a.m. Receso.
- 11:00 - 1:00 p.m. Preparación de la madera (Secado y Preservación).
Conferencistas: Oscar Escobar, Universidad Nacional, Medellín y Enrique Romero, Universidad Distrital, Bogotá.
- 1:00 p.m. Almuerzo.
- 3:00 - 4:30 p.m. Cerchas: Teoría y práctica.
Conferencista: Iván Arango, Técnica y Arquitectura.
- 4:30 - 5:00 p.m. Receso.
- 5:00 - 6:30 p.m. Uniones digitales (Finger Joint) y Vigas Laminadas.
Conferencista: Hannes Hoheisel, JUNAC-C.E.E.
- Producción y uso en Chile de Estructuras de Madera.
Conferencista: Germán Tamm Jensen, Chile.

JUEVES 14 DE ABRIL

- 8:30 - 9:30 a.m. Conectores: Principios Básicos.
Conferencista: Hannes Hoheisel, JUNAC,
C.E.E.
- 9:30 - 9:45 a.m. Receso
- 9:45 - 10:45 a.m. Experiencia en el uso de Madera Estructural.
Conferencista: Urbano Ripoll, Bogotá.
- 10:45 - 11:00 a.m. Receso.
- 11:00 - 12:30 p.m. Uniones en Estructuras de Madera (Gang Nail
y Conectores Populares).
Conferencistas: Urbano Ripoll, Bogotá y
Alberto Lamprea, Efectimedios, Bogotá.
- 12:30 P.M. Almuerzo.
- 2:30 - 6:00 p.m. Visitas: Universidad Distrital (Ensayos).
Enrique Romero.

Talleres Urbano Ripoll.

Centro Comercial El Tunal (Eventual).

VIERNES 15 DE ABRIL

- 8:30 - 9:30 a.m. Construcciones Demostrativas con Madera en
Colombia. Conferencista: Ricardo Navarrete,
B.C.H., Bogotá.
- 9:30 - 10:00 a.m. Receso.
- 10:00 - 11:00 a.m. Arquitectura de la Madera.
Conferencista: Simón Vélez, Constructor
Medellín.
- 11:00 - 11:20 a.m. Video sobre Aplicaciones y Usos de la Madera
de Reforestación. INMUNISA S.A. Cali.
- 1:00 p.m. Visita a las obras donde existen Aplicaciones
Estructurales de la Madera, entre las cuales se
encuentran el Centro Comercial Unilago, el
Gimnasio Super Spa, el Centro Cultural Gimnasio
Moderno y el Bogotá Tennis Club.

Promoción Industrial de la Madera en la Construcción

Oscar Gómez V.

CENAC

El CENAC contratado por la Junta del Acuerdo de Cartagena - JUNAC -, fué designado como la entidad colombiana responsable del estudio " Promoción Industrial de la Madera en la Construcción " y contó con la Cooperación Francesa canalizada a través de la Agéncie Coopération et Aménagement -ACA-, en la segunda parte del proyecto.

El Banco Central Hipotecario opera como el organismo nacional de contrapartida del proyecto de Promoción Industrial de la Madera, que adelanta la JUNAC en los países del Pacto Andino, con el apoyo de la Comunidad Económica Europea.

Esta investigación fué coordinada por el director ejecutivo del CENAC, arquitecto Oscar F. Gómez Villa, dirigida por la economista María Isabel Vega y contó con la participación profesional del ingeniero forestal Héctor Rojas y de los arquitectos Reinaldo Forero y Arleen Jara.

El diagnóstico abarca los siguientes aspectos : potencial forestal y maderero en Colombia, infraestructura industrial maderera, producción de madera y sus productos, indicadores económicos , matriz insumo-producto, mercado de la madera y sus productos, evolución de los precios, utilización y costos de la madera en la construcción, matrices de transporte, conclusiones y recomendaciones.

Las cifras presentadas son novedosas y quizás sean objeto de polémicas, en especial el concepto de la oferta dinámica de madera, que considera el potencial de renovación del bosque, así como las estimaciones del consumo de madera en y para la construcción.

A continuación se describe un resumen ejecutivo del estudio y algunas de sus principales recomendaciones.

RESUMEN EJECUTIVO

Aproximadamente el 46% de la superficie de Colombia está cubierta por bosques, de los cuales el 61% está en la región Amazónica, un 14% en la región Andina y otro tanto en la Orinoquía, el 10% en la zona del Pacífico y el 1% en el Caribe.

Desde el punto de vista comercial, la madera proviene principalmente del Litoral del Pacífico y de la región de Urabá. Algunas otras zonas productoras se encuentran en el Putumayo, el Caquetá, Arauca y el Medio Magdalena.

El potencial maderero para fines comerciales se estima actualmente en 140 millones de metros cúbicos de maderas tropicales nativas. Los bosques potencialmente comerciales están localizados a lo largo de la costa Pacífica, la región de Urabá y en el Medio Magdalena en la serranía de San Lucas y región del Carare-Opón. En esos bosques se encuentran especies aptas para los fines industriales, tales como: Abarco, Virola, Sande, Sajo, Sapán Sajo y Guayacán. Las grandes extensiones boscosas de la Amazonía no se consideran comerciales, dada su composición florística, su localización geográfica y la dificultad de extracción de las maderas. Además, los suelos que la sustentan son eminentemente de vocación forestal, en donde cualquier intervención irracional conduce a su destrucción.

Se estima que el país posee unos 2.5 millones de hectáreas aptas para reforestación, pero actualmente, menos del 10% de esa área se encuentra reforestado, lo cual significa que, hasta ahora no ha habido suficientes estímulos para el desarrollo de esa actividad.

La industria del aserrío de maderas no ha mostrado progresos significativos en los últimos 20 años; los aserraderos mecanizados se calculan en unas 300 unidades, con una producción superior a los 600.000 m³/año. Ultimamente proliferado las motosierras como elementos de aserrío, hasta el punto que a través de esta modalidad se produce aproximadamente el 50% de la madera aserrada que se utiliza en el país. Existe una capacidad instalada para la fabricación de chapas decorativas y contrachapados, superior a los 10.000 y 120.000 m³/año respectivamente, pero se utiliza apenas un 60% de esta capacidad.

Progresivamente se ha aumentado la utilización de la capacidad instalada para la producción de tableros de partículas de madera. Una de las plantas opera en tres turnos y produce aproximadamente 70.000 m³/año.

Los tableros contrachapados, al igual que la producción de tableros de partículas, han mostrado un desarrollo tecnológico acorde con los avances modernos; por lo tanto, se ha incrementado su aceptación en el mercado y tiene buenas perspectivas futuras.

Salvo lo anterior, la industria de extracción y transformación de la madera sólida, es tecnológicamente atrasada y poco productiva.

El desarrollo de este sector económico, implica un gran esfuerzo en los distintos frentes de la cadena productiva, desde el mismo bosque hasta la venta al consumidor final. Esto significa que será necesario establecer políticas coherentes y prácticas para la explotación adecuada de los bosques, mediante la adecuación de la infraestructura humana, física y productiva. Hasta este momento el sector maderero es puramente comercial y se hace imprescindible

su industrialización, para que pueda ocupar el puesto que le corresponde como generador de empleo y de divisas, y para aumentar su participación con el producto interno bruto.

El sector de la construcción muestra una actitud negativa hacia el uso de la madera, debido a que ésta, además de ser relativamente costosa y de mala calidad, no les ofrece garantías industriales. En consecuencia, los constructores permanentemente buscan sustituir estos elementos. Por lo tanto, si se quiere recuperar el sitio que la madera ocupaba en dicha actividad y promover su mayor utilización, es necesario desarrollar productos industriales adaptados a las necesidades actuales del sector y en concordancia con especificaciones técnicas.

La industria maderera es altamente intensiva en mano de obra y en general está constituida por empresas pequeñas y medianas.

El valor agregado está compuesto en más de un 53% por remuneración a los asalariados, lo cual es bastante elevado si se compara con el resto de la industria manufacturera. En contraste con esta información, las materias primas representan el 75% del valor del consumo intermedio de madera, mientras que para el total de la industria representan el 82%. Así mismo, es importante destacar el altísimo porcentaje de inversiones en activos usados, lo cual limita las posibilidades de mejoramiento tecnológico real. En 1983, el 35% de inversión en maquinaria y equipo correspondió a este tipo de bienes.

La Inversión en equipo de transporte en el sector maderas, es más de 3 veces la que realiza el sector manufacturero en su conjunto, 17.2% contra 5.1%, lo cual se justifica por las grandes distancias que existen entre las zonas de explotación y los lugares de consumo. Desafortunadamente, el 14.5% corresponde a equipos usados, que indudablemente disminuyen la eficiencia y la capacidad de movilización y aumentan los costos.

Las matrices insumo-producto nacionales, muestran un gran número de coeficientes en el sector maderero, tanto para la adquisición de materias primas como para la venta de productos terminados, por lo tanto, el comportamiento del sector es malo - afecta un buen número de otros sectores económicos.

En la década de los años 70, todavía se exportaba madera en troza, pero con el objeto de desarrollar la industria nacional y promover la exportación de productos más elaborados, se establecieron controles rígidos para las exportaciones en bruto. Sin embargo, el resultado fue contradictoriamente el esperado y el sector pasó de ser un productor neto de divisas a ser un importador neto, a partir de 1982.

Debido a falta de estadísticas y controles adecuados por parte de las firmas constructoras y a la falta de voluntad de suministrar la información existente, en algunas de ellas, el diagnóstico no pudo ser tan detallado como se planteó inicialmente en los términos de referencia. Por esta razón, solamente se pudieron analizar unos pocos proyectos, con base en los cuales se establecieron indicadores del uso de la madera por vivienda, por metro cuadrado, por volumen y por estrato socioeconómico, tanto para la madera utilizada para edificar como en los acabados de la construcción.

Los resultados de la encuesta muestran una gran dispersión en cuanto al porcentaje del costo directo de la vivienda, que corresponde a obras en madera, estos porcentajes para un mismo tipo de vivienda oscilaron entre un 4% y un 12%.

Un indicador importante de la posible demanda de madera en construcción, es el volumen de ella empleado en cada solución de vivienda, el cual crece a medida que aumenta el nivel socioeconómico al cual están destinadas las viviendas, pasando de menos de 1.5 metros cúbicos para viviendas de clase media-baja, a más de 9 metros cúbicos para aquellas de clase alta, lo cual daría un consumo anual de madera para vivienda urbana formal de 318.000 metros cúbicos, para un total de 116.900 viviendas construídas. Por tanto, el consumo futuro de madera dependerá de las orientaciones que se den en la construcción, de los desarrollos industriales que ocurren en el procesamiento y comercialización y la capacidad efectiva de compra de los usuarios.

La mayoría de los estudios anteriores, consideran el potencial comercial maderero como proveniente de un recurso no renovable, lo cual los llevó a vaticinar la extinción de las reservas madereras del Pacífico durante la presente década. Al considerar el bosque como un recurso renovable, las proyecciones de oferta y demanda permiten asegurar que con un manejo adecuado, planificado y controlado del recurso, se podrá mantener un rendimiento y suministro sostenido y permanente de las áreas boscosas, como las de Urabá y el Pacífico.

El crecimiento del precio de la madera en bruto es un poco más alto que el de otros materiales de obra negra. En cambio, las manufacturas, la carpintería de madera y los productos industriales, presentan índices de precios sustancialmente mayores que los de otros materiales manufacturados utilizados en acabados de construcción. Al analizarlos en conjunto, se observa que en promedio, los precios de la madera han mantenido la tendencia de crecimiento de los precios de la construcción, presentándose algunos desfases con maderas de características especiales.

Los precios finales de la madera están constituidos en un 55% por el valor de las materias primas, en un 10% por los costos de transformación, en un 17%

por el costo de transporte y el resto equivale a los márgenes que requiere el proceso de comercialización.

Aquellas maderas destinadas a los acabados decorativos, son de uso generalizado en el país sin considerar su procedencia, de ahí los precios comparativamente altos de algunas de ellas en ciertas regiones del país.

Los resultados del estudio muestran en general la tendencia a substituir la madera, sobre todo durante el proceso de la construcción. También algunos productos como los pisos, las escaleras, los marcos de puerta y las ventanas, han sido reemplazados por prefabricados de concreto o por elementos metálicos o sintéticos. La falta de alternativas en diseño, de producción industrializada y de garantía de calidad, han llevado al constructor a la búsqueda permanente de productos sustituidos.

El medio de transporte más utilizado para la movilización de la madera, es el terrestre por carretera. Sin embargo, el transporte fluvial y de cabotaje muchas veces constituye la única alternativa de movilización de madera y es común entre regiones muy específicas, como Urabá - Barranquilla y costa del Pacífico - Buenaventura. Los flujos de carga obtenidos a través de las matrices de transporte, señalan que aproximadamente el 85% de la madera llega en algún momento a las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali, lo cual muestra la gran irracionalidad del mercado. Estas movilizaciones, a veces innecesarias de madera generalmente en bruto y el continuo manipuleo de la misma, influyen en el alza de los precios, puesto que contribuyen a la proliferación de intermediarios a lo largo de la cadena.

Los resultados del estudio permiten formular, entre otros, las siguientes recomendaciones:

- Es prioritario establecer políticas de administración, manejo y protección de las zonas boscosas naturales del país, para poder obtener beneficios económicos sin deteriorar la conservación de las aguas, los suelos y el medio ambiente y permitiendo el rendimiento sostenido de los bosques. La prioridad deberá darse a los bosques del Pacífico.
- La aplicación de las políticas macroeconómicas deberá estar a cargo de las Corporaciones de Desarrollo Regional, por tener estos estamentos una jurisdicción manejable, un mayor conocimiento de la zona y la responsabilidad del manejo integral de sus recursos.
- Se debe buscar la coordinación con las entidades oficiales de capacitación y educación, para lograr su participación efectiva en la realización de programas tendientes a capacitar en el manejo de explotación del bosque, así como en el procesamiento técnico de la madera para optimizar su utilización.

- Promover la expedición de normas y códigos que estandaricen los productos, sobre todo de la madera aserrada, y establecer los mecanismos que garanticen su cumplimiento.
- Divulgar a diferentes niveles la documentación técnica producida por distintas entidades, como la Junta del Acuerdo de Cartagena, ya que al existir un desconocimiento generalizado de esta materia prima, su utilización no es racionalizada.
- Ya que la reforestación, además de ser una actividad comercial destinada a producir madera de uso industrial, es indispensable para la estabilización y conservación de los suelos, las aguas y el medio ambiente, el gobierno debe revisar sus actuales políticas, con el objeto de ajustarlas a las necesidades reales de reforestador y hacerlas lo suficientemente atractivas para competir con inversiones de mayor rendimiento industrial pero de menor beneficio social.
- El Estado debe fomentar el uso adecuado de la madera y crear centros de investigación y desarrollo de tecnologías apropiadas.
- Las Corporaciones Regionales deberán inventariar los recursos forestales y la infraestructura industrial de su respectiva región, para planificar el uso del recurso, el mejoramiento de los equipos, la capacitación de personal y, en síntesis, el desarrollo industrial y comercial. Todo lo anterior deberá ejecutarse con la participación y en concertación con el sector privado. Además en coordinación con otras entidades nacionales y ayudas internacionales, desarrollar la infraestructura socio-económica de su jurisdicción.
- El gobierno nacional deberá revisar las políticas de comercio exterior, particularmente los regímenes arancelarios, con el objeto de estimular la industria nacional, siempre y cuando se complementen con un impulso real a las industrias protegidas.
- Se sugiere a los estamentos gubernamentales, considerar el sector maderero como líder para una política de desarrollo; dado que es intensivo en mano de obra, utiliza pocas materias importadas y se relaciona, bien sea como comprador o vendedor, con el 60% de los otros sectores de la economía.
- Los reforestadores deberán concertar con el Estado toda una política de desarrollo de esa actividad. Para solucionar su actual problema de mercadeo, deberán en forma asociativa, transformar su madera en uno o varios bienes industriales, realizando simultáneamente una estrategia que le permita vender ese nuevo producto con sus limitaciones y ventajas.
- Los madereros de los bosques naturales, aprovechando toda su experiencia

en beneficio de su propia actividad, deben asesorar al Estado en la implementación de políticas productivas para conciliar la conservación de los bosques con su perpetua productividad. También desde el punto de vista técnico, deberán someterse a normas que les permitan mejorar su productividad y la calidad de sus productos.

- Es conveniente establecer procesos de elaboración primaria en las mismas zonas de explotación y desde allí, rompiendo la cadena de sucesivos e innecesarios intermediarios, llegar a los centros de consumo.
- Se debe a través de los distintos gremios, hacer un esfuerzo para mejorar las calidades de la madera que llega al consumidor final, para evitar el rechazo, el desperdicio y la consecuente disminución de la demanda de un recurso que para el país todavía es abundante. Se debe enfatizar en procesos tales como clasificación, secado y preservación.
- La Guadua como material leñoso es también un recurso forestal importante, que debe ser incluido en las políticas generales de la reforestación.
- Dentro de una sana política de puertas abiertas a la inversión extranjera, se debe incluir el sector maderero, para garantizarle recursos que permitan su desarrollo y para abrir nuevos mercados nacionales e internacionales.

SECADO DE LA MADERA

Por: OSCAR ESCOBAR CARDONA

1. INTRODUCCION :

El agua en los árboles es indispensable para su desarrollo y crecimiento. Sin ella no podrían vivir. En el agua vienen disueltas las sustancias nutritivas que le sirven para su desarrollo.

Los desiertos son el mejor ejemplo de la importancia del agua en la existencia de los bosques.

Pero, así como el agua es vital, ésta se convierte en un verdadero problema cuando pretendemos procesar la madera (trabajar la madera).

Sacar el agua de la madera se convierte a veces en un verdadero problema, muchas de las dificultades encontradas en el procesamiento de la madera quedarían solucionadas.

Debemos por lo tanto conocer a fondo como se encuentra el agua en la madera y como se puede extraer en el menor tiempo posible, al menor costo y con el menor número de defectos.

Hacer lo anterior es en esencia el proceso de secado. En el proceso de secado hay tres parámetros que se deben manipular adecuada y técnicamente. Ellos son la temperatura, la humedad relativa y el movimiento del aire alrededor de la madera.

Un correcto manejo de estos tres factores, de acuerdo con un horario de secado pre-establecido, conlleva a la obtención de madera seca de alta calidad.

La madera debe secarse antes de ser utilizada en cualquier obra. Se puede aplicar aquí el término de "pre-encoger" o "sanforizar" la madera, con el fin de evitar daños cuando la madera esté instalada.

Madera usada sin el debido secado, presentará grietas, torceduras, rajaduras, etc., las cuales desvalorizarán la obra.

2. EL AGUA EN LA MADERA :

El agua presente en una madera se puede clasificar en tres categorías :

2.1 AGUA LIBRE :

Es la que se encuentra en las cavidades o lúmenes de las células. Su re-

moción es fácil y no produce ningún desperfecto en la madera; solo presenta una pérdida de peso. Esta agua es la que primero sale de la madera en el proceso de secado.

En el secado al aire empieza la pérdida de agua libre. Aproximadamente el 30% del agua existente en una madera está ubicada en las paredes celulares; el 70% restante se puede considerar como agua libre.

2.2 AGUA LIGADA O EMBEBIDA (MICROSCOPICA).

Es aquella que se encuentra en las paredes celulares de las fibras de madera. Para removerla es necesario aplicar temperaturas mayores. Su remoción produce contracciones, desperfectos y por consiguiente pérdida de peso. El valor del agua ligada varía entre 0-30%.

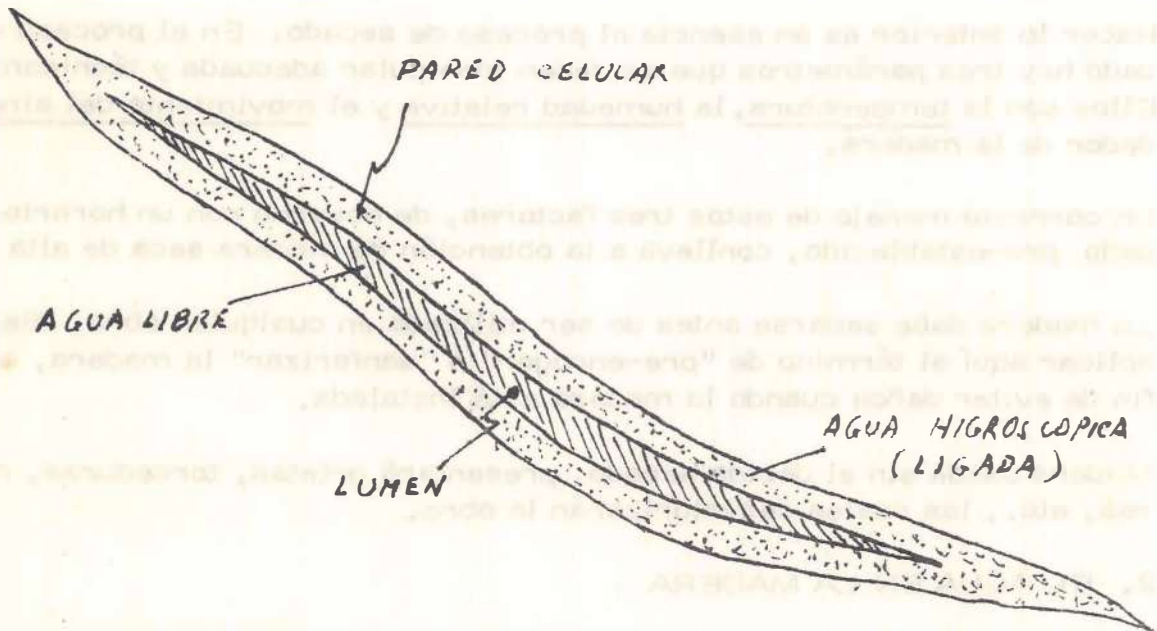


FIG 1 - FIBRA DE MADERA - CLASES DE AGUA

Con la salida del agua embebida, se produce además de la pérdida de peso, la pérdida de volúmen y por lo tanto de dimensiones.

2.3 AGUA DE CONSTITUCION :

Es aquella que hace parte de la estructura química de las células de madera. Para removerla, la madera debe ser carbonizada.

2.4 EL PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS (P.S.F.)

Cuando la madera ha perdido el agua libre y va a empezar a perder el agua ligada, se dice que la madera se encuentra en el PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS. Su valor en promedio para todas las maderas es de 30%. Algunos autores dan un valor de 28% y otros un rango entre 28-30%.

Toda madera que llegue al P.S.F. empieza a contraerse y por lo tanto a deformarse y perder volúmen. La disminución del contenido de humedad de una madera a partir del P.S.F. trae consigo una variación en las propiedades físicas, mecánicas y eléctricas.

2.5 EL EQUILIBRIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (E.C.H.) :

Como bien es sabido, la madera es un material higroscópico, ésto es que presenta gran afinidad por el agua.

Desde el momento en que se corta el árbol, la madera empieza a perder agua. La cantidad de agua en su interior se presenta en desequilibrio con la humedad del ambiente (el contenido de humedad de la madera es mayor que el del ambiente).

Con el avande del proceso de pérdida de agua durante cierto tiempo, el desequilibrio existente va disminuyendo, hasta llegar a un punto de equilibrio. A este punto se le llama el contenido de humedad de equilibrio (E.C.H.).

Toda madera expuesta a las condiciones ambientales adquiere con el tiempo el E.C.H. de la región.

Si el contenido de humedad de la madera está por encima o por debajo del punto de equilibrio, la madera perderá o ganará agua hasta alcanzar dicho punto.

Lo anterior ocurre con todas las maderas y en todas las regiones del mundo.

Cada zona, área o región presenta ciertas condiciones de humedad relativa y temperatura, las cuales fijan el clima de la zona. Estos dos factores determinan además el ECH que alcanzará la madera en dicha zona. Por lo tanto

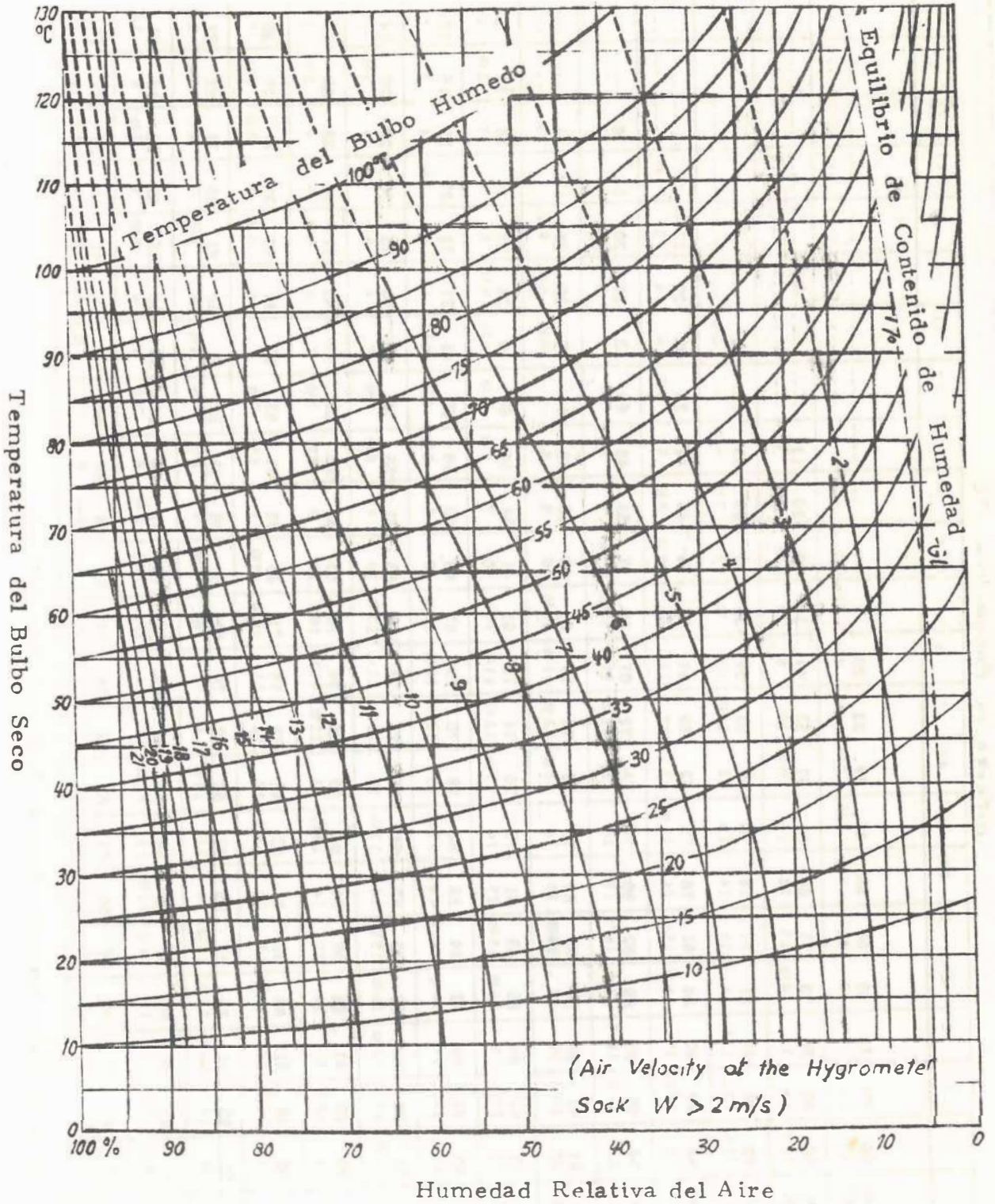
un conocimiento de las condiciones atmosféricas del lugar es de importancia en el secado de las maderas, con el fin de llevarlas al ECH y no por encima o por debajo del contenido de humedad de equilibrio.

Para determinar el ECH existen tablas y gráficos como los que se muestran. Con ellos se determina el ECH de la zona de donde va a utilizar la madera.

A continuación se dan los ECH para algunas ciudades del país, basado en sus condiciones de temperatura y humedad relativa:

CIUDAD	HR % (Prom.)	TEMP. °C (Prom.)	ECH %
Barranquilla	76	28	14
Bogotá	80	11	16
Bucaramanga	75	22	14
Cali	75	24	14
Cúcuta	66	27	12
Manizales	78	18	16
Medellín	69	21	13
Neiva	67	26	12
Pasto	79	17	16
Tunja	80	13	16
Villavicencio	75	25	14

Valores como los anteriores pueden obtenerse del gráfico adjunto.



Ejemplo: Con una temperatura del Bulbo Seco = 45°C y una Humedad Relativa del Aire = 55% , y una temperatura del Bulbo Humedo = 36°C el Equilibrio De Contenido de Humedad (E C H) es = 9%

FIG 3

VALORES DE HUMEDAD RELATIVA Y EQUILIBRIO DE P.H. PARA
VARIAS TEMPERATURAS Y DIFERENCIAS PSICROMÉTRICAS

Diferencia Psicrométrica, °C

Temperatura del Bulbo Seco °C	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28		
5	R.H. 86 EMC 1°	79 16	72 14	65 12	58 11	52 9 1/2	45 8 1/2	39 7 1/2	33 6 1/2	20 4 1/2	7 1 1/2													
15	R.H. 90 EMC 20 1/2	85 18	80 16	75 14 1/2	71 13	66 12	61 11	57 10 1/2	53 10	44 8	36 7	27 6	20 4 1/2	13 3										
25	R.H. 92 EMC 21 1/2	88 19 1/2	84 17 1/2	81 16	77 15	74 14	70 13	67 12	63 11 1/2	57 10	50 9	44 8	39 7 1/2	33 6 1/2	22 5	12 2 1/2								
35	R.H. 94 EMC 22	90 19 1/2	87 18	84 16 1/2	81 15 1/2	78 14 1/2	75 13 1/2	72 13	69 12	64 11	59 10	54 9 1/2	49 8 1/2	44 8	38 6 1/2	28 6	20 4	13 3	7 1 1/2					
40	R.H. 94 EMC 22	91 19 1/2	88 18	85 17	82 16	80 15	77 14	74 13	72 12 1/2	67 11 1/2	62 10 1/2	57 9 1/2	53 9	48 8	40 7	33 6	26 5	20 4	14 3	6 1 1/2				
45	R.H. 94 EMC 22	91 19 1/2	88 18	85 17	83 15 1/2	80 15	78 14	75 13 1/2	73 12 1/2	69 11 1/2	64 10 1/2	60 10	56 9	52 8	44 7	37 6 1/2	30 5 1/2	25 4 1/2	19 4	14 3				
50	R.H. 95 EMC 22	92 19 1/2	89 18	86 16 1/2	83 15 1/2	81 15	79 14	76 13 1/2	74 12 1/2	70 11 1/2	65 10 1/2	61 10	58 9	54 8 1/2	46 7 1/2	40 6 1/2	34 5 1/2	29 5	24 4	18 3 1/2	12 2 1/2	5 1		
55	R.H. 95 EMC 21 1/2	92 19 1/2	90 18	87 16 1/2	84 15 1/2	82 14 1/2	80 13 1/2	78 13	76 12 1/2	72 11 1/2	67 10 1/2	63 10	60 9	56 8 1/2	50 7 1/2	43 6 1/2	37 6	32 5	27 4 1/2	22 4	16 3	10 2		
60	R.H. 95 EMC 21 1/2	92 19	90 17 1/2	88 16 1/2	85 15 1/2	83 14 1/2	81 13 1/2	79 13	77 12 1/2	73 11 1/2	69 10 1/2	65 10	61 9	58 8 1/2	52 7 1/2	45 7	40 6	35 5 1/2	30 4 1/2	25 4	20 3 1/2	14 2 1/2		
65	R.H. 95 EMC 21	93 18 1/2	91 17	88 16	86 15	84 14	82 13 1/2	80 13	78 12 1/2	74 11 1/2	70 10 1/2	66 10	63 9	60 8 1/2	53 7 1/2	47 7	42 6	37 5 1/2	32 5	28 4	22 3 1/2	17 3		
70	R.H. 96 EMC 20 1/2	93 18 1/2	91 17	88 15 1/2	86 15	84 14	83 13 1/2	81 13	79 12	75 11	71 10 1/2	68 9 1/2	65 9	61 8 1/2	55 7 1/2	50 7	44 6	40 5 1/2	35 5	31 4 1/2	25 3 1/2	20 3		
75	R.H. 96 EMC 20	93 18	91 16 1/2	89 15 1/2	87 14 1/2	85 14	83 13	82 12 1/2	80 12	76 11	72 10	69 9 1/2	66 9	63 8 1/2	57 7 1/2	51 6 1/2	46 6	41 5 1/2	38 5	33 4 1/2	28 3 1/2	22 3		
80	R.H. 97 EMC 19 1/2	93 17 1/2	91 16	89 15	87 14 1/2	86 13 1/2	84 13	82 12 1/2	81 12	77 11	74 10	70 9 1/2	67 8 1/2	64 8	58 7 1/2	53 6 1/2	48 6	43 5 1/2	40 5	36 4 1/2	30 4	25 3 1/2		
85	R.H. 97 EMC 19 1/2	93 17	91 16	90 15	88 14	86 13 1/2	84 12 1/2	82 12	81 11 1/2	78 10 1/2	74 10	71 9	68 8 1/2	65 8	60 7	54 6 1/2	49 6	45 5 1/2	41 5	38 4 1/2	32 4	27 3 1/2		

Los valores de P.H. en la línea superior, valores de E.C.H. en la línea inferior

3. COMO SE MIDE AL AGUA EN LA MADERA. CONTENIDO DE HUMEDAD (CH%)

3.1 POR DIFERENCIA DE PESOS :

Es el método más preciso. Es usado en la determinación del CH% de una madera, en donde se requiera precisión.

Para la obtención del CH%, se utiliza un pedazo de la madera a la cual se quiere medir el CH. Este pedazo se pesa en su estado verde o estado inicial de contenido de humedad. Se coloca al horno (estufa) a 100°C por espacio de 48-50 horas; al cabo de dicho tiempo se extrae del horno y se pesa nuevamente. Este será el peso seco al horno o sea a 0% de CH.

La diferencia entre la primera pesada y la segunda indica la cantidad de agua presente en la madera. Si esta diferencia la dividimos por el peso de la madera completamente (madera con 0% de CH) y se multiplica por 100, se obtiene el % de CH.

FORMULA:
$$CH\% = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Esta fórmula simplificada quedaría así:

$$CH\% = \left(\frac{\text{Peso inicial}}{\text{Peso seco}} - 1 \right) 100$$

Lo anterior significa que con solo dividir los pesos y restarle la unidad, se obtiene el CH en forma decimal.

Como se puede observar de la fórmula anterior, cuando una madera contiene gran cantidad de poros y éstos están llenos de agua, entonces es posible encontrar maderas con CH% de 200-300%, lo cual nos indica que fué mayor el peso del agua que la materia que forma las paredes celulares.

3.2 ALGUNAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO.

3.2.1 Ventajas.

- a) Es un método relativamente preciso.
- b) Se puede utilizar con cualquier especie, siempre que no contenga sustancias volátiles.

3.2.2 Desventajas

- a) Es un método destructivo, ya que se tiene que cortar la pieza de madera para extraer el pedazo requerido.
- b) Es demorado; para la extracción de toda el agua de un pedazo de madera de 100 gramos se requiere entre 20-60 horas.
- c) No indica la distribución del CH%. Solo indica el promedio.

3.3 CON MEDIDORES ELECTRICOS (RECISTENCIOMETROS).

Son de más amplio uso. Se basan en el principio de que la madera con alto CH% conduce rápidamente la corriente eléctrica y lo contrario cuando la madera está seca.

Existen medidores de este tipo desde los de bolsillo hasta los más grandes tipo maletín.

Con estos medidores, la madera solo necesita ser "pinchada" con un par de electrodos a los cuales se les aplica una corriente eléctrica. La resistencia al paso de dicha corriente, indica en forma directa cual es el CH% de la madera.

3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

3.4.1 Ventajas.

- a) Método rápido. Solo requiere de algunos segundos.
- b) Es un método cómodo.
- c) No es un método destructivo.

3.4.2 Desventajas.

- a) Es impreciso. Solo da mediciones aceptables entre 7-25% de CH.
- b) Están calibrados para las distintas especies. Cuando no se usan para esas especies, deben efectuarse correcciones; así mismo cuando la temperatura ha variado, debe efectuarse la respectiva corrección.

3.5 OTROS METODOS.

3.5.1 Por Destilación.

Es un método que se puede aplicar a todas las maderas, en especial a las que contienen resinas y sustancias aromáticas. Es un poco complicado, de carácter químico. Es destructivo y requiere personal capacitado en el manejo de equipo para destilación.

3.5.2 Con el Xilohigrómetro.

Se basa en el equilibrio entre la humedad relativa del aire y el CH% de la madera en cuestión.

Se requiere de un termómetro y de un higrómetro, colocados en orificios previamente hechos en la madera. No es un método de fácil aplicación, por lo cual no se recomienda.

4. RELACIONES AGUA - MADERA.

El CH% de una madera está íntimamente relacionado con sus propiedades mecánicas. La relación es inversa o sea que a medida que se seca una madera, mejores serán las propiedades mecánicas.

Por lo tanto ésta es una de las razones por las cuales se seca la madera.

Con relación a su conductividad eléctrica, ésta aumenta con un aumento del CH%.

5. RAZONES POR LAS CUALES SECAMOS LAS MADERAS.

5.1 La madera seca pesa menos; esto reduce los costos del transporte y facilita su manipuleo.

5.2 La madera seca mejora sus propiedades mecánicas, aislantes y térmicas.

5.3 Con el secado de la madera, ésta se contrae y deforma antes de su procesamiento final y no posteriormente, dando en esta forma productos más estables.

5.4 La madera seca recibe mejor lacas, pinturas y barnices, presentando así una mayor estabilidad.

5.5 La madera seca se deja trabajar (maquinar) mejor, que la madera húmeda.

5.6 La madera seca resiste mejor el ataque de hongos e insectos. Madera verde es más susceptible al ataque de hongos.

5.7 Para poder aplicar otros procesos industriales, como por ejemplo la preservación, es necesario secar la madera.

6. CONTRACCION DE LA MADERA.

La contracción o encogimiento de una madera se presenta como resultado de la pérdida de agua. Toda madera que se seca, inevitablemente se contrae.

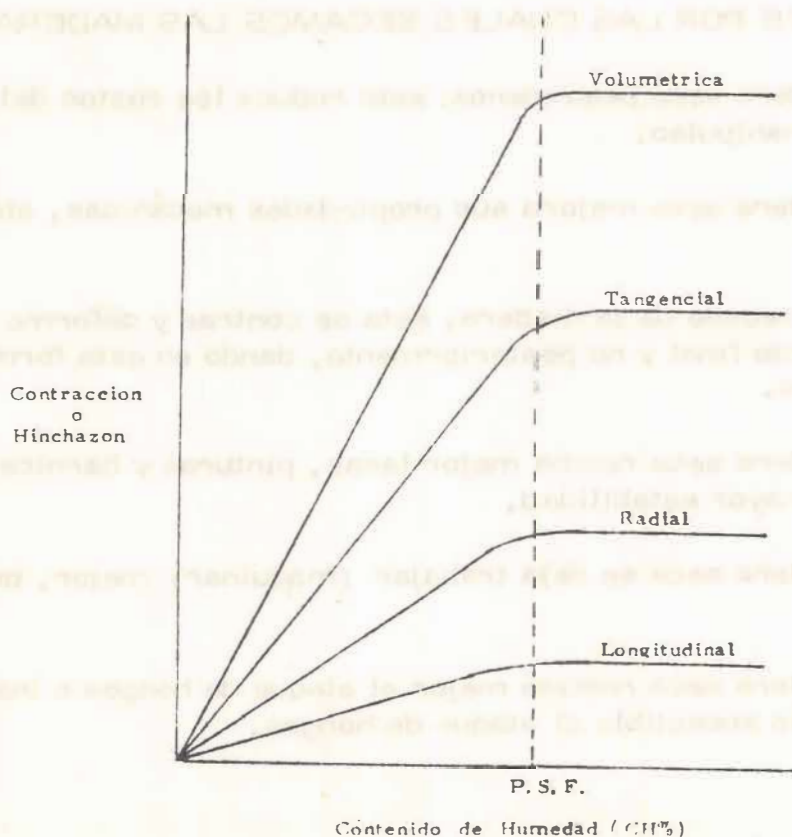
La hinchazón es el proceso inverso, por el cual la madera aumenta de volumen cuando gana agua.

Cada madera tiene sus propios valores de contracción. Además, cada pieza de madera se contrae diferentemente de acuerdo con el tipo de corte que se haya efectuado. El gráfico a continuación muestra este fenómeno.

La contracción es mayor en dirección tangencial (en dirección de los anillos de crecimiento); le sigue en su orden la contracción radial (en dirección de los radios medulares) y por último viene la contracción longitudinal (en dirección de las fibras) cuyo valor es tan pequeño que es despreciable (ver dibujo).

RELACION ENTRE LA CONTRACCION Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD (CH %)

- FIG 5 -



LA DEFORMACION NORMAL DURANTE EL SECADO AL AIRE LIBRE

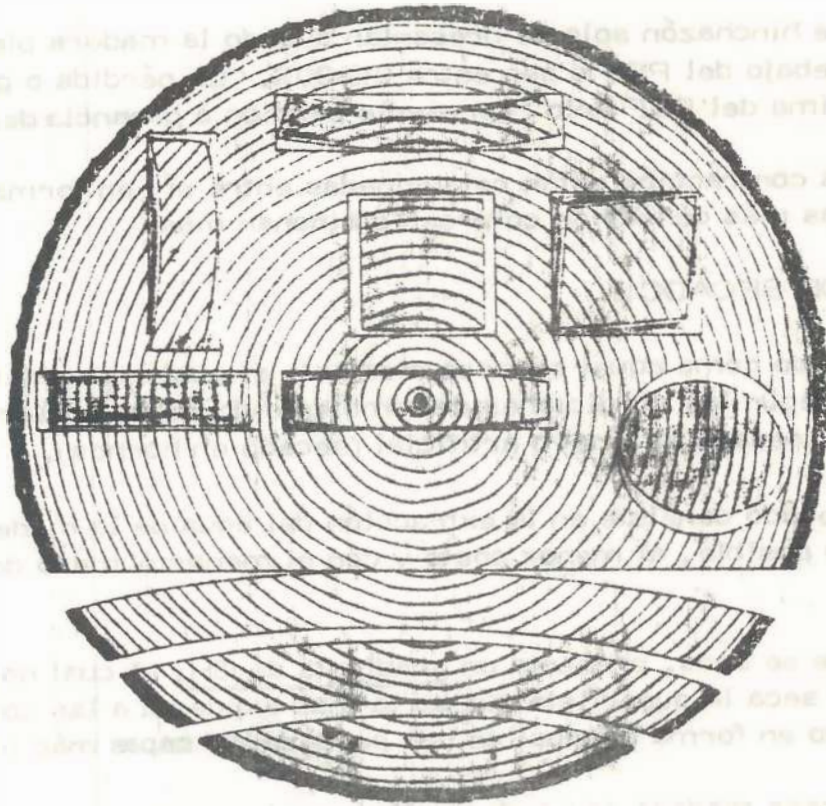


FIG - 4



La contracción de una madera se puede medir por comparación de sus dimensiones en estado verde con las respectivas en estado en estado seco.

La contracción se expresa como un % de la dimensión original de la pieza de madera en estado verde.

$$\% \text{ CONTRACCION} = \frac{\text{Dimensión verde} - \text{Dimensión seca}}{\text{Dimensión verde}} \times 100$$

La contracción e hinchazón solo se presentan cuando la madera pierde o gana agua por debajo del PSF o sea entre 0%-30%. La pérdida o ganancia de agua por encima del PSF solo representa pérdida o ganancia de peso.

La densidad y la contracción están relacionadas entre sí, en forma directa. Las maderas más densas se contraen o hinchan más.

7. PROCESO DE SECADO.

Se define el secado como aquel proceso mediante el cual las maderas van perdiendo agua según las condiciones del ambiente donde se encuentran, bien sea natural (secado al aire) o artificial (secado en hornos).

El proceso de secado consiste en la extracción del agua de la madera en el menor tiempo posible, al menor costo y con el menor número de defectos.

Toda madera que se seca, presenta un gradiente de CH, el cual nos indica que primero se seca la superficie que es la mas expuesta a las condiciones de secado y luego en forma gradual se van secando ~~de las capas~~ las capas más internas.

Solo cuando se seca madera con ondas calóricas de alta frecuencia, el gradiente no se presenta.

El movimiento del agua desde el interior de la madera a la superficie, deberá ser controlado y regulado con el fin de conseguir un secado uniforme y además evitar que un rápido movimiento del agua produzca defectos que la desvaloricen.

En el secado de la madera están involucrados algunos factores que son fundamentales. Estos son:

7.1 LA ESPECIE MADERABLE Y SUS DIMENSIONES.

Cada madera tiene su forma de secado mas adecuada. Las especies más densas secan más lentamente.

Con referencia a las dimensiones, las piezas de madera mas gruesas, secan más lenta y difícilmente.

7.2 LA TEMPERATURA.

Un aumento de la temperatura, aumenta la rata de secado. Pero no se debe abusar de ella, puesto que altas temperaturas, producen defectos.

Se requiere menos temperatura para la extracción del agua libre; en cambio el agua higroscópica requiere temperaturas mayores.

7.3 EL MOVIMIENTO DEL AIRE .

El aire en movimiento, es el factor encargado de remover la humedad extraída de la madera, así como de distribuir el calor a todas las piezas.

7.4 LA HUMEDAD RELATIVA.

Quando ponemos aire seco (baja humedad relativa) en contacto con la madera, ésta se seca primero en la superficie y luego en su interior. Pero si el aire es húmedo, ocurre lo contrario.

Por lo tanto con bajas humedades relativas, podemos aumentar la velocidad de secado.

Con el fin de obtener un buen secado, se deben combinar estos factores, en forma adecuada. En otras palabras, aplicar un programa de secado, el cual no es mas que una serie de instrucciones para variar la temperatura y la humedad relativa con el tiempo.

En relación con las especies, no se debe mezclar especies y además no secar espesores diversos.

8. METODOS DE SECADO.

La madera puede ser secada por varios métodos. Industrialmente se conocen : el secado al aire, el pre-secado bajo techo y el secado en estufas (hornos).

Vale la pena mencionar un método que bien podría ser implementado en nuestro medio. Se trata del secado solar. Es un método relativamente sencillo, económico y de fácil aplicación. Además por nuestra ubicación

en la zona tropical, prácticamente contamos con sol todo el año, cuya energía es la más barata de todas.

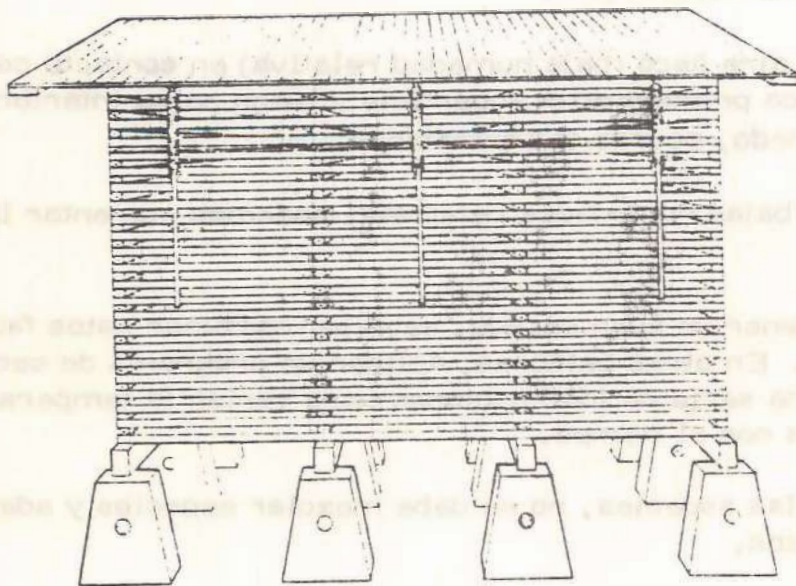
SECADO AL AIRE (secado natural)

Como su nombre lo implica, es aquel que se realiza bajo las condiciones naturales ambientales.

En este método no se tiene control sobre las variables que inciden en el secado, sobre todo las que tienen que ver con el medio ambiente.

La madera se debe organizar (apilarse) bien sea en pilas horizontales, en triángulo, en caballete, etc. Después de cierto tiempo, el cual va de días a meses, la madera está seca.

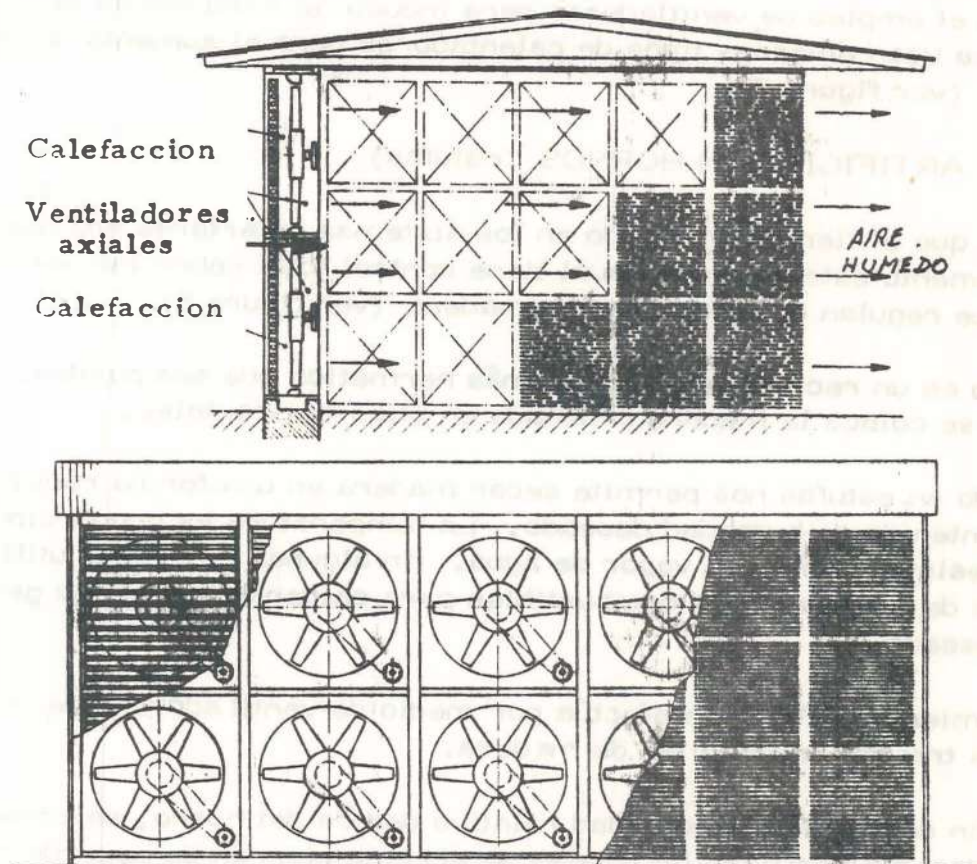
SECADO AL AIRE LIBRE



Pila de madera en un patio de secado, encima de bloques de concreto para libre circulación de aire

- FIG 6 -





ESQUEMA DE UN PRESECADOR

FIG 7

Como puede verse es un método sencillo, económico, efectivo, pero con un inconveniente que es el tiempo empleado en secar una madera, (fig.6).

SECADO BAJO CUBIERTA (pre-secadores)

Debido al tiempo requerido para el secado natural se diseñó este método con el fin de acortar el tiempo. La madera está bajo techo, protegida de las inclemencias del tiempo, pero en contacto con la temperatura ambiente.

Se diferencia del método anterior, además de su protección de las lluvias y sol, en el empleo de ventiladores para inducir el movimiento de aire. En algunos se usan diversos tipos de calentadores para el aumento de la temperatura (ver figura 7).

SECADO ARTIFICIAL EN HORNOS (estufas)

Debido a que el tiempo empleado en los sistemas anteriores era demasiado largo se implementó este método el cual tiene control total sobre las variables del medio que regulan el secado de una madera (ver figura 8).

Un horno es un recinto cerrado, lo más hermético que sea posible, dentro del cual se coloca la madera ordenada en pilas horizontales.

El secado en estufas nos permite secar madera en una forma rápida, a cualquier contenido de humedad deseado. La temperatura es proporcionada mediante resistencias o con vapor de agua. En algunas empresas utilizan los residuos de madera como combustibles para calderas las cuales generan el calor deseado.

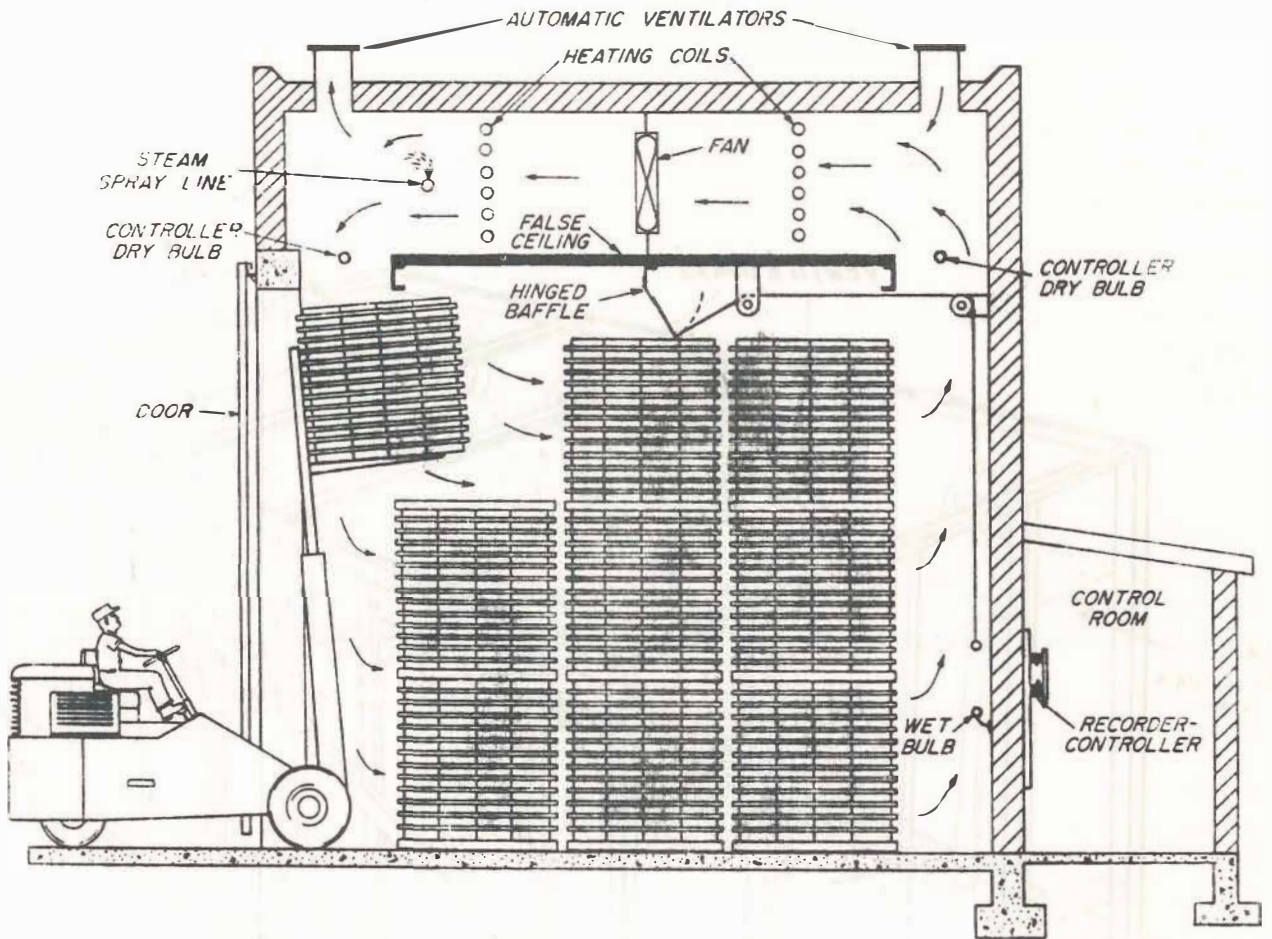
El movimiento del aire se efectúa por medio de ventiladores que impulsan el aire a través de las pilas de madera.

Con el fin de regular la humedad relativa dentro del horno, se tienen unos respiradores o ventilas, las cuales se abren o cierran de acuerdo con el programa de secado que se tenga.

SECADO SOLAR.

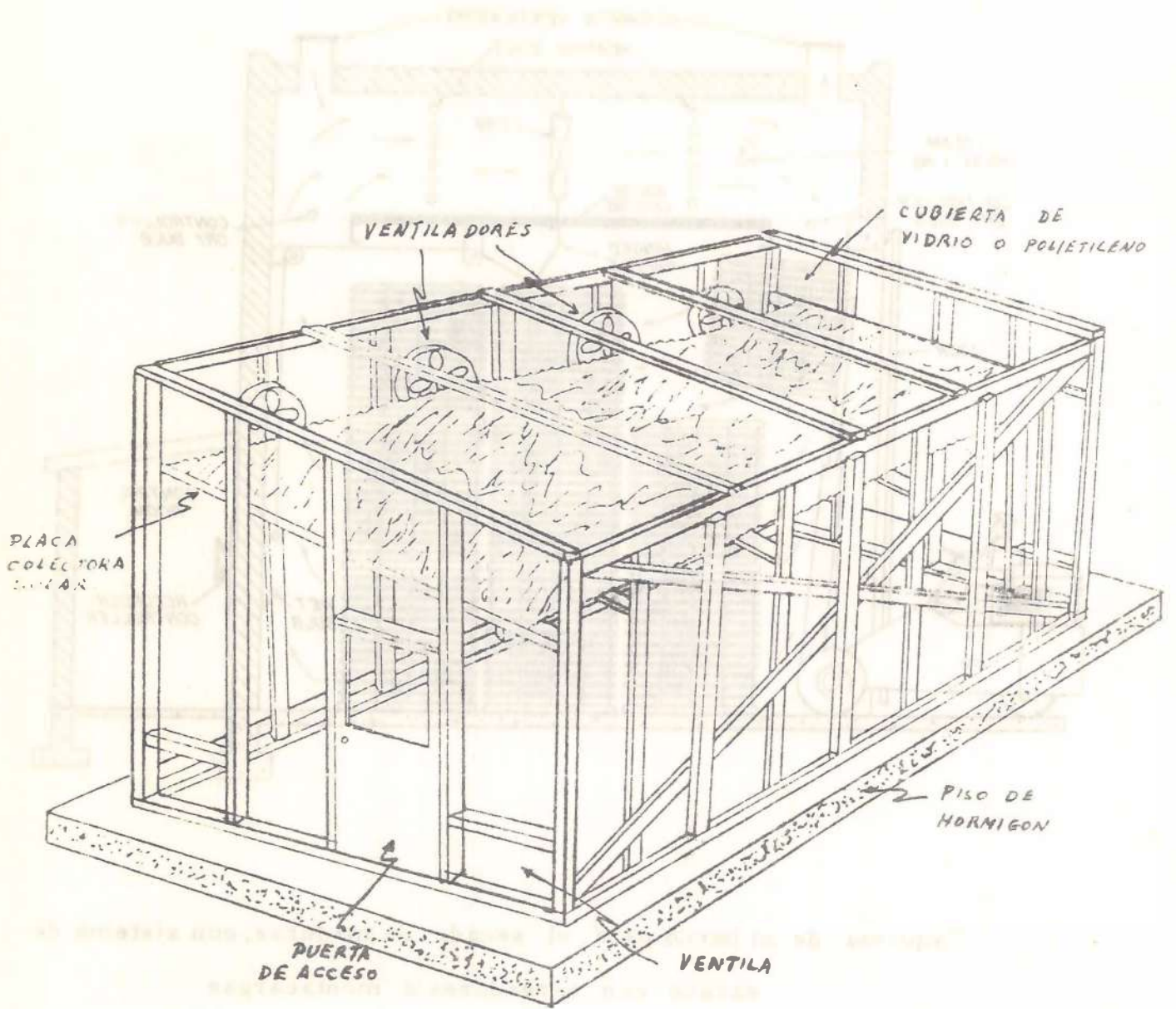
Es interesante mencionar aquí este sistema de secado, el cual se presenta como una buena alternativa en el abaratamiento de los costos de secado. Los secadores solares serían una solución intermedia entre el secado al aire y del secado en hornos.

Por nuestra ubicación geográfica, disponemos de una forma de energía sin costo alguno, durante todo el año, y sin contaminación.



Esquema de un horno para el secado de maderas, con sistema de cargue con cargadores o montacargas

FIG 8



- FIG 9 -

Secadora Solar con estructura de Madera y placa colectora de metal

Las temperaturas que se pueden alcanzar, hacen que sea más efectivo que el secado al aire, pero sin llegar a las temperaturas que se aplican en el secado al horno. Un factor básico fundamental en el secado solar es la forma como se capte la energía del sol. (figura 9).

Por qué debemos secar la madera ?

Esta es una pregunta que muchas personas se hacen y para la cual habría la respuesta: el agua es inconveniente para el correcto procesamiento de la madera.

Por experiencia se sabe el problema que se presenta al procesar y armar un mueble con madera verde. Pronto se desajusta, los pegantes no actúan, el barniz se embomba y algunas partes se agrietan y tuercen.

Otro ejemplo es la necesidad de secar la madera antes de inmunizarla. Con las células de la madera llenas de agua, no se puede hacer entrar otro líquido.

De lo anterior se puede ver la necesidad de secar la madera. Con contadas excepciones, el agua es un obstáculo para el adecuado procesamiento de la madera.

DEFECTOS DE SECADO.

Como consecuencia de un mal secado, se presentan en la madera ciertos defectos que la desvalorizan.

Los mas comunes son las grietas y las rajaduras, las cuales se originan por un secado muy rápido o por la aplicación de un secado irregular.

Las grietas se presentan tanto en las superficies de las piezas aserradas como en los extremos. A veces estos defectos son tan pronunciados que no permiten o facilitan el uso de dichas piezas. Son defectos muy comunes, sobre todo por el desconocimiento de las técnicas de secado.

Otros defectos muy comunes son los alabeos, deformaciones generalmente debidas a tensiones internas dentro del árbol o también debidas a problemas de secado irregular, mal aserrado o sistema de apilado deficiente.

Por último se tiene el colapso, generado cuando la madera se seca si ésta contiene mucha agua y se aplican elevadas temperaturas. Son grietas internas, las cuales no se observan en la superficie, pero que si se ven al procesar la madera.

PROGRAMAS DE SECADO (horarios)

Con el fin de obtener buenos resultados durante el secado se han desarrollado los programas de secado, los cuales no son mas que unas indicaciones de como llevar a cabo el proceso de secado; en ellos se indican las temperaturas y por cuanto tiempo se deben aplicar; además cuando se deben variar las condiciones de secado. Se han desarrollado programas de secado para grupos de madera y así facilitar y simplificar las cosas.

SECADO POR DESHUMIFICACION.

El uso de los deshumificadores es relativamente nuevo. Fueron usados y desarrollados en Europa.

Básicamente un deshumificador consiste en un recinto cerrado, lo más hermético posible, en donde se coloca la madera en pilas horizontales. Una corriente de aire seco con humedad relativa entre 15-40% y calentado a temperaturas no superiores a 60°C, es forzado por medio de ventiladores a pasar a través de la pila.

Este aire extrae la humedad de la madera.

Luego el aire húmedo pasa por un sistema de refrigeración en donde es enfriado por debajo de la temperatura del punto del punto de rocío; parte de la humedad es condensada y drenada fuera del horno. El aire una vez ha perdido agua es recirculado hacia la madera repitiéndose el ciclo.

La humedad relativa alcanzada en un deshumificador es generalmente más baja que la que se puede obtener en un horno convencional a la misma temperatura.

Como se puede ver, una diferencia fundamental entre el deshumificador y el horno convencional radica en que en este último una vez el aire se calienta y se carga de humedad, es sacado fuera de la cámara y reemplazado por aire fresco y seco.

Es aquí donde radica uno de los mayores costos del horno convencional al botar aire húmedo y caliente perdiendo gran cantidad de energía usada para vaporizar el agua.

Se ha encontrado ahorros de energía del orden de 50% en los deshumificadores con respecto al horno convencional.

BIBLIOGRAFIA

- 1 -. KOLLMAN, F. y COTE, W.A. Jr. 1968 Principles of Wood Science and Technology. 1. ed. Tomo I (Solid Wood). Berlin, Heidelberg, N.Y. Springer - Verlag. 592 p.
- 2 -. BROWN, H.P., PANSHIN, A. J. and FORSAITH, C.C. 1952. Textbook of Wood Technology. Tomo II. 1. ed. New York, Toronto, London. McGraw-Hill Book Company, Inc. 783 p.
- 3 -. ANONIMO. 1974. Wood Handbook. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture Handbook No. 72
- 4 -. RIETZ, R.C. y R.H. PAGE. 1971. Air drying of timber. A guide to industry practices. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture Handbook No. 402.
- 5 -. RASMUSSEN, E.F. 1968. Dry Kiln operator's Manual. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Agriculture Handbook No. 188.
- 6 -. PERKINS, N.S. 1962. Plywood. Properties, design and construction. Douglas Fir Plywood Association, Tacoma. Washington.
- 7 -. ANONIMO. 1965. Plywood and other wood-based materials. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO, Roma. Vol. I, II, III y IV.
- 8 -. FEIRER, J.L. 1963 Wood Working for industry. Technology and practice. chas. A. Bennett Co., Inc. Peoria, III. U.S.A. 672 p.
- 9 -. ANTONIO. 1970. Kiln drying of sawn timber. Editor Roberto Hildebrand. Maschineubau GmbH. Alemania. 198 p.
- 10 -. ANONIMO. 1972. Wood as a packaging material in the developing countries. United Nations Industrial Development Organization. United Nations. New York. 105 p.
- 11 -. HUNT, G.M. y G.A. GARRATT. 1967. Wood preservation. McGraw-Hill Book Co. New York, San Francisco, Toronto, London. 431 p.
- 12 -. ANONIMO. 1984. CARTILLA DE CONSTRUCCION CON MADERA Proyectos andinos de desarrollo tecnológico de los recursos naturales tropicales (PADT-REFORT). Junta del acuerdo de Cartagena. Lima - Peru.

PREVENCIÓN DE DAÑOS EN MADERA ESTRUCTURAL*

Enrique Romero A.**

Los árboles pueden crecer sobre una amplia variedad de sitios y condiciones climáticas, lo cual permite su disponibilidad para construcciones y muchos otros usos. La madera es un material fácilmente moldeable mediante el uso de aparatos muy sencillos y sólo la habilidad e imaginación del usuario son los limitantes para ser utilizados como material decorativo. Cuando se usa adecuadamente proporciona muchos años de vida útil.

La gran aceptación de la madera como material de construcción se debe a su capacidad de resistencia a la intemperie y en muchas especies a su alta durabilidad natural; ejemplos de ellos los tenemos en construcciones con cientos de años de servicio y aún permanecen en perfectas condiciones.

Un alto porcentaje de las maderas analizadas en las iglesias bogotanas, construidas en el siglo XVII, conservan su estado de sanidad original y se puede garantizar por muchos años más; sin embargo, es necesario aplicar severas medidas de precaución en la construcción y mantenimiento, para asegurar esta durabilidad.

La utilización de una madera para un uso particular, está determinada por diversas propiedades que deben ser conocidas antes de colocar al servicio el elemento. Las pudriciones y los ataques por insectos, son los factores que ocupan el primer lugar en la destrucción de las estructuras de madera. En las zonas tropicales los termites o comejenes se han convertido en el factor limitante en el uso de la madera como material de construcción o decorativo, quizá por el desconocimiento de las técnicas que existen para alargar en forma permanente su vida útil, con costos relativamente bajos.

La mayoría de las maderas utilizadas en estructuras, como casas de habitación, muebles, enchapes, obras de arte, etc., prestan sus servicios protegidos contra la lluvia y en este momento se elimina el factor más importante para el desarrollo de los hongos de pudrición que es la humedad.

En primer lugar se hará referencia a la importancia que tiene para la conservación de la madera de construcción las relaciones de humedad, como factor necesario para la presencia de pudriciones.

Un adecuado conocimiento de las relaciones madera-humedad se hace necesario para poder aplicar las medidas de protección y control efectivas contra las pudriciones.

La madera sufre el fenómeno de hinchazón y contracción por cambios en su

contenido de humedad, es decir, por pérdida o toma de agua.

Pequeños cambios dimensionales en maderas estructurales en uso no tienen mucha importancia, mientras que cambios excesivos conllevan serios problemas y casi siempre están asociados con diseños deficientes, falta de cuidado del operario o inadecuado mantenimiento.

Estas condiciones pueden permitir deformaciones, rajaduras, aflojamiento de clavos y uniones o creación de orificios por donde fácilmente penetra el agua con el aumento de las posibilidades de pudrición.

La madera da, o toma agua de la atmósfera circundante hasta adquirir un balance con ésta. El contenido de humedad de la madera en el punto de balance es llamado "contenido de humedad de equilibrio". Los contenidos de humedad de equilibrio varían con las temperaturas y la humedad de la atmósfera del lugar. Esta condición puede permitir cambios dimensionales en la madera con su traslado a sitios diferentes. Por cada uno por ciento (1%) de pérdida en el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra, la madera se contrae una tercera parte de su posible contracción. El agua lluvia o gotas condensadas pueden penetrar a la madera por acción capilar; si existe una fuente de condensación permanente las células llegan a saturarse y permiten la iniciación de pudriciones.

Los aceites son absorbidos en igual forma por la madera, pero no producen hinchazón. Las maderas en las cuales se ha iniciado un ataque fungoso presentan mayor capacidad de absorción de líquidos que, conjuntamente con la capacidad que poseen algunos hongos para tomar humedad de aire circundante, acelera los procesos de descomposición.

Las celulosas y ligninas, conjuntamente con azúcares y almidones, son las principales fuentes de alimentación de los hongos destructores de la madera.

Las maderas también contienen extractivos, que no forman parte de su estructura, pero sí le imparten color, olor y sabor. Algunas especies contienen extractivos que son tóxicos a los hongos y actúan como preservantes naturales. El tipo y la cantidad de estos extractivos determina el grado de resistencia a la pudrición. Generalmente están formados por compuestos fenólicos que varían en composición específica y en potencia como preservantes y están presentes en cantidades efectivas solamente en madera de duramen. En el duramen de muchas especies durables, la cantidad de extractivos tienden a decrecer de su parte externa al centro del árbol y para una posición radicalada en el árbol, usualmente disminuye progresivamente de la base al ápice del tallo.

Los extractivos que son efectivos contra hongos, no necesariamente lo son contra insectos y destructores marinos. Si se desea una larga vida de madera tratada en condiciones propicias para la pudrición, se debe utilizar únicamente el duramen y en aquellas especies donde no hay diferencia entre albura y duramen, ambas son igualmente susceptibles a la pudrición. Las maderas provenientes de bosques secundarios poseen mayor proporción de albura y, en consecuencia, su durabilidad natural disminuye.

Durante varios años se ha hecho esfuerzos para determinar la durabilidad natural de especies colombianas en contacto con el suelo, lo que ha permitido obtener una agrupación de las más importantes. Una madera que muestra mayor duración que otra en contacto con el suelo, debe comportarse en igual forma sin contacto con éste.

La utilización de madera seca, no tratada, en contacto con el suelo, no aumenta su resistencia a la pudrición, pero si puede, el secado tener influencia importante sobre la vida de la madera en ciertas partes de la edificación, así por ejemplo, la colocación de madera húmeda en aquellos lugares donde el secado es muy lento, puede retener la humedad por un tiempo suficiente para permitir el establecimiento de los hongos.

El conocimiento de las condiciones básicas para la presencia de pudriciones en la madera es indispensable porque la exclusión de una de ellas puede ser suficiente y adecuado método de prevención.

Los hongos pudridores dependen para su alimentación de la celulosa o celulosa y lignina de la madera, de tal manera que su envenenamiento o su conservación en estado seco es suficiente para inhabilitarla como medio alimenticio.

Todos los hongos que atacan madera requieren aire como fuente de oxígeno, pero las cantidades necesarias son relativamente bajas. Si una madera se coloca bajo el agua, no recibe suficiente oxígeno para soportar ataques fungos; esto explica por qué muchos pilotes han servido por largos períodos sin tratamientos preservadores. Ahora bien, uno de los medios más sencillos para proteger trozas es sumergirlas en agua fresca, o su mantenimiento en estado húmedo mediante aspersion permanente.

Los hongos que causan pudriciones, requieren temperaturas moderadas para un rápido desarrollo. Los valores óptimos de crecimiento están entre los 22 y 30°C. El crecimiento puede llevarse a cabo con bajas temperaturas, quizá cerca a los 0°C, en algunos casos, pero en estos valores se inactiva toda actividad fungosa. La mayoría no toleran temperaturas por encima de 40°C, pero su efecto letal depende además del tiempo de exposición. Las temperaturas utilizadas en las cámaras comerciales de secado esterilizan la madera.

Las pudriciones ocurren solamente cuando el contenido de humedad de la madera está por encima del punto de saturación de la fibra (30%). Esta cantidad de humedad no puede ser adquirida de la humedad del aire, de tal manera que una madera seca bajo cubierta y protegida contra la condensación, no se puede pudrir.

Es ideal que una madera tenga un contenido de humedad inferior al 20% en el momento de la construcción para minimizar cambios dimensionales y prevenir las pudriciones.

La temperatura, la cantidad de lluvia y su distribución a través del año son factores climáticos que determinan la cantidad de pudrición en estructuras expuestas a la intemperie. Climas templados durante muchos meses del año, favorecen más las pudriciones que climas calientes durante pocos meses y fríos durante el resto del año. En igual forma, lluvias prolongadas son más propicias para la pudrición que la misma cantidad pero en períodos cortos.

COMO SE HUMEDECEN LAS MADERAS EN LAS CONSTRUCCIONES ?

La medida más efectiva para proteger las maderas de pudrición en las edificaciones, es asegurar la utilización de maderas secas y su conservación en este estado en la estructura. Es necesario establecer las formas como la madera de una estructura puede contener la humedad necesaria para la pudrición. Estas son cinco:

- Humedad original por falta de secado.
- Humedad del suelo
- Agua lluvia
- Condensación
- Agua de tubería de conducción

Cuando una madera húmeda se coloca en una construcción, generalmente se seca antes de la iniciación de pudriciones; sin embargo, se requiere del secado para disminuir los cambios dimensionales y evitar presencia de manchas, mohos y pudriciones incipientes en maderas no resistentes. De otro lado, en lugares poco ventilados, la duración en el secado permite el progreso de pudriciones o se originan grietas donde con mayor facilidad se acumula la humedad.

Los suelos húmedos pueden originar humectación en las estructuras de edificaciones y así mismo favorecen la presencia de diversos hongos que infectan la madera en contacto con él.

El agua puede llegar a la madera por movimiento directo del suelo en contacto y por condensación de vapor en espacios cerrados o por transferencia

desde suelo a través del concreto.

Algunas estructuras exteriores pueden recibir agua lluvia en forma directa o por salpique del suelo; ésta se ubica preferencialmente en las uniones donde originan las pudriciones. Las lluvias huracanadas y la gravedad pueden igualmente conducir agua a las uniones de la madera, cuya influencia dependerá de la velocidad con que evapore y la frecuencia de las lluvias. Estos problemas ocasionados por aguas lluvias, se pueden minimizar mediante diseños adecuados. Las fallas en las pinturas, generalmente por aplicaciones inadecuadas, pueden producir focos de infección.

La condensación resulta del enfriamiento del aire en contacto con superficies frías; la cantidad de agua que el aire puede contener, depende principalmente de la temperatura. Cuando el aire es calentado, se eleva el punto de saturación y posteriores enfriamientos originan vapores de condensación. La temperatura a la cual comienza la condensación es la temperatura del punto de rocío. El vapor de agua se mueve a través de una estructura de un área de alta presión de vapor hacia una de baja presión. En las edificaciones, los gradientes de presión de vapor son creados por diferencias de temperatura. En época caliente, el gradiente es hacia afuera pero cuando se usa aire acondicionado y gradiente, se invierte.

Los materiales de construcción tales como madera, asbesto, cemento, corcho, plástico y concreto son permeables al vapor de agua en diferentes grados. Humectaciones críticas por condensación, pueden ocurrir en pisos, paredes y cielo rasos de cuartos fríos de almacenamiento, en áreas donde hay cantidades considerables de vapores de escape y en los pisos de cuartos con aire acondicionado.

Los daños permanentes u ocasionales de tuberías de conducción de aguas pueden producir escapes en lugares que se escapan a las observaciones diarias, a no ser que sean de gran magnitud. Una buena instalación y observaciones periódicas, reducen al mínimo los peligros por esta causa.

La descomposición de la madera es causada por pequeñas plantas llamadas hongos, organismos que no pueden colonizar o podrir la madera con contenidos de humedad por debajo del 20%. La prescripción para prevenir la pudrición es simple: mantener la madera seca. Pero como ello no es siempre fácil, debe pensarse en otras medidas relacionadas con los tratamientos preservadores.

DAÑOS CAUSADOS POR INSECTOS EN ESTRUCTURAS DE MADERA.

En las zonas tropicales los termites ocupan el primer lugar como agentes destructores de madera, en todas las condiciones de servicio. Además de

los termites encontramos otros insectos causantes de serios daños en las estructuras, que obligan a tomar medidas especiales de protección, representados por escarabajos, hormigas carpinteras y avispa, que perforan las maderas poniendo en peligro su resistencia mecánica.

TERMITES SUBTERRANEOS.

Estos insectos se caracterizan porque viven en grupos sociales, llamados colonias y reciben su nombre debido a que viven bajo tierra o en galerías totalmente cerradas o dentro de la madera que está bajo su ataque.

Requieren altos contenidos de humedad, la cual toman del suelo o de una fuente de suministro y la conducen a las zonas de ataque. El peligro de ataque y la velocidad de destrucción aumentan con la temperatura y la humedad disponible.

Su distribución en las zonas tropicales está limitada únicamente por la altitud; su presencia se ve muy restringida por encima de los 2.300 m.s.n.m. y sólo bajo condiciones muy especiales pueden atacar estructuras en estas zonas.

Reconocimiento del ataque .

Debido a que los termites subterráneos deben evitar el contacto con aire seco, su trabajo a menudo pasa inadvertido hasta que las colonias salen a volar, pierden las alas y originan nuevos focos de infestación. Estos vuelos los llevan a cabo en días nublados y húmedos. La presencia de termites alados es siempre un signo de ataques a las estructuras de madera. Después del vuelo, se encuentran alas por todas partes, especialmente en áreas iluminadas, debido a que los adultos son atraídos por la luz.

El daño en la madera usualmente no puede ser observado, a menos que se rompan las capas exteriores de ésta. Las galerías en su interior están cubiertas con partículas de excrementos y tierra. La presencia de tubos son otra evidencia segura de que los termites han iniciado su trabajo. Los termites subterráneos construyen estas estructuras desde el suelo a diversas partes de la construcción, a través de la cual conducen la humedad.

Prevención y Control.

La única manera práctica para prevenir los ataques de termites subterráneos, consiste en privarlos del suministro de humedad, sin embargo, no se debe olvidar que los termites pueden atacar madera seca, transportando la humedad desde el suelo.

El suelo puede ser eliminado como una fuente de humedad mediante el empleo

de:

a. Barreras químicas:

Los termites subterráneos no pueden mantener una conexión entre el suelo y la madera de una construcción si el suelo alrededor y bajo la estructura se trata con un insecticida apropiado. La efectividad de estos insecticidas en la protección depende del tipo de construcción y la forma de aplicación.

El momento más apropiado para la aplicación de insecticida es durante la construcción de la estructura. Si se utilizan placas de cemento el tratamiento del suelo debe hacerse antes de su fundición. A menos que la madera haya sido tratada a presión, nunca se debe colocar en contacto directo con el suelo.

La remoción de los desperdicios de madera alrededor de las construcciones reduce las posibilidades de aumento de poblaciones de insectos. Aquellos materiales leñosos que no pueden ser retirados deben ser tratados con insecticidas.

A menudo se coloca suelo en contacto con paredes para el cultivo de plantas, a menos que sea tratado con insecticidas se puede convertir en caminos de entrada de termites.

b. Inspecciones frecuentes:

Las casas y estructuras de madera instaladas en zona de influencia de comenjen deben ser revisadas por lo menos una vez al año. Si encuentra evidencia de su presencia, deben tomarse en forma inmediata las medidas convenientes, generalmente mediante uso de insecticidas, que deben ser aplicados por personal adiestrado.

TERMITES DE MADERA SECA

Causan serios daños en todas las zonas con climas cálidos. Sus exigencias climáticas de temperatura son similares a los termites subterráneos. El daño producido se reconoce por la presencia de cavidades largas en dirección del grano que contiene partículas comprimidas de madera parcialmente digerida. Algunas de estas partículas pueden salir por pequeños agujeros a la superficie de la madera y se convierten a veces en el primer signo de infestación.

Los termites de madera seca dañan la madera con una velocidad menor que los subterráneos; por ello la ruptura de los elementos, ocurre con mayor frecuencia en estructuras antiguas. Para alcanzar las galerías se requiere

perforar la madera, luego aplicar los insecticidas y finalmente sellar los orificios.

En algunos casos son preferibles los insecticidas en forma de polvo, debido a que éstos se adhieren al cuerpo del insecto y son llevados a otras galerías hasta que finalmente todos mueren. Infestaciones severas requieren fumigaciones si el área bajo ataque es asequible.

ESCARABAJOS DESTRUCTORES DE MADERA

Los escarabajos o gorgojos causan serios daños a la madera en las construcciones. La brota o carcoma producida por el género Lyctus ataca la albura de maderas duras, después del secado, de tal manera que se encuentran generalmente en casas nuevas. Los anobidos se alimentan de maderas duras y blandas, generalmente con edades de servicio mayores de diez años.

El daño es llevado a cabo por larvas, las cuales permanecen por meses o años en los túneles que construyen en la madera antes de salir la superficie. Todas las especies requieren madera descubierta para colocar los huevos; esto quiere decir que la madera barnizada, sellada o con capa de cera, no es apta para la postura de los huevos. La temperatura utilizada en las cámaras de secado destruye los huevos, larvas y pupas, pero pueden ser reinfestadas durante su almacenamiento posterior.

Las zonas de madera no terminada deben estar sujetas a observaciones periódicas para detectar indicios de ataque.

La presencia de montones de polvo fino sobre la superficie, orificios pequeños redondos u ovales son indicio seguro de ataque por insectos. Estos orificios son hechos por los insectos adultos en el momento de su emergencia. La mayoría de estos insectos son activos durante la noche, por ello no son visibles en inspecciones que se hacen en el día.

Cuando la cantidad de orificios presentes en la madera no es muy numeroso, pueden ser inyectados con insecticidas. Estructuras asequibles con ataques pueden ser tratadas por aspersión o brochado; ahora bien, si los insectos se han distribuido por toda la construcción se requiere el uso de fumigaciones, aplicadas por personal especializado.

Para hacer un tratamiento se requiere cerciorarse de que el ataque está activo; para ello se debe limpiar el polvillo del área y si aparecen nuevamente, la diagnosis es positiva.

Para tener una seguridad en la sanidad de las maderas que emplea en sus construcciones, utilice madera tratada. Pero sabedor que ello no es siempre posible en nuestro medio, las anotaciones anteriores pueden ser de mucha utilidad.

CLASIFICACION DE LAS MADERAS COLOMBIANAS SEGUN SU DURABILIDAD
NATURAL EN CONTACTO DIRECTO CON EL SUELO

MADERAS RESISTENTES

<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>DENSIDAD BASICA</u>
1. Balata	<u>Manilkara bidentata</u>	0.81
2. Carreto	<u>Aspidosperma dugandii</u>	0.77
3. Cobre	<u>Dalbergia sp</u>	0.71
4. Dinde	<u>Chlorophora tinctoria</u>	0.71
5. Guayacán	<u>Platyniscium pinnatum</u>	0.78
6. Gusanero	<u>Astronium graveolens</u>	0.69
7. Laurel	<u>Aniba peruviana</u>	0.49
8. Machare	<u>Symphonia globulifera</u>	0.58
9. Nazareno	<u>Paltogine purpurea</u>	--
10. Pantano	<u>Hyeronima chocoensis</u>	0.67
11. Puntecandado	<u>Miconia guianensis</u>	0.73
12. Sapan	<u>Clathrotropis brachypetala</u>	0.89
13. Tamarindo	<u>Dialium guianensis</u>	0.77

MODERADAMENTE RESISTENTE

<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>DENSIDAD BASICA</u>
14. Abarco	<u>Cariniana pyriformis</u>	0.63
15. Aceituno	<u>Humiriastrum colombianum</u>	0.69
16. Algarrobo	<u>Hymenea courbaril</u>	0.77
17. Bilibil	<u>Guarea courbaril</u>	0.63
18. Caoba	<u>Swietenia macrophylla</u>	0.47
19. Cagui	<u>Caryocar costarricense</u>	0.624
20. Canaleta	<u>Cordia alliodora</u>	--
21. Cargamanto	<u>Hyeronima alchorroides</u>	0.54
22. Ceiba Tolua	<u>Bambacopsis quinatum</u>	0.39
23. Chanul	<u>Humiriastrum procerum</u>	0.69
24. Chaquiuro	<u>Goupia glabra</u>	0.68
25. Dormilon	<u>Pentaclethra macroloba</u>	0.43
26. Escobo	<u>Casearia Sylvestris</u>	0.59
27. Fresno	<u>Matayba trianae</u>	0.40
28. Guayacan Hobo	<u>Centrolobium paraense</u>	--
29. Guayacan Polvillo	<u>Tabebuia serratifolia</u>	0.98

30. Oloroso	<u>Humiria balsamífera</u>	0.68
31. Roble	<u>Quercus Humboldtii</u>	--

POCO RESISTENTE

<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>DENSIDAD BASICA</u>
32. Anime	<u>Dacryoides canalensis</u>	0.59
33. Caracoli	<u>Anacardium excelsum</u>	0.34
34. Carbonero	<u>Abarema Jupumba</u>	0.43
35. Carra	<u>Huberodendron patinoi</u>	0.50
36. Cedro	<u>Cadrela odorata</u>	0.38
37. Ceiba amarilla	<u>Hura crepitans</u>	0.41
38. Coco Muerto	<u>Gustavia speciosa</u>	0.34
39. Costillo	<u>Aspidosperma album</u>	0.63
40. Chaparro	<u>Hyeronyma laxiflora</u>	0.55
41. Guamo	<u>Inga sp</u>	0.62
42. Guayabo	<u>Calycophyllum candidissimon</u>	0.86
43. Leche Perra	<u>Helicustylis tomentosa</u>	0.71
44. Nato	<u>Mora magistosperma</u>	0.63
45. Tangare	<u>Carapa guianensis</u>	0.55

NO RESISTENTE

<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>DENSIDAD BASICA</u>
46. Aceite Mario	<u>Calophyllum mariae</u>	0.46
47. Arenillo	<u>Catostema alstoni</u>	0.52
48. Balso	<u>Ochroma lagopus</u>	0.11
49. Cafetero	<u>Didimopanax morototoni</u>	0.36
50. Camarucho	<u>Sterculia apetala</u>	--
51. Cativo	<u>Prioria copaifera</u>	--
52. Cedro Macho	<u>Tapiria myriantha</u>	0.37
53. Ceiba pentandra	<u>Ceiba pentandra</u>	--
54. Cuangare	<u>Dialyanthera gracilipes</u>	0.32
55. Chingale	<u>Jacaranda copaia</u>	0.34
56. Fono	<u>Eschweleira corrugata</u>	0.53
57. Leche Viva	<u>Pseudolmedia laevigata</u>	0.62
58. Otobo	<u>Virola carinata</u>	0.40
59. Perillo Blanco	<u>Himatantus articulata</u>	0.52
60. Perillo Negro	<u>Couma macrocarpa</u>	0.49
61. Pino Chaquiro	<u>Podocarpus cariaceus</u>	0.47
62. Sajo	<u>Cannosperma panamensis</u>	0.33
63. Sande	<u>Brosimum utile</u>	0.42

64. Sangregao	<u>Pterocarpus</u> sp	0.65
65. Sangre toro	<u>Virola sebifera</u>	0.48
66. Soroga	<u>Vochysia ferruginea</u>	0.38
67. Zapote	<u>Sterculia colombiana</u>	0.41

SEMINARIO APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA MADERA

"CERCHAS: TEORIA Y PRACTICA"

Por: Arquitecto Iván Arango Herrera

Medellín, abril de 1988

La más importante aplicación de la madera al uso estructural es sin duda alguna la cercha, teniendo en cuenta la simplicidad y versatilidad que ofrece, especialmente como solución técnica y estética, a los problemas de cubierta para todo tipo de espacios.

Para dar un vistazo general al tema, he considerado conveniente presentarlo bajo cuatro aspectos que podríamos llamar así: el modelo matemático, el diseño, la construcción y el cálculo.

Comencemos estableciendo dos ideas fundamentales: Primera, el cálculo que consiste en la aplicación de un modelo matemático; segunda idea, el cálculo es básicamente una comprobación de la estabilidad y seguridad de la estructura.

EL MODELO MATEMATICO

El método de cálculo utilizado para cualquier elemento o sistema estructural es siempre un modelo matemático, representado en una fórmula o un algoritmo, que debe reflejar con la mayor precisión posible el mejorar y comprobar estos modelos. El modelo, como producto matemático que es, es exacto, o puede llegar al grado de precisión que desee el usuario.

La construcción, a su vez, debería seguir el modelo, pero su comportamiento no es exacto y debido a diversos factores tiende a alejarse de él, poco dentro de márgenes de error adecuados, en la mayoría de los casos, o mucho, cuando la estructura es muy compleja y no se emplean con suficiente criterio métodos de cálculo adecuados.

Estos factores de discrepancia entre modelo y estructura tienen diferentes orígenes. Pueden ser de orden constructivo, como por ejemplo, las articulaciones o rótulas que según el modelo son pasadores sin rozamiento, condición imposible de lograr cabalmente en la estructura y que se omite totalmente en la cercha, en la cual pasan continuas a través de los nudos, las cuerdas superior e inferior. El material, la mayoría de las veces no corresponde a las condiciones de isotropía, homogeneidad y elasticidad que supone el modelo matemático.

En estructuras muy complejas, especialmente en las muy imperestáticas, hay dificultad para identificar y considerar la interacción de muchos pequeños detalles. Además, hay simplificaciones que se introducen al modelo matemático para hacerlo manejable en un orden práctico, despreciando datos y situaciones cuya consideración no afectan ni la seguridad ni la economía, pero que de hecho, implican pequeñas diferencias entre modelo y comportamiento real de la estructura.

Y que decir de las cargas. Son los datos de partida y resultan ser bastante imprecisos. Tomemos como ejemplo solamente las cargas vivas; el código nos da un valor de carga mínima de Kgs/M² que es la manera más aproximada de cubrir cualquier estado de carga; sin embargo, en su vida útil, posiblemente ninguna

estructura llegue en ningún momento a estar sometida a ese estado previsto. Y un problema no puede tener una respuesta más exacta que los datos de partida, por más que se afilen las herramientas matemáticas utilizadas para resolverlo. Una cosa es la matemática pura y otra la matemática aplicada, pero muy a menudo olvidamos esto y nos apasionamos por los algoritmos matemáticos más abstractos y deslumbrantes.

Las consideraciones anteriores nos sirven para apoyar las siguientes afirmaciones: Primera: Todos los sistemas de cálculo utilizados en el análisis de cerchas son válidos, dan resultados suficientemente seguros, desde el análisis por equilibrio de nudos, pasando por los métodos gráficos, hasta los sistemas electrónicos. Pero hay que tener buen criterio en su utilización pues el empleo de métodos aproximados en la solución de errores en estructuras muy complejas podrían producir una acumulación de errores que distorsionarían completamente los resultados; en el campo de las cerchas se aplica esto, especialmente, a las articulaciones especiales.

Los métodos usuales de cálculo de cerchas son los siguientes:

- a. Método de equilibrio de nudos que partiendo de la condición de equilibrio de las fuerzas que actúan sobre un mismo punto, permite ir determinando, en forma sucesiva, las fuerzas en las barras. Es un método un poco laborioso que exige que la estructura sea isostática. Sin embargo, en caso de hiperestatismo de grado no muy alto, se pueden calcular las fuerzas en las barras sobreabundantes por métodos auxiliares como el de Ritter o el de Zimmermann, y cambiar estas barras por las fuerzas correspondientes convirtiendo la estructura en isostática.
- b. El método gráfico de Maxwell o Cremona que se apoya en el mismo principio matemático que el anterior pero resulta mucho más rápido y ágil, además presenta la ventaja de que el mismo se comprueba pues el gráfico siempre da cerrado, eliminando así cualquier posibilidad de equivocaciones. Igual que el anterior, se aplica sólo a cerchas isostáticas pero, de la misma manera, pueden obviarse pequeños hiperestatismos. A pesar de ser gráfico, este método da suficiente precisión y seguridad, y ha sido por muchos años el de mayor uso aún en los países avanzados en la tecnología de la madera. Se puede complementar con el método de Williot si se desea calcular las deflexiones.
- c. Método de las Secciones o de Culmann que considera el equilibrio de una porción de la cercha, partiendo seccionando tres barras que se convierten en tres fuerzas por resolver para mantener el equilibrio.

Este método es útil cuando interesa conocer los esfuerzos en alguna parte específica de la estructura y no resolverla por completo.

- d. El método de la Rigidez que parte del equilibrio de las fuerzas, como el anterior, pero agrega la compatibilidad de deformaciones. Se resuelve matemáticamente por matrices (por lo cual se le llama también Método Matricial), y requiere de la ayuda del computador para su operación. Este método hizo posible el estudio de las estructuras reticuladas espaciales y presenta la ventaja sobre las anteriores de que calcula las deflexiones de la estructura.

Este dato es de gran importancia en las espaciales, especialmente en las de acero, si tenemos en cuenta la poca profundidad de la estructura, las secciones mínimas de las barras y la poca pendiente de las cubiertas (del orden del tres o cuatro por ciento), que podrían ser anuladas o invertida por la flecha.

El primer método, equilibrio de nudos puede ser organizado también en forma matricial, omitiendo la matriz de rigidez, y resuelto por medio del computador.

e. Cálculo por Asimilación o Superficies Continuas.

Este método es exclusivo para las mallas espaciales. Se ideó como respuesta a la limitación de la capacidad de los computadores para resolver mallas muy grandes (más de 150 nudos), y consiste en calcular los esfuerzos en una placa continua e isotropa, de forma similar a la de la estructura reticulada espacial, y luego, a partir de esos esfuerzos, se hallan las compresiones y tracciones en las barras. Este proceso de cálculo es más exacto cuanto mayor sea el número de módulos de la estructura e implica que esta cumpla unas condiciones de isotropía pues de lo contrario tendría que asimilarse a un alámينا anisótropa cuyo cálculo es mucho más complejo.

Como se ve, este método es aproximado y en contraposición, al anterior, matricial, se considera exacto (y lo es desde el punto de vista matemático como se estableció antes).

Sin embargo, la velocidad y capacidad de los nuevos computadores ha hecho posible calcular cualquier estructura por el método matricial, quedando relegado este para ser utilizado en máquinas pequeñas.

La segunda idea planteada al comienzo establecía que el cálculo es una comprobación. Realmente, la aplicación de cualquier modelo matemático requiere una serie de datos tales como forma, material, dimensiones, cargas, etc., lo cual implica que la estructura haya sido previamente definida o diseñada. El diseño a su vez condiciona totalmente el trabajo de la estructura. La distancia entre apoyos, la cuerda superior poligonal, curva o recta, la mayor o menor profundidad de la estructura, la distancia entre nudos etc. van a determinar la clase de material y magnitud de esfuerzos y van a dar una buena o una mala solución, que el cálculo no modifica en lo más mínimo. Resulta entonces obvio que el diseño es tan importante como el cálculo y en muchos casos más importante que el. Al respecto decía Félix Candela, Ingeniero que desarrolló muchísimo las cáscaras de Hormigón armado, que el construiría con más tranquilidad una estructura bien concebida y no calculada, que una mala solución estructural acompañada de los cálculos más exactos y minuciosos.

Pero si el cálculo está condicionado por el diseño de la estructura este a su vez depende del diseño arquitectónico en el cual el proyectista fija condiciones tan fundamentales como tipo de cubierta, material de la estructura, distancia entre apoyos y forma externa, correspondiente a una volumetría del edificio, que por lo general se basa más en consideraciones estéticas que estructurales.

EL DISEÑO

Una de las definiciones que he encontrado más oportuna dice que la estructura reticulada plana es la formada por barras articuladas en los extremos, que dentro del perímetro de la estructura forman figuras geométricas, generalmente triángulos. Además, las fuerzas externas deben ser aplicadas en los nudos con los cual se logra que las barras trabajen a esfuerzos de compresión y tracción puros, sin flexión, obteniéndose así el máximo rendimiento del material y una de las mayores ventajas de este sistema estructural sobre el de vigas y pórticos de alma llena.

Revisando detenidamente la anterior definición encontramos en ella unas condiciones que son claramente impuestas por el modelo matemático. Son ellas: La limitación de la longitud de las barras a la distancia comprendida entre los nudos sucesivos y su articulación, con pasadores exentos de fricción, condiciones que por razones que analizaremos luego, no se atienden en la construcción. Esta discrepancia ya mencionada en el planteamiento sobre el modelo matemático, no afecta de manera alguna el hecho estructural, pues los esfuerzos secundarios que se derivan de ella, son de magnitud despreciable. Entonces, para el diseño, nos apoyaremos también en algunos principios matemáticos.

El primer caso es elegir el tipo de cubierta (teja de barro, asbesto-cemento, metálica) el cual nos permite determinar el peso por metro cuadrado, que incluyendo las cargas vivas, posteriormente se tomará con carga de diseño, y la distancia entre perlinas que varía desde 84 cms. hasta 1,45 para tejas de asbesto-cemento números 6 al 10, por ejemplo, o entre dos y tres metros para alfardas de techos de teja de barro.

Pero lo importante es que la distancia entre perlines o correas ya nos fija la posición de los nudos en la cercha.

Luego, la longitud de las correas se traduce en distancia entre cerchas. Conviene utilizar el mayor espaciamiento posible entre estas, considerando el costo muy elevado de las armaduras en comparación con los demás elementos que componen la estructura. Por lo tanto el espaciamiento será igual a la máxima luz que puedan cubrir las correas. La correa trabaja a flexión y en el caso de las latifoliadas su dimensionamiento está generalmente regido por la flecha y no por la resistencia.

Los apoyos de la cercha están dados por el proyecto arquitectónico.

Con posición de apoyos y nudos ya definidos, se inicia el diseño de la cercha propiamente , el cual parte de la adopción de la forma del contorno (algunas veces ya establecida también por el diseño arquitectónico) y se completa con la triangulación interna.

La triangulación debe atender tres principios generales: Hay que evitar la excesiva longitud de las barras comprimidas, la cual se traduce en esbeltez y posibilidad de pandeo, disminuyendo notablemente su capacidad de carga; procurar que los ángulos entre las barras, especialmente las de triangulación con las cuerdas superior e inferior y entre las cuerdas mismas, no sean muy agudos porque

el aumento de las fuerzas entre ellas complica la unión hasta el extremo de poder llegar a utilizar el diseño y, tercero, evitar la aplicación de cargas fuera de los nudos (incluyendo las reacciones de apoyo), especialmente en la cuerda superior, pues la flecha producida por la flexión podría convertirse en un factor magnificador del pandeo debido a la fuerza axial o llegar a convertirse en un efecto P-S.

La costumbre general al llegar al diseño de la cercha, es elegir un modelo conocido y adaptarlo a las condiciones particulares del proyecto. Los modelos más usuales, que vamos a reseñar, pueden clasificarse en tres grupos básicos:

- a. De dos aguas (triangulares).
- b. De cuerdas paralelas (vigas de celosía)
- c. De cuerda superior curva (Bow-String).

a. Cerchas de dos Aguas.

Resultan económicas para luces hasta de 25 metros aproximadamente con espaciamiento de más o menos 4,5 metros. La limitación se debe fundamentalmente al tamaño y secciones de la madera aserrada comercial. Pueden construirse para luces mayores, pero, cuando se dispone de la tecnología necesaria, resulta más económica la de cuerda superior curva.

Para pen dientes o profundidades normales o un quinto de la luz se utiliza generalmente los tipos Belga, Pratt y Howe, Hay muy poca diferencia entre los tres.

Los Howe tienen las diagonales interiores trabajando a compresión. Cuando sólo se disponía de clavos y pernos como elementos básicos de unión, lo más sencillo era unir las diagonales de compresión con los pares y el tirante mediante pequeñas cajas que se ajustaban al recibir las cargas, y algunos clavos para evitar que la diagonal se desplazara fuera del plano de la cercha. Además, los elementos verticales (pendolones) sometidos a tracción, podrían ser contruídos con varillas de acero roscadas en los extremos que atravesaban par y tirantes y se fijaban simplemente con una tuerca y su arandela. La simplicidad de su construcción hizo que este tipo se popularizara más que los otros.

En la armadura Pratt, al contrario de lo que sucede en la Howe, los miembros diagonales trabajan a tracción, mientras los verticales están en compresión. Estos a su vez, son más cortos que los diagonales de la Howe, lo cual es ventajoso estructuralmente porque los efectos de la esbeltez disminuyen.

Las barras en la Pratt y la Howe son verticales, se inclinan, colocándose perpendiculares a la cuerda superior en la cercha tipo Belga. Esto hace que las fuerzas en los elementos del alma sean más parejas, lo que permite fabricarlas con dimensiones iguales o parecidas y estandarizar los detalles de las uniones. Se utiliza paraluces mayores que las anteriores, Además, la prolongación de los miembros perpendiculares a la cuerda superior, que trabajan a compresión, facilita la unión de las correas con la cercha.

La cercha Fink, que es una cercha compuesta, es muy útil cuando se requieren grandes pendientes porque los elementos de la triangulación interior sometidos a compresión resultan de menor longitud y por lo tanto de sección más pequeña. En las tipo Belga, Pratt o Howe de gran luz, los miembros de compresión situados cerca del centro son frecuentemente demasiado largos para ser dimensionados razonablemente.

La cercha Tijera, que tiene el tirante o cuerda inferior levanta, se utiliza para espacios en los cuales estorbaría el tirante horizontal o por requerimientos estéticos. Otra cercha como la Tijera tiene el tirante elevado, se conocía hace tiempo con el nombre de Polonçeau, pero puede asimilarse a una Fink.

Estas cerchas pueden utilizarse en posición invertida para diseños especiales como techos en diente de sierra o mediaguas, pero se invierten también los esfuerzos en pares y tirantes.

b. Cerchas de Cuerdas Paralelas:

También las llamados vigas de celosía por la similitud en su entramado con las celosías. Por lo general su construcción es un poco más costosa que la de las cerchas a dos aguas, debido a que los esfuerzos en los miembros del alma son más grandes que los equivalentes en estas, pero son preferibles o indispensables en muchos casos. Como en las cerchas con pendiente, las máximas luces económicas están cerca de los 25 metros.

La profundidad (o altura) entre los ejes de las cuerdas es generalmente $1/8$ a $1/10$ de la luz. Los tres tipos más conocidos son Pratt, Howe y Warren. Aunque hay muy poca diferencia en costos entre la Pratt y la Howe, esta resulta algunas veces un poco más económica para condiciones similares de carga y es más utilizada cuando los apoyos son muros de mampostería o columnas con ménsulas. Sus diagonales trabajan a compresión. En la Pratt las diagonales trabajan a tracción.

La viga Warren se utiliza para luces mayores. Las barras del alma trabajan alternadas en compresión y tracción, siguiendo las líneas de esfuerzos principales, lo cual permite una mayor estandarización de sus secciones y de los detalles de los nudos. Sus extremos pueden hacerse como Howe o como Pratt según convenga.

c. Cerchas en Arco o de Cuerda Superior Curva.

Son cerchas cuya cuerda superior tiene forma de arco, que es la forma más adecuada para cargas distribuidas, razón por la cual son las más económicas para luces mayores de 25 metros y hasta los 80. La cuerda superior puede ser construída laminada con segmentos sólidos, siendo mejor solución la laminada. Por razones técnicas no se contruyen en Colombia.

Cercha Funicular: El diseño no tiene necesariamente que culminar con la adopción de formas conocidas que ya podríamos llamar clásicas. Podemos también crear soluciones adecuadas a nuestras propias necesidades. Y lo mejor es sondear primero la forma estructural más lógica. El polígono funicular es la forma que adopta un elemento estructural no rígido, que sólo trabaja a tracción, como un cable o una cadena, bajo la acción de algunas fuerzas. Esta forma estructural es óptima pues cada tramo del funicular

queda sometido a tracción axial y se consigue así el máximo aprovechamiento del material. Si esta misma forma se construye con un material rígido, se la invierte y se le aplican las mismas fuerzas, los esfuerzos en la estructura cambian de tracción a compresión axial en cada tramo y la estructura, salvo por las implicaciones del pandeo sigue siendo óptima, estas estructuras obviamente producen empujes laterales en los apoyos, y además, la altura (flecha en el cable) incide directamente en la intensidad de los esfuerzos, disminuyendo estos mientras mayor sea la altura o flecha.

Si adoptamos la forma rígida para la cuerda superior, unimos los extremos con un tirante para absorber las fuerzas horizontales y mantener los apoyos en su posición, y hacemos una triangulación interna hemos diseñado una cercha funicular para las cargas dadas. La optimización de la forma se refleja en el hecho de que las barras que forman la triangulación inferior no están sometidas a esfuerzos de ninguna clase.

El funicular para una carga distribuida uniforme es una parábola y este es el origen de la cercha en arco, ya expuesta como la solución más eficiente para luces hasta de 80 metros. Se deduce de acá que el tipo básico menos eficiente desde el punto de vista estructural es la armadura de cuerdas paralelas.

A partir de la cercha funicular se pueden buscar otras configuraciones de contorno que, aun cuando no sean tan eficientes, se pueden hacer muy lógicas. Basta considerar que la cercha es un conjunto no es cosa diferente que una viga de sección variable, sometida a flexión, cuyo diagrama de momento nos habla de su trabajo interno y por lo tanto nos plantea sus necesidades de forma. Donde hay mayores momentos se requiere mayor profundidad o altura, separando así las fuerzas de tracción de la cuerda inferior y compresión de la superior, para aumentar el momento del par resistente, sin que haya incrementos notables de las fuerzas, manteniendo las secciones de estos miembros prácticamente constantes. Eso es precisamente lo que hace la cercha funicular.

Y siguiendo este principio de interpretar el diagrama de momentos para definir la forma del contorno, podemos diseñar pórticos triarticulados biarticulados, o empotrados, que luego se triangulan atendiendo las reglas pertinentes: Hacer nudos en los puntos de apoyo de las correas y procurar que los ángulos entre las barras oblicuas no sean muy agudos; en lo posible, no menores de 30 grados ni mayores de 60.

CERCHAS ESPACIALES

La estructura reticulada espacial se desarrolló con advenimiento de los computadores, pero debido a su complejidad técnica, especialmente en la construcción de los nudos, sólo se aplicó a la construcción en acero y aluminio.

Cabe mencionar aquí un trabajo elaborado en la Universidad Pontificia Bolivariana presentado como tesis de grado, en el que se propone la construcción de retículas espaciales en madera, su autor ya ha tenido la oportunidad de construir algunas con muy buen resultado tanto estético como técnico, pero, por razones obvias, no es posible todavía hacer una comparación válida entre estas y las planas.

LA CONSTRUCCION

Las formas constructivas de las cerchas se derivan directamente de la tecnología disponible.

En la cercha plana, es importante conservar la simetría de los miembros con respecto a un plano vertical en el cual actúan todas las fuerzas externas. La cercha puede estar formada por miembros de una sola pieza, de manera que todo se encuentra en dicho plano o por combinaciones de dichas piezas que quedan en planos diferentes, además pueden construirse con madera maciza o con madera laminada encolada. En todos los casos las cuerdas superior e inferior son continuas a través de los nudos, lo cual le da mayor estabilidad lateral al conjunto y simplifica notablemente su construcción.

Considerando tanto el tamaño como la entidad de las cargas, establezcamos tres grupos de cerchas, aunque no hay fronteras definidas entre ellos: Cerchas pequeñas o livianas, cerchas intermedias y cerchas grandes.

En la primera clase entrarían las cerchas para vivienda, muy utilizadas en los Estados Unidos y ampliamente tratadas en el manual de diseño del Grupo Andino, con separación que va desde los 60 cms. hasta poco más de un metro. Esta cercha tiene los miembros de poco espesor (máximo cinco cms.), unidos por medio de clavos y a veces reforzados con placas de trip lex. Generalmente la superficie de cubierta se apoya directamente sobre la cuerda superior sin el uso de correas. Este tipo de construcción no se acostumbra en Colombia y sobre el dice el Ingeniero Tuk Durán en su libro Estructuras de Madera: "Muy ineficiente y con un alto consumo de madera, las cerchas residenciales son elementos con cargas muy bajas (no mayor de los 100 kgs en nudos) ya que generalmente cuentan con apoyos intermedios y la separación entre cerchas no excede en metro".

Las cerchas intermedias son las de uso corriente y pueden construirse con miembros de una sola o de varias piezas. En el primer caso, las barras de triangulación se fijan a las cuerdas por medio de cajas o muescas.

Los miembros comprimidos se unen con clavos, en los extendidos se hace necesario el uso de pernos y chapas de madera o metálicas, o se cambian por varillas de acero. Las uniones con pernos constituyeron durante muchos años el único método disponible, por lo que esta clase es la más generalizada.

El utilizar dos o más piezas para la construcción de un miembro aumenta notablemente su capacidad de carga y disminuye la esbeltez de los elementos comprimidos, pero estas ventajas sólo pudieron aprovecharse plenamente con la aparición de

los conectores de anillo partido (un anillo partido pequeño, de 2 1/2 pulgada reemplaza aproximadamente cinco pernos de 5/8 de pulgada), permitiendo además un incremento sensible en las luces.

La limitación ahora, para pasar a la tercera categoría, cerchas para luces grandes radica en la limitación de longitud, y especialmente, de secciones de la madera maciza, la cual se supera con la madera laminada, tecnología aún no disponible en nuestro país.

La placa metálica con salientes (gan - nail), cuyo uso se está introduciendo ahora, es muy apropiada para fabricación en serie de armaduras ligeras, estandarizadas, con todas las consecuencias que implican los sistemas prefabricados en la construcción.

No puede descuidarse la estabilidad en la dirección perpendicular al plano de la cercha que contempla dos aspectos. Pandeo lateral del par que consideramos restringidos en su movimiento por las correas, pero que podrían desplazarse si todas las cerchas se pandearan al mismo tiempo y no hubiera otro elemento de la construcción (muros por ejemplo) capaces de impedir su movimiento. Este problema puede obviarse dándole rigidez al plano de la cubierta definido por los pares, trinangulando los pares de cerchas consecutivas. Es evidente que cuando la superficie es rígida de por sí, como en el caso de cubiertas construídas con tablilla o láminas de triplex ajustada y clavadas sobre alfardas o cabios, no se requiere arriostamiento adicional.

La estabilidad puede ser afectada también por el volcamiento de las cerchas, girando sobre los apoyos, lo cual puede impedirse con diagonales colocadas entre el caballete en una cercha y los apoyos en otra, ojalá no contigua, en el plano de la vertiente o entre el caballete de una y el tirante de la siguiente siempre entre nudos, en planos verticales u oblicuos definidos por los elementos de triangulación de las cerchas.

EL CÁLCULO

En el cálculo, es suficiente considerar dos estados de carga fundamentales: Cargas verticales (muertas más vivas) y carga de viento.

El peso propio de la estructura, teóricamente, se asume aplicando la mitad del peso de cada barra de los dos nudos que ella une. Como este sistema resulta muy laborioso puede simplificarse tomando el peso total de la cercha (supuesto) dividido por su área de influencia, lo cual nos da una carga de superficie en kilogramos sobre metros cuadrados y sumándolo a las demás cargas muertas. Una cercha de 12 metros de luz, con separación de cuatro metros aproximadamente de 1000 Kgs., luego, se puede incrementar la carga muerta en $1.000/12 \times 4 = 21$ kgs/M² por peso propio de la estructura. Si la obra va a llevar cielo raso, debe asumirse un peso intermedio o alto pues aunque en principio se haya previsto un cielo liviano, hay muchas probabilidades de que en un futuro de cambie por otro de mayor peso. Esta carga se considera aplicada sobre el tirante o cuerda inferior y por lo tanto no se suma a las demás cargas muertas.

La carga viva, igual a 35 kgs sobre metro cuadrado según el artículo 3.4.2.1. del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes, se suma a las cargas muertas de la cubierta para hacer el primer análisis de fuerza en las barras de vidas a cargas verticales.

Las cargas de viento deben calcularse tomando en cuenta la inclinación de la cubierta y su altura sobre el suelo, de acuerdo con el capítulo B:6 del Código. La presión de velocidad del viento en Kgs/M2 es igual a

$$P_w = 0,005V_w (H/10)^{2/7}$$

en el cual V_w es la velocidad del viento básico que el mismo código fija en 100 kms. hora en todo el territorio nacional (artículo B.6.4.2) y H la altura. Si asumimos $H = 10$ mts nos da:

$$P_w = 50 \text{ Kgs/mt}^2$$

dato utilizable en todas las cubiertas que estén por debajo de los 10 metros.

La presión mínima de viento, perpendicular a la superficie de cubierta se obtiene multiplicando la presión de velocidad por el factor de forma dado en el parágrafo B.6.5.1.3 que establece -0,50 para sotavento, o sea que todas estas cubiertas estarán sometidas a una succión de 25 Kgs /M2 y - 0,20, - 0,40 y -0,70 para inclinaciones de 40 a 30, 30 a 20 y 20 a 10 grados con la horizontal respectivamente, por el lado de Barlovento. Entonces las cubiertas con pendientes normales que están comprendidas entre 15° (27%) y 30° (58%), están sometidas a succión por ambos lados.

Obtenidas las presiones o succiones producidas por el viento, se calculan las tensiones en las barras, tomando una sola dirección del viento si la estructura es simétrica, pero debe hacerse con viento en una dirección y luego con viento en la dirección contraria, si es asimétrica.

Tradicionalmente se tabulaban estos datos para determinar el comportamiento más desfavorable en cada barra y así se dimensionaba.

El Código nos permite ahora hacer reducciones que se traducen en algunas pequeñas economías. Así, el Artículo B.6.3.2. dice que "En caso de que se utilicen cubiertas ligeras, diseñadas para cargas vivas no mayores de 50 kgs/M2, no debe considerarse acción simultánea de cargas vivas y fuerzas de viento", y el parágrafo B.2.3.4.1., permite un aumento de 1/3 en los esfuerzos admisibles de los materiales cuando se utiliza la combinación de carga muerta más carga viva más viento.

Los elementos en tracción se dimensionan de manera que el área neta en la sección más desfavorable de la unión, sea la mínima necesaria dada por el cálculo; es decir que si se hacen perforaciones para introducir pernos, la dimensión de la sección debe incrementarse hasta compensar el área perdida por los orificios.

En los miembros en compresión, además de esta precaución, hay que considerar el pandeo en el plano y fuera del plano de la cercha, que se comprueba con la fórmula de Euler. La relación de esbeltez mínima es $L/D=50$. Todos los elementos de la triangulación deben considerarse articulados en los extremos de manera que L para pandeo es la distancia entre nudos. El manual de diseño del grupo andino admite $0.8L$. los pares son los elementos comprimidos de mayor longitud, pero quedan arriostrados lateralmente por las correas, condición esta con la cual se comprueban para pandeo. Si la posición de las correas no coincide con los nudos, la longitud efectiva en el plano de la armadura es la suma de distancias adyacentes (entre nudos) multiplicada por 0.4 . Si una de las longitudes es menor que 0.8 de la adyacente, se tomará para el cálculo 0.9 de la longitud mayor. Para considerar el pandeo fuera del plano de la cercha, se conserva la distancia entre correas.

Cuando la cuerda superior recibe carga en el tramo, se diseña a flexo-compresión y debe cumplir la expresión:

$$\frac{N}{N_{adm.}} + \frac{K_m/M/}{S f_m} < 1$$

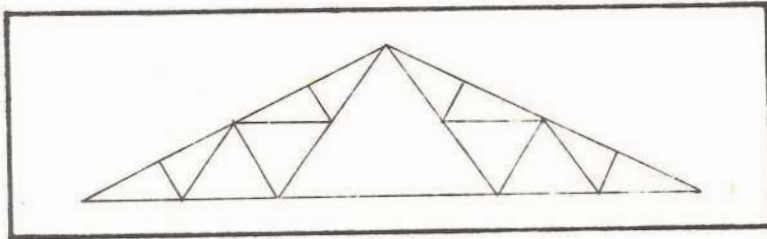
$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr.}}} \quad N_{cr.} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

donde: N : Carga axial aplicada (Kg)
 $N_{adm.}$: Carga axial admisible calculada
 K_m : Factor de magnificación del momento debido a la carga axial.
 $M/$: Momento máximo en el elemento (Kg-cm.)
 S : Módulo de la sección respecto al eje de flexión (Cm^3)
 $N_{cr.}$: Carga crítica (fórmula de Euler) en la dirección en que se aplican los momentos de flexión
 f_m : Esfuerzo admisible en flexión

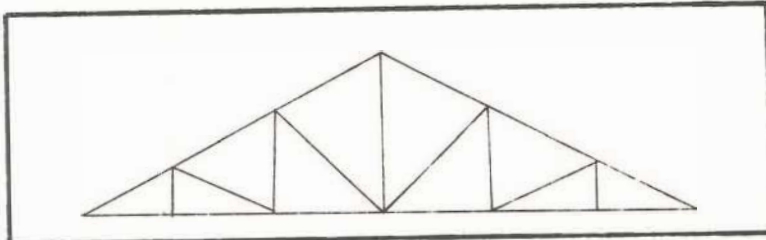
Así habremos obtenido unas secciones mínimas de los elementos, que se constituyen en las secciones netas que deberán conservarse una vez se calculen los empalmes. Generalmente resulta necesario aumentar las secciones de los miembros, para poder alojar los elementos de unión.

Por último se hace el cálculo de nudos que dependerá del tipo de ensambles o conectores que se utilice.

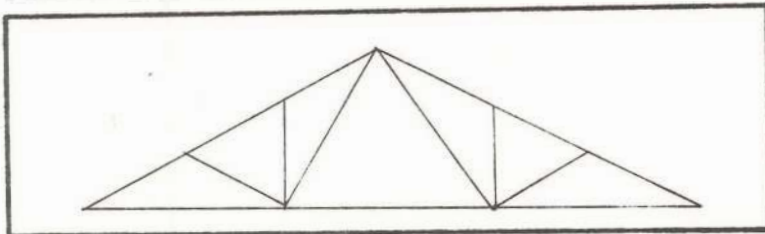
A veces es conveniente alternar el cálculo de nudos con el de barras para ir ajustando dimensiones, e inclusive se puede invertir este orden, con buenos resultados especialmente en estructuras grandes.



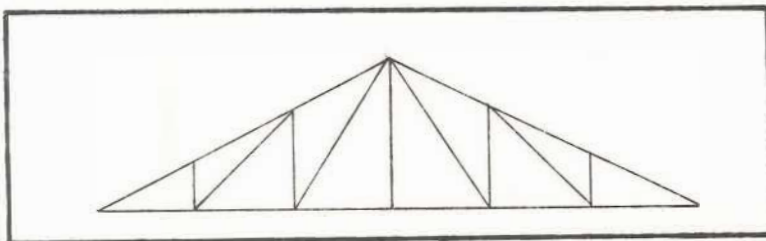
FINK.



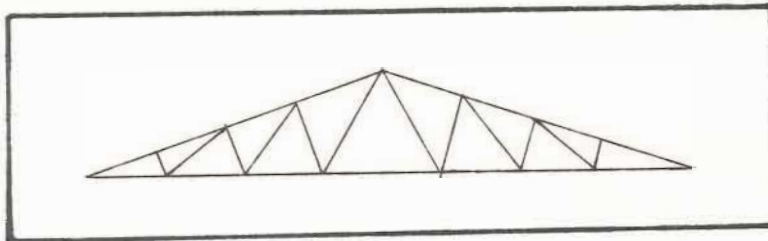
HOWE.



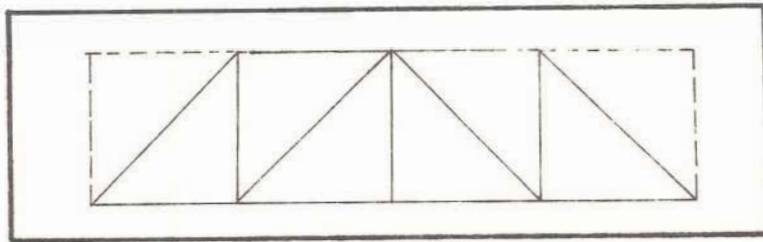
ABANICO.



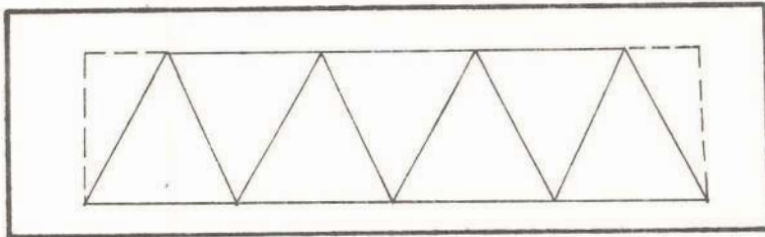
PRATT.



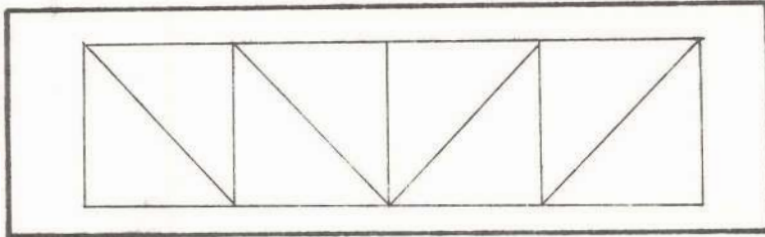
BELGA.



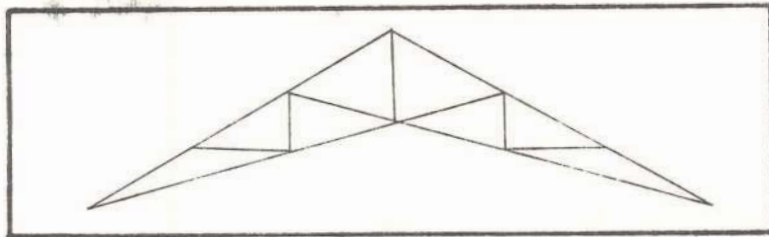
HOWE.



WARREN.



PRATT.



TIJERA.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

SEMINARIO

"APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA MADERA, CERCHAS, VIGAS LAMINADAS Y CONECTORES"

Bogotá - 13 de Abril 1988

"UNIONES (FINGER JOINT) y VIGAS LAMINADAS"

RELATOR: ING. GERMAN TAMM JENSEN

SUMARIO

Esta exposición tiene por objeto dar a conocer la tecnología de uniones por los extremos en elementos de madera, especialmente el sistema dentado (FINGER JOINT) y la fabricación y utilización de madera laminada con fines estructurales en la construcción industrial, agrícola y habitacional.

El objetivo más específico es traspasar el resultado de proyectos de investigación y de experiencia práctica, entregando conocimiento técnico y económico de Proyectos ejecutados en Chile y experiencias desarrolladas en otros países, especialmente en Europa.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

UNIONES (FINGER JOINT) Y VIGAS LAMINADAS

Introducción

La madera, hace milenios, ha sido utilizado como material fundamental de construcción. Sin embargo, en América Latina, con el transcurrir del tiempo, ha pasado en el aspecto estructural a un segundo plano, siendo desplazada por materiales tales como el hormigón, el acero y otros.

Las causas principales se pueden referir a:

- Un menor desarrollo tecnológico en el campo de la madera, con respecto al acero y hormigón.
- Falta de conocimiento de los profesionales del ramo sobre las características de la madera y su aplicación correcta.
- A pesar de presentar ventajas de costo y rapidez de montaje, las razones del uso restringido de la madera, son de incertidumbre con respecto a su comportamiento al ataque de degradación climática y biológica (insectos, hongos, etc.) a la acción del fuego y las variables características técnicas como material ingenieril.
- Las limitaciones que significan los largos y secciones comerciales, con los cuales se obtienen luces pequeñas.

Toda esta problemática de oportunidades de la madera como aporte a satisfacer necesidades vitales y ayudar al progreso de los países, han contribuido que la silvicultura y las industrias forestales han sido elementos descuidados en los planes y programas de desarrollo de muchos países latinoamericanos. En muchos países es poco lo que se ha hecho para integrar el sector forestal dentro de un marco de desarrollo nacional. Como resultado, el sector forestal ha contribuido muy por debajo de su potencial y en algunos países se ha venido desarrollando serios problemas silvícolas, por la cosecha indiscriminada de algunas especies valiosas y por el agotamiento excesivo por extracción de material para uso energético.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

En algunos países se ha racionalizado el uso de la biomasa forestal, incrementando las plantaciones, con mejoramiento genético, manejos silvícolas y cosechas con técnicas modernas, instalación de nuevas industrias, introduciendo nuevas tecnologías de conversión, tratamientos y aplicaciones, incluso del uso energético avanzado contribuyendo de esta forma que la silvicultura y las industrias forestales contribuyan directamente a alcanzar las metas nacionales.

Es un desafío tecnológico constante y apresurado, sobretodo al cambiar la forma y tipo de abastecimiento del recurso forestal.

El abastecimiento futuro de las industrias que ocupan materia prima forestal, será en los próximos años preferentemente de rollizos provenientes de árboles degradados, de especies secundarias, o de pequeño diámetro proveniente de plantaciones. Esta tendencia es de orden mundial agudizado por:

- Agotamiento apresurado de los bosques nativos accesibles como fuente de materia prima para las industrias de la madera.
Gran parte de las plantaciones primarias con diámetros mayores se han explotado con fines de convertirlas en madera aserrada o ser exportados en forma de rollizos.
- Consideraciones económicas del sector forestal, de no mantener árboles de mucha edad.
- Necesidad de manejo de plantaciones, con prácticas de raleo intensos periódicos con producción de madera rolliza de menor diámetro.
- Posibilidad de movilización de gran volumen de materia prima forestal de menor diámetro, gracias a la aplicación de nuevos sistemas de cosecha, transporte, manejo y almacenamiento, evitando la degradación mecánica y biológica. A la vez, nuevos sistemas de aserrado con cortes eficientes permiten obtener maderas de óptimas características.
- El incremento de la producción maderera para satisfacer una demanda creciente de la población mundial, ha dinamizado el comercio internacional con un requerimiento mayor de materia prima forestal.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

Este cambio de abastecimiento de la industria maderera por desaparecimiento de bosques de árboles de diámetros mayores y la utilización de rollizos del manejo de las plantaciones de rápido crecimiento con trozos de menor diámetro y un mayor porcentaje de madera juvenil, se pueden esperar maderas con más defectos o irregularidades naturales de crecimiento, con longitudes y secciones no comerciables.

Este ambiente de incertidumbre de aplicación estructural de la madera, puede ser solventado con la introducción de tecnologías de tratamiento de secado y de preservación, y los métodos mejorados de construcción.

La situación de riesgo de fuego ha sido afrontado introduciendo diferentes metodologías:

- Optimizando los sistemas constructivos
- Tratando los materiales lignocelulósicos con retardantes
- Usando dimensiones y escuadras mayores en los elementos estructurales.

Una solución técnica a estos problemas es el de bonificar la madera por medio de sistemas de encolado, aumento de longitud, eliminación de defectos y recuperación de madera desclasificada con una reconstitución por medio de uniones encoladas por los extremos, con sistema dentado o FINGER JOINT.

El aumento de las secciones, y conformación especial en longitudes mayores, con una mayor confianza ingenieril por minimización de la variabilidad natural de la madera se logra a través del sistema de laminación de la madera para constituir elementos estructurales eficientes que cumplan con los requerimientos de diseño arquitectónicos de concepción creativa avanzada.

Esto adquiere una connotación latinoamericana especial, aplicaciones científicas, intercambio y adaptación tecnológica, producto de investigaciones planificadas en áreas regionales, inversiones adecuadas en infraestructura humana, industrial, hacen posible la utilización racional de los bosques regionales de América Latina tanto de uso energético como de conversión mecánica-química, proporcionando una amplia gama de productos industriales indispensables para la vivienda, la cultura y el bienestar social.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

En resumen, existe tanto una presión como también una oportunidad, gracias a la utilización de métodos tecnológicos avanzados para utilizar los recursos forestales más efectivamente que en el pasado, ofreciendo fuentes de trabajo, satisfacer necesidades urgentes de aplicación estructural y la generación de divisas.

Las técnicas que se detallan de encolado de madera por dentado y laminación tienen sentido en términos económicos, culturales, ecológicos y de bienestar social

1.0 UNIONES DENTADAS O FINGER JOINT

1.1. Generalidades

En la industria maderera mundial se han producido pérdidas considerables de materia prima, tanto en aserraderos, planta de elaboración y en las obras de construcción, por desclasificación del producto y falta de longitudes adecuadas. Las razones eran definidas, la materia prima, madera era considerada de poco valor y la tecnología deficiente.

Actualmente las condiciones en la industria moderna han cambiado. El abastecimiento se ha tornado difícil con aumento de gastos operacionales y precio de la materia prima y el mercado se ha tomado exigente en el aspecto cualitativo y en comercialización de grandes volúmenes de productos de características técnicas uniformes.

Como una respuesta tecnológica al uso más integral de la madera, con recuperación de maderas de baja calidad ha surgido la técnica novedosa, de empalmes encolados por extremos, en especial dentados, con denominación foránea de FINGER JOINT.

El diseño y desarrollo de este método de empalme se le atribuye al profesor KARL EGNER, quién lo había usado en el año 1939-1945, en la reconstrucción de puentes durante la guerra. Pruebas realizadas 10 años después, sobre estas piezas empalmadas dieron excelentes resultados, con expectante futuro.

CORPORACION CHILINA DE LA MADERA

Diversas normas de varios países definen los perfiles de dentado y las condiciones de aplicación de esta técnica otorgando confiabilidad a madera revalorizada en lo estructural y lo económico con largos indefinidos difíciles de obtener en procesos normales de producción.

1.1.1. Definición: el empalme por extremos en madera es la técnica mediante la cual se unen dos piezas de madera, una a continuación de otra para lo cual se practican inscripciones o rebajes en las testas, las cuales reciben el nombre de cuñas dientes o empalmes según su forma.

1.1.2. Condiciones generales que deben cumplir las uniones

- Deben tener una resistencia adecuada y uniforme según su uso final.
- La cantidad de material residual en la fabricación debe ser el mínimo posible.
- Debentener buena apariencia
- Costo de producción razonablemente bajo
- Durabilidad indefinida
- Resistencia final similar a la madera de la misma especie, libre de defectos.

1.2. Unión madera-adhesivo encolado

Se pueden obtener ligamentos adhesivos fuertes y permanentes si existen un número favorable de factores:

- El adhesivo puede ser aplicado líquido con grado de viscosidad según el método de aplicación
- La línea de encolado se vuelve más dura y resistente a medida que avanza el fraguado, a menos que se realice el curado calefaccionado.
- El adhesivo debe absorber y transmitir los esfuerzos en la línea de encolado en las condiciones de servicio.
- Los adhesivos deben tener capacidad de rellenar las juntas, sin producir expansiones o encogimientos.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

- Deben ser resistentes a la corrosión y a los aumentos de volumen causados por líquidos o gases del medio ambiente, deben proteger las superficies.
- Deben ser durables y no atacables por los medios de degradación biológica (insectos, hongos y otros)
- Es necesario que en el momento que el adhesivo sea aplicado, la superficie de la madera sea cepillada o elaborada recientemente, no más de 48 horas de antelación, esté limpia de polvo, o de cualquier otro material contaminante, tales como aceites, sales, etc. La temperatura de la madera y el contenido de humedad deben corresponder a la especificaciones.
- En la unión encolada debe permitirse el escape de medios entrampados en los intersticios de las superficies, tales como aire, solventes, gases u otros materiales volátiles.
- La unión encolada debe soportar la magnitud y todos los tipos de carga a los que estará afectada en servicio.

1.3. Diferentes tipos de uniones por extremo

La elección de la forma de la unión queda preestablecida por la resistencia requerida, el uso que se le va a destinar, la factibilidad de ejecución en procesos mecanizados y la resistencia de fibras unidas.

1.3.1. Uniones de tope (BUTTJOINT)

Es la forma más simple, con los extremos cortados en forma transversal a escuadra, produciendo poco desperdicio. En la práctica, sólo es factible lograr resistencias no mayores a 10% en tensión, referidos a maderas libres de defectos. Consecuentemente con la dificultad de alinear una pieza con la otra y su baja resistencia no tiene aplicación estructural.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

1.3.2. Unión biselada, de empalme inclinado, de solapa (SCARFJOINT)

Proporciona la unión más limpia, resistente y efectiva. Es recomendable en vigas laminadas, especialmente curvas y para usos estructurales en general. Alcanza esta unión un 95% de la resistencia en tensión de la madera libre de defectos.

La resistencia final varía con la inclinación del biselado especificado en diversas normas de diferentes países.

Presenta dificultades prácticas de preparación de las superficies planas y lisas y la aplicación de la presión.

Al requerir una gran área de contacto para una junta efectiva, implica un alto consumo de madera, limitando la utilización y recuperación de trozos cortos.

1.3.3. Unión de peineta (COMB JOINT)

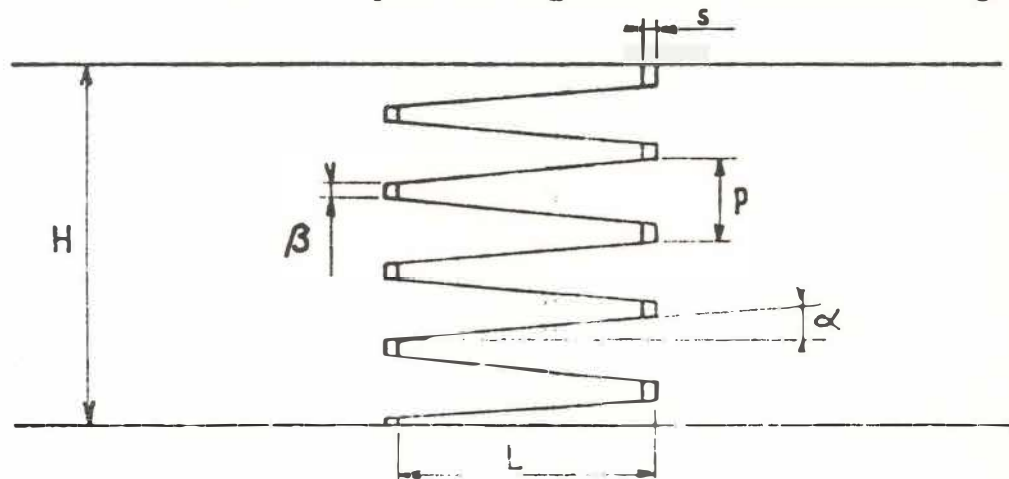
Es una unión combinada de tope y de fibra lateral o de falta. En la práctica alcanzar una resistencia no mayor al 50% de la madera no unida. Es difícil de producir y ensamblar en un sistema de flujo lineal, debido a problemas de encaje del ensamblado.

1.3.4. Unión dentada (FINGER JOINT)

Básicamente es una unión de peineta y biselada combinada. Se aprovechan las propiedades de unión corta de peineta, con la aproximación al encolado de fibra lateral en la unión biselada, se logra una unión resistente, fácil de ensamblar.

1.3.- Definición del endentado

Definida por las siguientes características geométricas:



L = Largo del diente

P = Paso

β = Espesor del extremo del diente

α = Pendiente

s = Tolerancia del diente.

d = Ancho total del endentado.

El endentado, en forma longitudinal, puede tener dos orientaciones en la pieza de madera.

- 1.- A través del espesor de la pieza y se denomina "Unión Americana"
- 2.- A través de la cara más ancha y se denomina "Unión Europea".

La orientación de la Unión depende más que nada del uso final, que se le va a dar a la pieza de madera endentada.

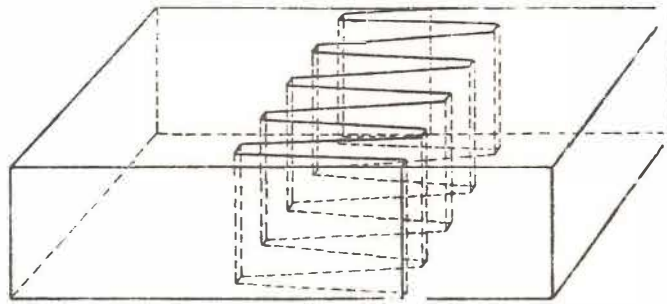


Fig. 2 Unión endentada tipo Europea.

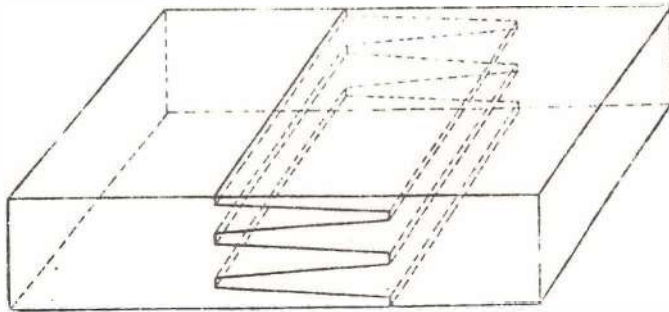


Fig. 3 Unión endentada tipo Americana.

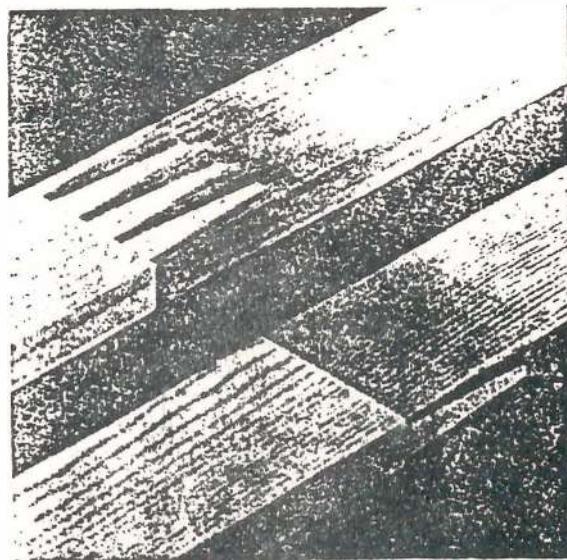


Fig. Uniones Europeas y Americanas.

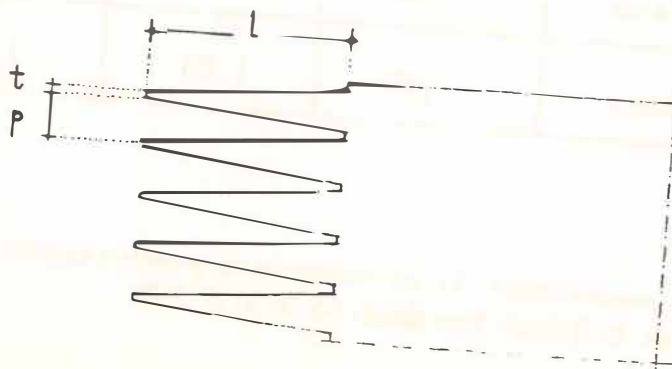
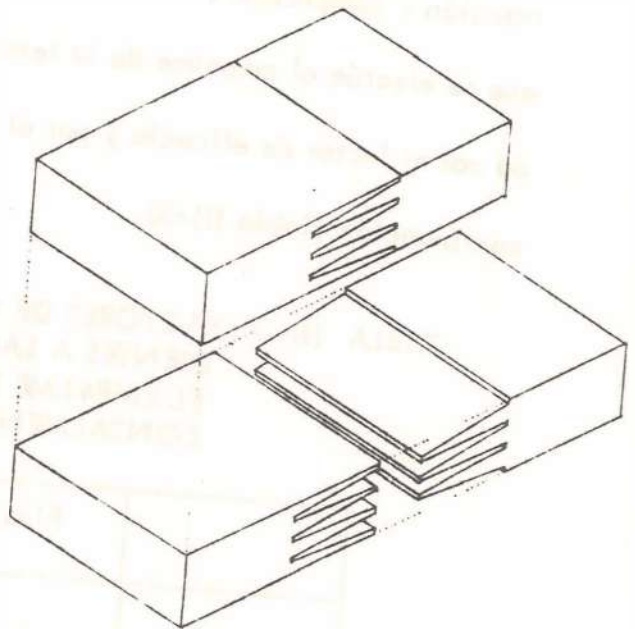
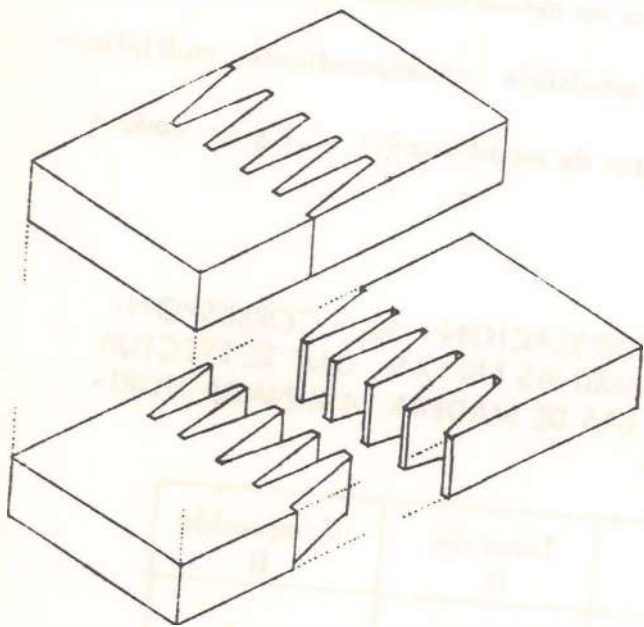
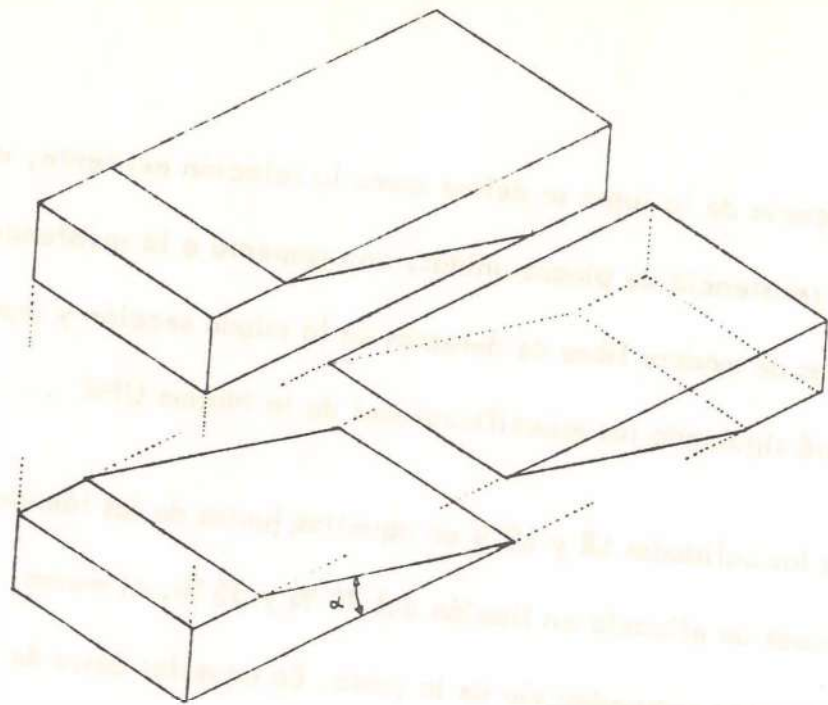
La eficacia de la junta se define como la relación existente, en porcentaje, de la resistencia de piezas unidas, con respecto a la resistencia de piezas enteras de madera libre de defectos de la misma sección y especie. Se determinará siguiendo las especificaciones de la Norma UNE (x)

Para las calidades LB y LC y en aquellas juntas de las láminas que tengan unos factores de eficacia en flexión del 70 % y 55 %, al menos respectivamente, no se necesita comprobación de la junta. En aquellos casos de calidades LB y LC en los que no se cumpla lo anterior y para maderas de calidad LA, de las especies coníferas, se comprobará la siguiente condición: las tensiones de flexión, tracción y compresión paralela a las fibras no deben exceder en la lámina en la que se efectúa el empalme de la tensión admisible correspondiente, multiplicada por el factor de eficacia y por el factor de modificación - K_j - dado a continuación (Tabla III-3).

TABLA III-3 : FACTORES DE MODIFICACION - K_j - CORRESPONDIENTES A LAS LÁMINAS EN LAS QUE SE EFECTUA EL EMPALME EN LAS DE MADERA LAMINADA HORIZONTALMENTE.

	Flexión	Tracción II	Compresión II
Coníferas	1,85	1,85	1,15
Fronosas	1,50	1,50	1,14

(x) Norma en preparación. En su ausencia se pueden seguir las recomendaciones de la British Standard: BS 5291:1.976



el Mini Endentado, se ha transformado en el sistema más utilizado en la actualidad para la fabricación de maderas empalmadas.

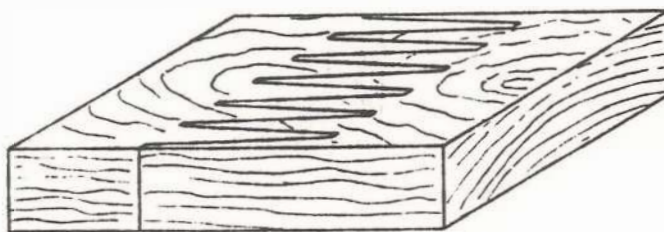


Fig. 5 Unión Endentada Convencional.

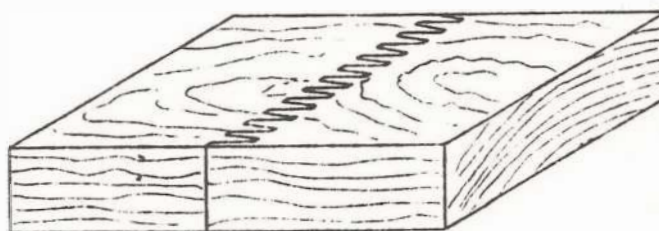


Fig. 6 Mini Unión Endentada.

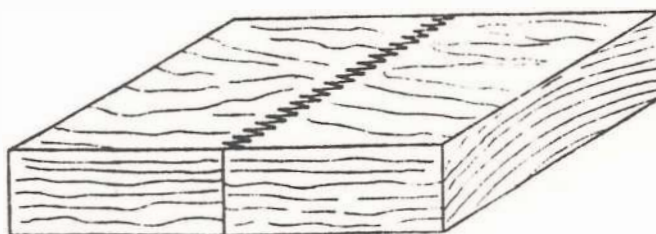


Fig. 7 Unión Endentada Impresa o Estampada.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

La resistencia de unión, llega a ser alta hasta un 92% de las piezas sin unión. Es apropiada para usos de carpintería, (puertas, ventanas), elementos elaborados (listones de recubrimiento) mueblería y para usos estructurales (laminados y unión de elementos estructurales).

Es el tipo de unión que reúne el mayor número de condiciones técnicas óptimas, ya que es resistente, económica, utilizable para transferir carga y además es estéticamente aceptable.

1.5. Ventajas de la Unión dentada (FINGER JOINT)

Permite producir piezas de largos indefinidos a partir de piezas cortas o maderas defectuosas no aceptadas estructuralmente, aprovechando sólo las zonas libres de defectos en empalmes posteriores.

1.6. Definición del endentado

El endentado, en forma longitudinal, puede tener dos orientaciones en la pieza de madera.

1. A través del espesor de la pieza y se denomina "Unión Americana"
2. A través de la cara más ancha y se denomina "Unión Europea"

La orientación de la Unión depende más que nada del uso final, que se le va a dar a la pieza de madera endentada.

1.7. Evolución del endentado

Inicialmente se consideraba que a mayor largo de endentado, se obtenía mayor resistencia final de la Unión

Debido a esto, la norma DIN 68-140, acepta para usos estructurales endentados de largo entre 40 mm y 60 mm.

Como este endentado incurría en una alta pérdida de madera y alto consumo de adhesivo, además, de algunas deficiencias técnicas en su fabricación, se realizaron estudios posteriores por parte de otros científicos, con el fin de optimizar el desempeño de las uniones endentadas.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

El primer intento fue realizado en el año 1961 por el Sr. M.D. STRIKLER, quién desarrolló la técnica de la unión endentada impresa. La cual no utiliza herramientas cortantes para la fabricación del perfil.

Esta técnica poseía diversas ventajas sobre el endentado convencional, pero debido a la baja resistencia final obtenida no fue aceptada para fines estructurales.

El Instituto Técnico Superior de Estocolmo, quién también se abocó al estudio de las uniones endentadas. Desarrollo en el año 1967 un endentado fabricado con herramientas cortantes, que cumple con todos los requisitos impuestos para optimizar el endentado convencional.

Este endentado se denomina "Mini Unión Endentada". El uso de este tipo de endentado, para fines estructurales fue aceptado por la norma Alemana DIN en el año 1971.

Debido a las excelentes cualidades que reúnen el Mini-Endentado, se ha transformado en el sistema más utilizado en la actualidad para la fabricación de maderas empalmadas.

1.8. Ventajas aportadas por la técnica de Uniones Endentadas

1. Permite obtener piezas de maderas de grandes longitudes
2. Permite obtener longitudes fijas, que correspondan a longitudes precisas de utilización.
3. Permite recuperar residuos de pequeñas dimensiones
4. Permite mejorar la calidad de ciertas maderas por medio de la eliminación de defectos.
5. Permite obtener un aprovechamiento más integral de la materia prima tanto en la transformación primaria como secundaria.
6. Disminuye la tendencia a la deformación de las maderas

2.1. Generalidades

La fabricación de endentados sin desprendimientos de viruta, se conoce como "Endentado Estampado"

EL desarrollo de este método se le atribuye al Sr. M.D. STRIKLER, quién comenzó las investigaciones en el año 1958 en Inglaterra, para obtener los primeros resultados satisfactorios en el año 1962.

Actualmente se conocen dos formas de fabricación del Estampado.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

- Estampado Caliente
- Estampado en Frío

La fabricación en ambas casas, se realizó por medio de presionar las piezas a estampar, en contra de una matriz con al forma de endentado.

En el caso del estampado en caliente la matriz, es calentada a 260° C.

En el caso del estampado en frío, se precalienta la madera a estampar.

2.2. Procedimiento de Fabricación

A continuación se expone el procedimiento de fabricación de estampado en frío, por medio de una Máquina WADKIN, la cual hizo su aparición en el mercado en el año 1969.

La máquina está compuesta por una unidad elaboradora, que por medio de su desplazamiento vertical descendente, permite realizar las tres etapas del proceso.

- Perfilado - Estampado
- Aplicación del adhesivo
- Prensado

Las piezas de madera se ubican una en la mesa de alimentación y la segunda en la de salida, son aprisionadas firmemente a ellas por medio de elementos de sujeción.

Por medio del movimiento vertical descendente de la unidad elaboradora, se ubica la matriz de metal duro entre ambas piezas a estampar.

Las piezas se presionan en contra de la matriz por medio de un primer movimiento de ambas mesas con una presión que varía entre 175 kg/cm² y 300 kg/cm².

Por medio de un segundomovimiento de la unidad elaboradora, se deja, al frente de las piezas ya estampadas la platina perfilada, que deposita el adhesivo sobre los endentados. Luego con un tercer movimiento de la unidd elaboradora, se dejan ambas piezas enfrentadas, para realizar el prensado, por medio del segundo movimiento de ambas mesas, lográndose presiones del orden de 125 kg/cm² y 175 kg/cm².

Tanto las presiones del estampado como de prensado, dependen de:

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

- Escuadría de la madera
- Tipo de adhesivo utilizado
- Especie de madera
- Tipo de estampado (frío o caliente)
- Contenido de humedad de la madera

En el caso de estampado en caliente el curado del adhesivo, es bastante rápido debido al calor almacenado por la madera al ponerse en contacto con la matriz.

El estampado en frío generalmente requiere de algún tipo de mecanismo para acelerar el curado o de lo contrario requiere de un almacenamiento posterior de unas 8 horas; para lograr el curado total del adhesivo.

2.3. Ventajas del proceso

1. El desgaste reducido de la herramienta estampadora implica un bajo costo de mantención.
2. No se requiere sacar la matriz para afilarla, se afila sobre puesta con una piedra esmeril.
3. Limpieza superficial es mínima, debido a no ser un proceso con desprendimiento de viruta
4. Endentado muy pequeño. (3mm a 10 mm).
5. Se pueden endentar tantomadera verde como seca. En el caso de estampado en calientes.

2.4. Desventajas del proceso

1. Densidad máxima de la madera a estampar de 550 kg/cm³
2. Se pueden endentar escuadrías hasta 2 x 4
3. Máquina de alto costo y poca producción
4. Se limita, el producto estampado a usos no estructurales, debido a su baja resistencia final, especialmente en el caso de estampado en caliente

3.1. Generalidades

Para la elaboración de este tipo de empalme ^{destinado para} existen diferentes tipos de máquinas, las cuales utilizan herramientas cortantes para la fabricación del endentado.

Hay equipos sin mecanización alguna, destinados a la pequeña industria.

Como también hay instalaciones con un alto grado de automatización, para grandes volúmenes de producción.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

3.3. Operaciones de Fabricación

3.3.31. Trozado: Esta operación es indispensable para obtener empalmes de buena calidad. Generalmente se realiza la eliminación de defecto o aprovechamiento máximo de las piezas a endentar y también el despunte preliminar al perfilado, aunque esta última operación también se puede realizar en forma separada más antecedentes sobre la geometría de la madera y defectos a eliminar se encuentran en Anexo 1. Dependiendo de tipo de instalación, se pueden encontrar dos tipos de máquinas:

- Máquinas manuales
- Máquinas Automáticas

Máquinas Manuales:

Esta puede ser una despuntadora de axionamiento manual, donde el operador también cumple la función de ubicar los defectos o cortes, aunque también puede contar con un ayudante, el cual detecta y marca los defectos.

Máquinas automáticas:

Funcionan en base a una sola persona la cual debe detectar los defectos y marcar con tiza magnética la sección a eliminar. Un sensor fluorescente detecta las marcas y acciona la sierra circular, para ejecutar los cortes necesarios.

De esta forma el operador tiene tiempo suficiente para detectar los defectos.

Esta máquina puede en forma optativa disponer de sistema de alimentación y salida de madera en forma automática.

La sección del trozado también puede estar dotada de otros dispositivos especiales, como es el caso de controladores de humedad.

Este dispositivo se utiliza generalmente cuando a la instalación se le ha asociado un sistema de acelerar el curado del adhesivo, por medio de alta frecuencia.

3.3.2. Perfilado

Se distinguen cuatro tipos de máqui-

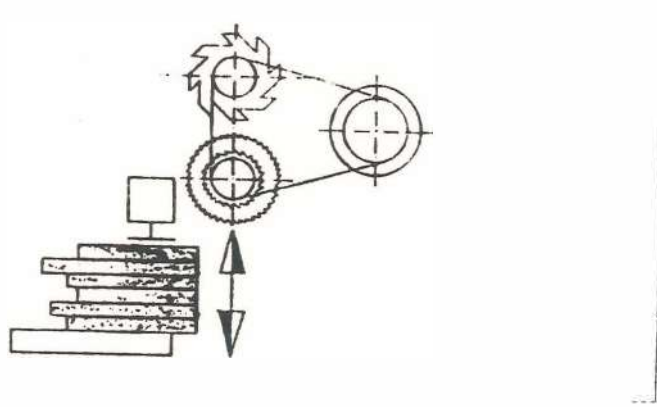


Fig. 10 Esquema de funcionamiento Máquina perfiladora de Alimentación por paquetes.

b) Máquina alimentada con paquetes de madera.

Se puede alimentar con piezas que fluctúan entre 20 y 100 cm. de largo.

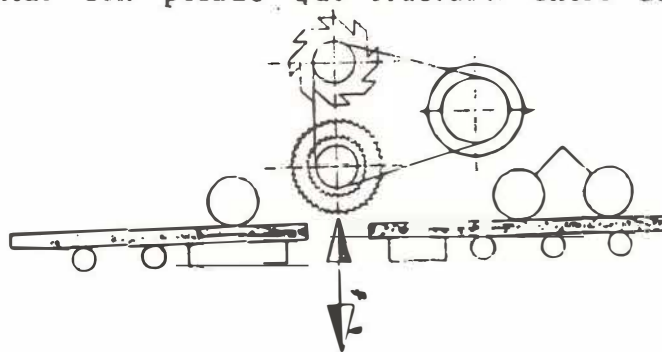
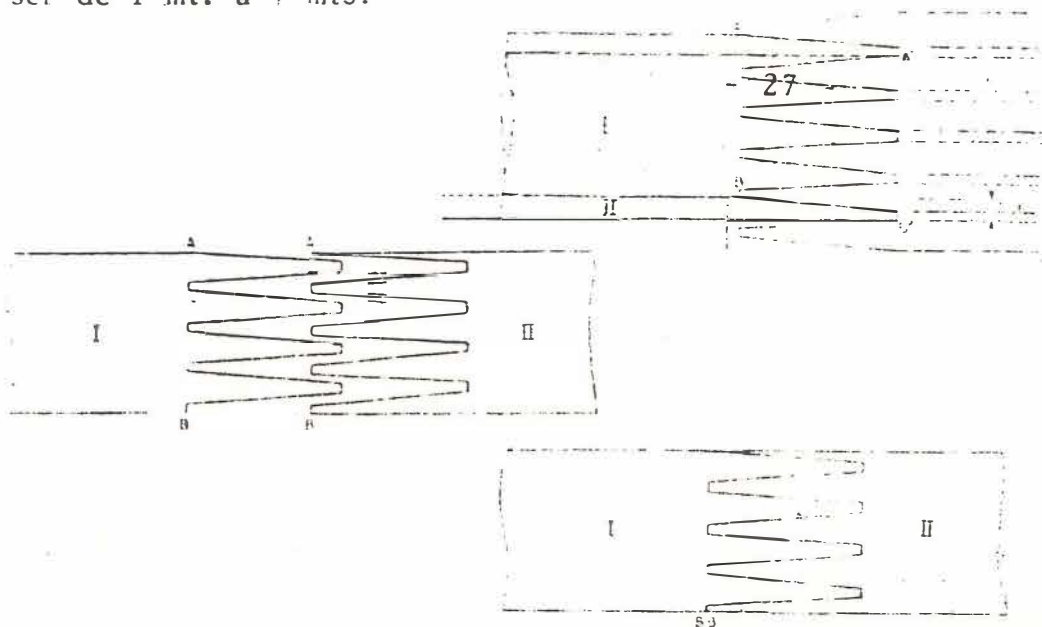


Fig. 9 Esquema de funcionamiento máquina Perfiladora de Alimentación individual.

a) Máquina de alimentación con piezas independiente.

Se utiliza cuando se requiere endentar piezas cuyos largos pueden ser de 1 mt. a 7 mts.



CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

nas perfiladoras según las características del eje que soporta las herramientas de corte.

- Máquina perfiladora tipo

- 3.3.2.1. Eje vertical y fijo
- 3.3.2.2. Eje vertical y móvil
- 3.3.2.3. Eje horizontal y fijo
- 3.3.2.4. Eje horizontal y móvil

3.3.2.1. Eje vertical y Fijo:

La etapa de trabajo se realiza por medio del movimiento de vaivén de la mesa de alimentación.

Se distinguen dos tipos de máquinas:

- a. Está compuesta por dos ejes verticales, el primero soporta un juego de sierras que permiten realizar el pre-corte del perfil y el segundo equipado con un juego de fresas para realizar el perfilado final de la pieza.

Los adhesivos deben seleccionarse en función de las condiciones de utilización final del producto.

La aplicación de adhesivo se puede realizar de diferentes formas, las más comunes son:

3.3.4.1. Placa perfilada

Consiste en una placa perfilada que recibe el adhesivo desde un recipiente por medio de una bomba neumática.

La aplicación o transferencia hacia la madera se realiza por medio de presionar la madera, en contra de la placa la cual a su vez posee un movimiento oscilante.

3.3.4.2. Rodillo perfilado

Los rodillos perfilados en general son las más utilizadas. El que se muestra en este caso consiste en dos rodillos perfilados en que como gira dentro del recipiente de adhesivo y le traspasa el rodillo en cantidad determinada.

La cantidad requerida se regula por medio de la separación de los rodillos.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

En este caso, la aplicación es manual y se realiza por medio de presionar las piezas en contra de él.

La aplicación de adhesivo puede ser realizada como una etapa independiente con respecto al perfilado, o puede estar incorporada a la unidad de elaboración.

En cualquiera de los casos anteriores es necesario tomar las siguientes precauciones:

a) Recipiente de adhesivo debe estar protegido de cualquier posible partícula extraña, polvo o suciedad en general.

b) Los perfiles o endentos, deben estar limpios de aserrín, viruta o partículas extrañas.

Estas precauciones van en beneficio de la resistencia de la línea de encolado.

3.3.5. Prensado

El prensado de las piezas, se obtiene por medio de el movimiento de una pieza en contra de otra, que permanece bloqueada mediante una presión vertical.

El avance de las piezas se realiza por la simple adherencia de un patín sobre el cual se ejerce una fuerza vertical, combinada con un movimiento de traslación.

El coeficiente de adherencia del metal con la madera, es aproximadamente 0,5 esto implica que se necesita ejercer una fuerza de 10 toneladas, para obtener una fuerza de prensado de 5 toneladas.

Considerando la gran magnitud de los esfuerzos verticales que es necesario aplicar sobre la madera a prensar, se recomienda utilizar patines de una gran superficie y orientar las piezas a prensar de tal forma que su cara más ancha quede sometida a la acción de los patines de prensado.

Se recomiendan presiones de 15 kg/cm² y 20kg/cm² para maderas coníferas y de hasta 35 kg/cm² para madera latifoliadas, para evitar que las maderas sufran marcas de prensado por la presión excesiva aplicada.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

Según los principios de funcionamiento se distinguen los siguientes tipos de prensas:

- 3.3.5.1. Golpe por golpe
- 3.3.5.2. Multiuniones
- 3.3.5.1. Continua

3.3.6. Dimensionado al largo:

Esta operación se puede realizar por medio de una máquina simple que funciona en forma estática o por medio de una sierra que acompaña la madera en su movimiento de traslación y ejecuta el corte a medida que se desplaza.

4.1. Características Generales:

Las herramientas de corte utilizadas en la fabricación de los endentados deben soportar altas temperaturas, especialmente en la punta de los dientes. Debido a esto, deben de ser construídas con aleaciones de aceros especiales. Es recomendable trabajar con herramientas que tengan al menos cuatro dientes, especialmente si ellos son de corte recto.

Debido a que el consumo de potencia es directamente proporcional al largo del endentado utilizado, actualmente es común que se utilicen los siguientes largos:
7,5 mm-10mm-20mm.

4.2. Descripción de las herramientas:

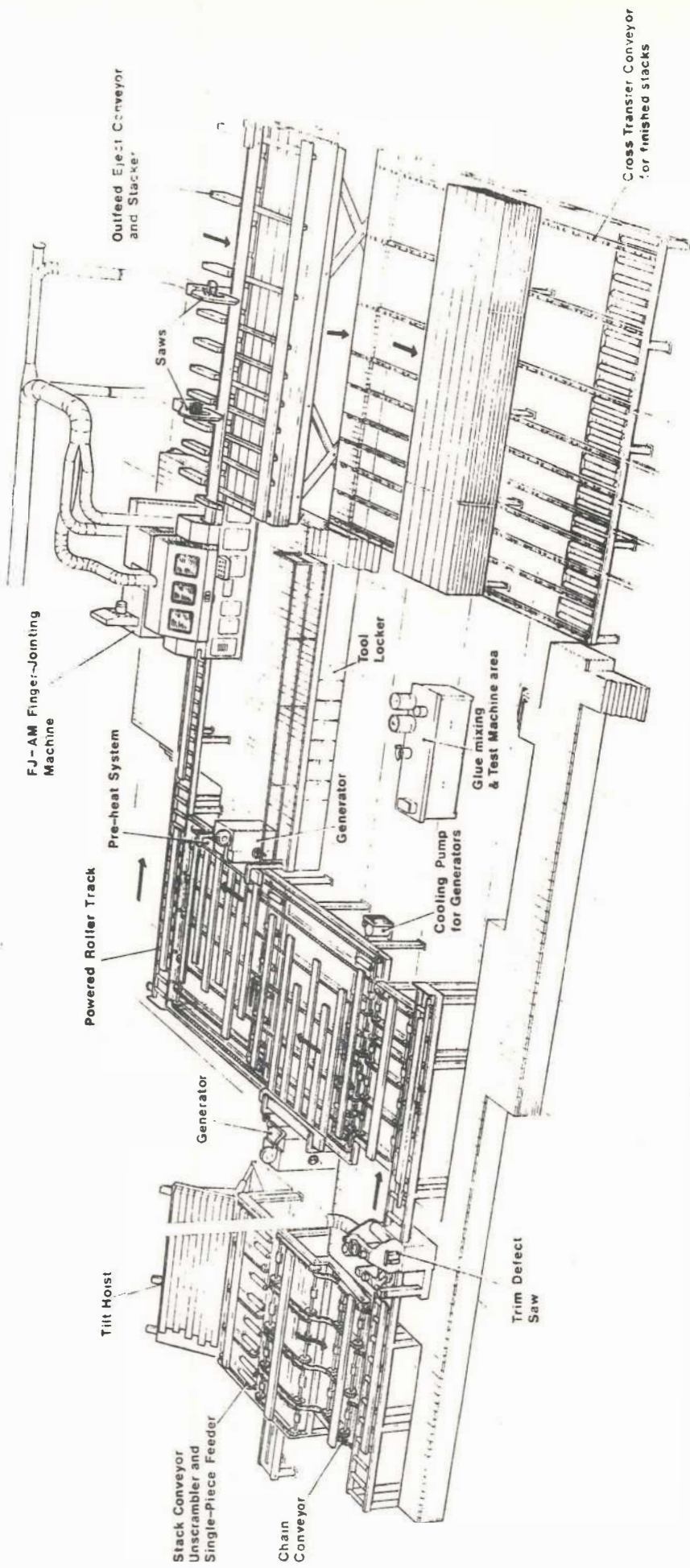
Se distinguen tres tipos:

- 4.2.1. Juego de fresas clásico
- 4.2.2. Fresas monoblock
- 4.2.3. Cuchillos sobre eje porta herramienta

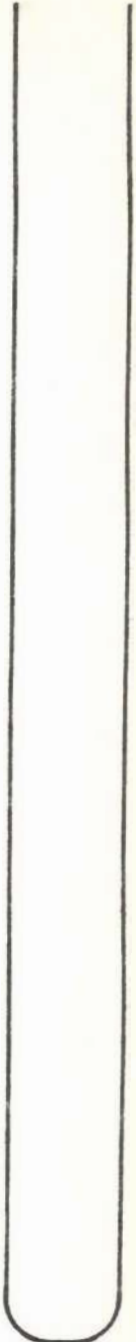
5.1. Plantas compactas de producciones:

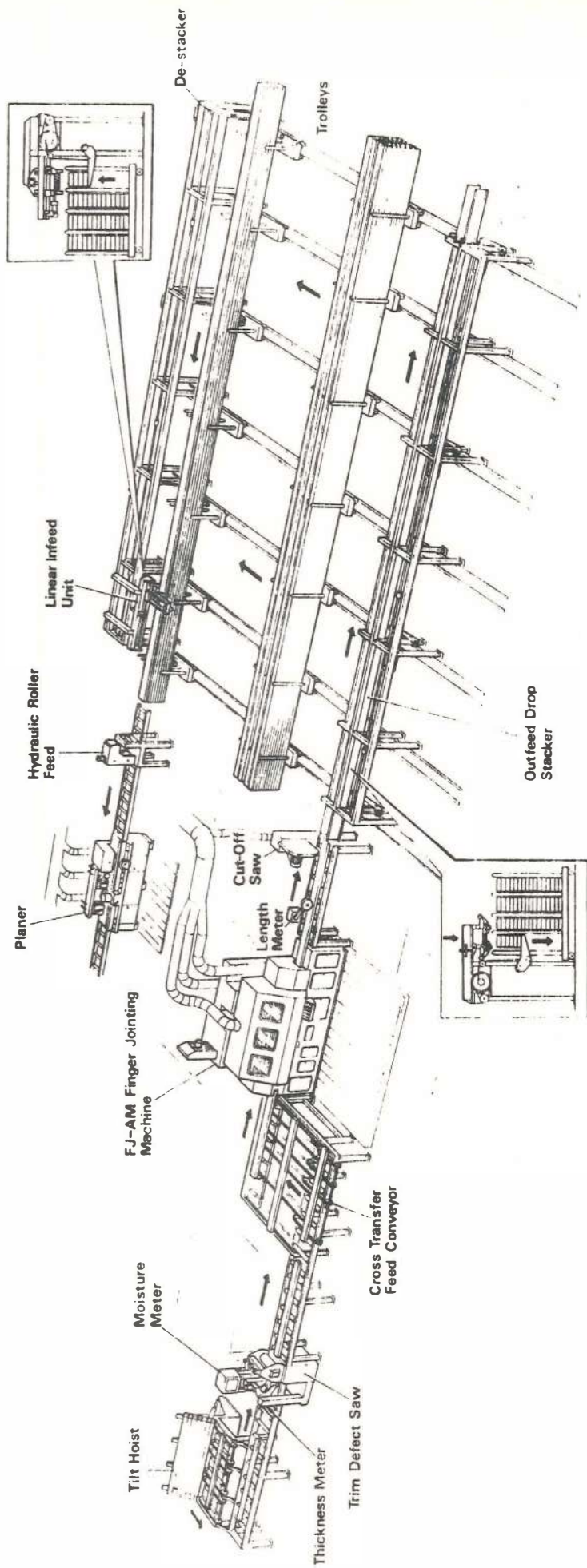
En este caso todas las operaciones se realizan en una sola máquina. Es decir la fabricación del perfil e incluso el prensado.

EL hecho de no ser necesaria mover las piezas después del perfilado y encolado para realizar el prensado es muy ventajoso porque se logra una excelente precisión

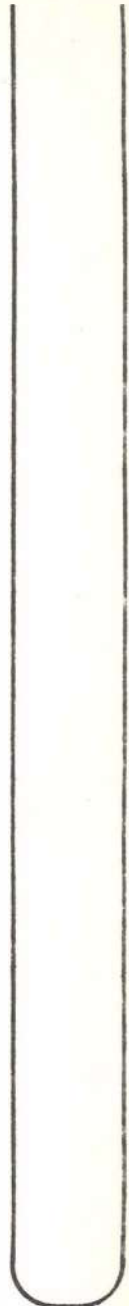


SAWMILL PRODUCTION UNIT - Incorporating:
 AUTO-DETECTING
 PRE-HEATING &
 AUTO-STACKING





PRE-LAM PROCESSING PLANT



CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

de prensado.

Estas plantas se utilizan para endentar piezas de grandes escuadrías y para producir piezas de longitudes 10 a 15 m.

En este tipo de instalaciones el trozado preliminar es muy importante porque al tratarse de maderas de grandes secciones hay que velar por la regularidad geométrica de la pieza ya que los dispositivos de presión de las mesas alimentación y salida de la unidad elaboradora no pueden enderezar malas formaciones.

La dimensión total de estas instalaciones son muy grandes por lo que es necesario darle mucha importancia al sistema de transporte interno del material ya que juega un papel importante en cuanto al rendimiento total de la instalación.

Debido a que generalmente se producen maderas largas 10 a 12 m es necesario disponer de dispositivos de manipulación mecánica y que sean lo suficientemente suaves en sus movimientos para no crear desempalmes.

5.2. Instalaciones convencionales de producción

Estas instalaciones son actualmente las más utilizadas para producir maderas endentadas.

Esto es debido a que los fabricantes de este tipo de instalaciones entregan una variada gama que permiten abordar las diferentes posibilidades de uso que esta técnica posee.

Existen instalaciones con un mínimo grado de automatización destinadas a la pequeña industria, como también existen instalaciones totalmente automatizadas que pueden ser utilizadas para obtener grandes producciones.

6.1. Rentabilidad del proceso de unión dentada

Al igual que cualquier otro proceso manufacturado, la técnica de empalmes encolados por extremo, también debe ser analizado desde el punto de vista económico, para conocer sus posibilidades de aplicación.

El utilizar esta técnica puede tener objetivos diferentes:

1- Puede ser utilizada para producir piezas de madera, cuyo

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

- largo ya no se encuentra en el mercado de la madera aserrada.
- 2- Practicar un mejoramiento de calidad de ciertas maderas por medio de la eliminación de defectos.
 - 3- Producir piezas de largos exactos de utilización.
 - 4- Producir piezas de largos comerciales utilizando como materia prima piezas cortas o de desecho producto por ejemplo del aserrado o elaboración.

En el primer caso es interesante conocer el costo de la unión, aunque no hay elección en cuanto a empalmar o no, ya que, el empalme está sujeto a unimperativo técnico.

Es diferente en los otros tres casos, donde el empalme debe aportar una cierta plusvalía de tal forma que la comparación de esta plusvalía con el precio de costo de la madera empalmada será la que permitirá juzgar la rentabilidad de la operación.

El estudio que se entrega a continuación se aboca al caso 4º en que la plusvalía corresponde a la diferencia de precio que existe entre la calidad inicial de la madera con que se alimenta la instalación y el correspondiente precio del producto obtenida.

De tal forma, que para que la operación sea rentable se debe cumplir que:

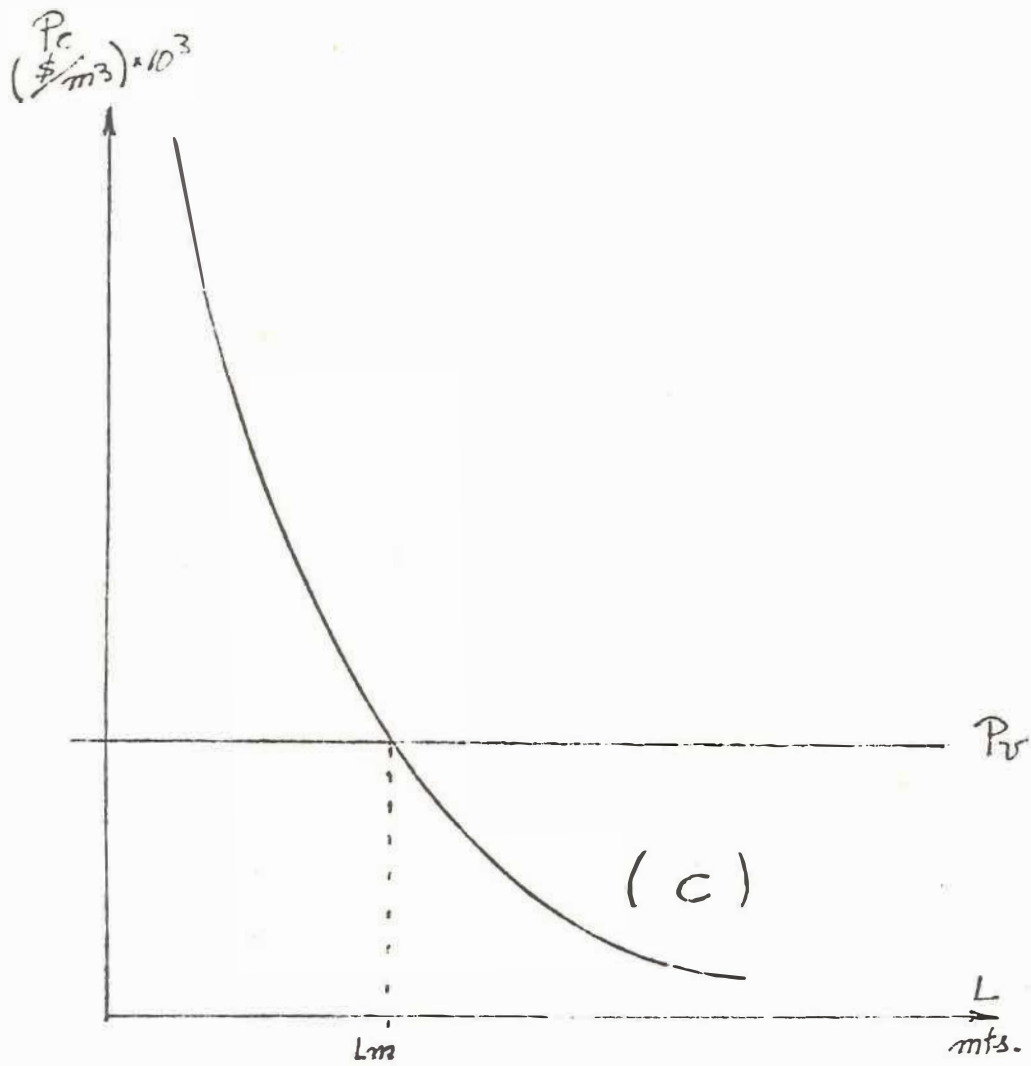
$$P_c \leq P_v \quad \text{donde: } P_c = \text{Precio de costo de la madera empalmada}$$
$$P_v = \text{Plusvalía aportada por el empalme}$$

Para una instalación determinada el precio de costo de la madera empalmada expresado en m3 está dado por la siguiente expresión:

$$P_c = \frac{k}{v} \quad \text{donde: } K = \text{costo de la unión expresada en \$}$$
$$v = \text{volumen de la madera a ensamblar expresada en m3.}$$

Para conocer el valor de K, es necesario realizar un estudio de costos de fabricación.

Determinando la plusvalía y el precio de costo del empalme, se puede construir el gráfico que se muestra a continuación.



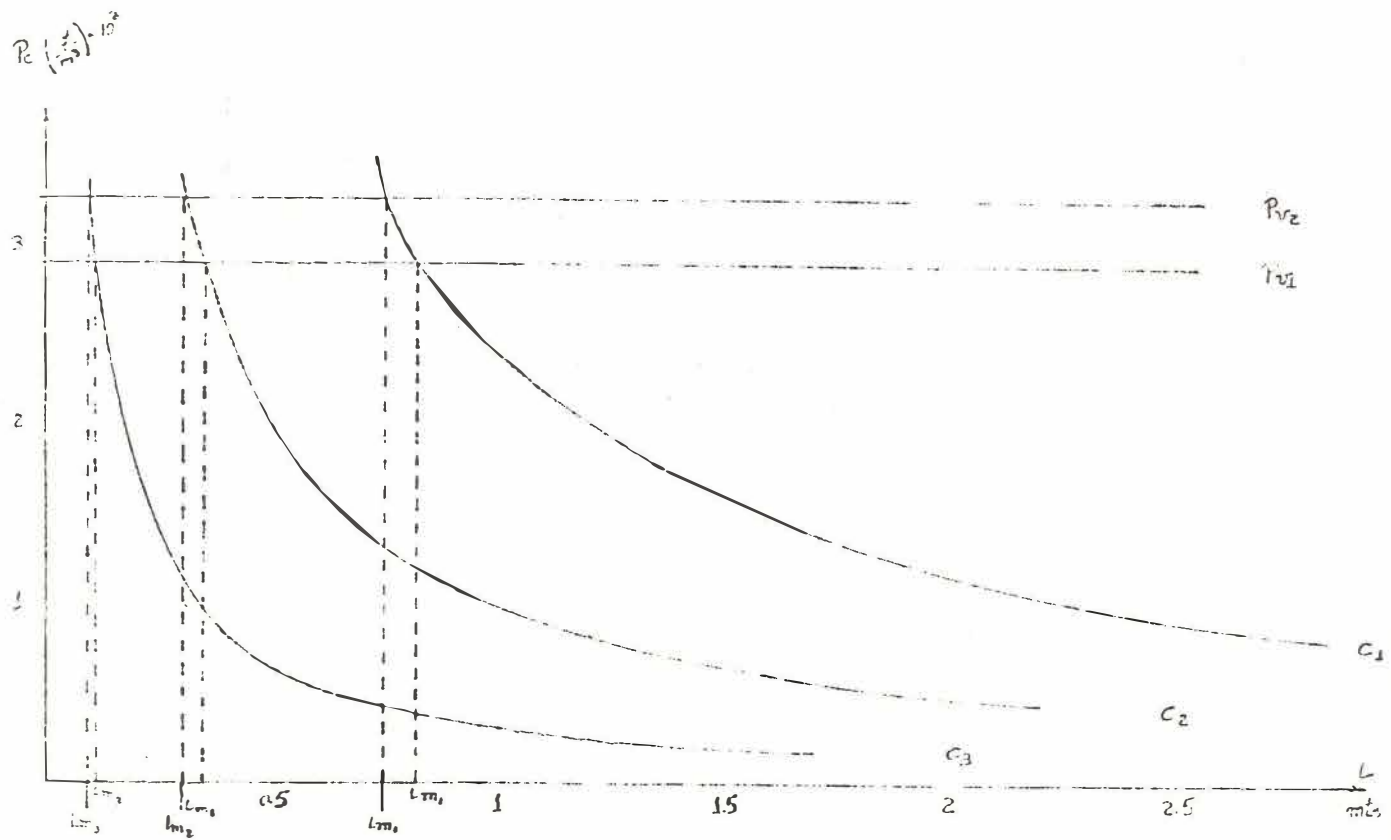
P_c : Precio de costo de la madera empalmada.

P_v : Plusvalia

l_m : Largo mínimo a endentar

c : Curva representativa de una escuadría determinado.

Análisis de Gráfico.



Rentabilidad de limite de la operación de
Empalme

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

En el cual se representa la plusvalía por medio de una recta y se define la curva C que depende del costo del empalme, el largo de las piezas a empalmar y también la escuadría de estas piezas.

De tal forma que la intersección entre la recta Pv y la curva C nos entrega el largo mínimo de la madera a endentar para una escuadría determinada bajo el cual la operación deja de ser rentable.

6.2. Rentabilidad límite de la operación de empalme

Para ilustrar el cálculo de la rentabilidad límite de la operación de empalme, consideraremos que se utiliza la instalación automática II expuesta en el capítulo líneas de producción para recuperar maderas de baja calidad producto del aserrado de pino insigne.

Con el fin de conocer el valor del costo por unión (K) de esta instalación se lleva a cabo un análisis de costos de fabricación que se muestra en el ANEXO N° 3 el entrega como resultado un valor de $K = 5.97$ \$/unión.

Suponiendo que se desea obtener madera tipo exportación de 4.00 m y 6.00 m de largo en base a la revalorización de madera de baja calidad producto del aserrado se obtienen una plusvalía (P_v) de aprox: para madera de 4.00 m.

$$P_{v1} = 2885,3 \text{ \$/m}^3$$

Para madera de 6.00 m

$$P_{v2} = 3252,3 \text{ \$/m}^3$$

Considerando el empalme de:

1. Tablas de 25 x 100 mm
Se construye la curva C1
2. Tableros de 40 x 150 mm
Se construye la curva C2
3. Vigas de 80 x 250 mm
Se construye la curva C3

Del gráfico N° 2 se desprende que las cargas mínimas de maderas a empalmar según su escuadría son las siguientes:

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

- Tablas de 25 x 100 mm.
 - 1 m = 0.8 m para Pv1
 - 1 m = 0.75 m para Pv2
- Tablones de 40 x 150 mm
 - 1 m = 0.34 m para Pv1
 - 1 m = 0.3 m para Pv2
- Vigas de 80 x 230 mm
 - 1 m = 0.13 para Pv1
 - 1 m = 0.1 para Pv2

En la medida que las escuadrías aumentan la instalación permite ser alimentada con piezas mas cortas sin que la operación deje de ser rentable.

De esta forma se demuestra como influye la escuadría y el largo de las piezas con que se alimenta la instalación en el margen de rentabilidad que ello pueda tener.

CONCLUSIONES

1. Las herramientas de corte más utilizadas son las de tipo fresas monoblock compuestas.

De preferencia se utilizan fresas que fabriquen endentados que fluctúan entre 7,5 mm y 20 mm.

2. El sistema aplicador de adhesivo más utilizado es del tipo rodillos perfilados

Pueden ser dos rodillos de tipo horizontal o bien uno de tipo vertical.

La tendencia actual es de realizar la operación de aplicación de adhesivo en conjunto y seguida a la operación de perfilado.

3. Las prensas más utilizadas son:

- Para piezas cortas: Prensa tipo multiuniones
- Para piezas largas, prensa tipo continua

4. Las plantas compactas producen empalmes de buena calidad debido a que todas las operaciones se realizan en una misma máquina. Permitiendo una excelente precisión en el

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

perfilado debido a que ambos endentados a empalmar se fabrican a un tiempo por medio del mismo paquete de fresas o herramientas cortantes.

También posee una excelente precisión de prensado ya que ésta se lleva a cabo sin mover las piezas después del perfilado y adhesivo.

La limitación de este tipo de plantas es su baja producción especialmente si se alimenta con piezas cortas y ésta es debido a que se alimenta con piezas individuales y no se pueden realizar operaciones en forma simultánea.

5. Las instalaciones convencionales, antiguamente utilizaban una máquina diferente para cumplir con cada etapa de fabricación del empalme.

Actualmente la tendencia es utilizar una máquina compuesta por una unidad elaboradora de tipo vertical y móvil para realizar el despunte, perfilado y aplicación del adhesivo y otra máquina para el ensamble, prensado de las piezas y dimensionado al largo, según la producción deseada estas instalaciones pueden ser semi-automática o automáticas.

Según si se empalman piezas cortas o largas el tipo de alimentación puede ser por paquetes de madera o por piezas individuales, respectivamente.

6. Para elegir una instalación determinada es necesario tener presente lo siguiente:

- Problema que se pretende solucionar con el uso de la técnica de empalme endentados.
- Volúmenes de madera a empalmar
- Dimensiones de la materia prima, se refiere a escuadrías y largos
- Monto de la inversión prevista.

7. En el análisis económico indicado se puede observar la importancia que tienen las dimensiones de las piezas con que se alimenta una instalación determinada para que el proceso sea más o menos rentable al producir un producto determinado.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

2. MADERA LAMINADA

2.1. Generalidades

2.1.1. Definición y tipos de laminados

Madera laminada es la unión de tablas a través de sus cantos, caras y extremos, con su fibra en la misma dirección, conformando un elemento no limitado en escuadría ni en largo, y que funciona como una sola unidad estructural.

Dependiendo del elemento de unión, tendremos diferentes tipos de madera laminada. Si el elemento de unión es clavo será madera laminada clavada; si es perno, será madera laminada apernada, y si es por medio de cola ésta se llamará madera laminada encolada, la cual es más conocida sólo como "madera laminada" y es a la que nos referimos.

Los elementos de madera laminada están formados por un determinado número de láminas, ubicadas paralelamente al eje del elemento. A su vez, las láminas están compuestas por una o más tablas de madera unidas de canto, cuya fibra es paralela al largo de la pieza. Por razones de secado y economía fundamentalmente, se ha llegado a la conclusión que el espesor de las láminas no debe ser inferior a 20 mm ni sobrepasar los 50 mm.

Si las láminas son paralelas al plano neutro de flexión del elemento, se dice que la laminación es "horizontal" y, cuando éstas son normales al plano neutro de flexión, se dice que la laminación es "vertical". De esta forma, se distinguen dos tipos de laminación: laminación horizontal y laminación vertical.

2.1.1. Reseña histórica

En el mundo, la técnica de laminar madera ha sido utilizada durante muchos años en la fabricación de muebles, artículos deportivos y otros productos. Sin embargo, su aplicación en estructuras data de 1909, año en que fue erigida la primera, por el Sr. Hetzer en Suiza. Actualmente las estructuras de madera laminada constituyen un importante elemento de construcción, especialmente para edificios de gran luz, apto para una extensa gama de aplicaciones, ya que permite la creación de estructuras estéticamente agradables y de grandes posibilidades de diseño arquitectónico y buena construcción.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

REGIONAL ANTIGUA
UNIDAD DE INFORMACION
COMPLEJO NORTE

Estas construcciones se han hecho muy populares en EE.UU, Canadá, Finlandia, Suecia, Noruega, Holanda, Alemania, Bélgica, etc.

En EE.UU. la primera estructura fue erigida en el año 1934 y fue un edificio construido para el laboratorio de Productos Forestales en Madison, Wisconsin, constituido en su parte estructural por marcos triarticulados.

En países europeos tales como: Suecia, Noruega, Holanda, Alemania, etc. la producción de estructuras de maderas laminada empezó en forma espontánea.

Se cree que la fábrica más antigua es la Compañía Toreboda, en Suecia, que comenzó a construir estructuras de madera laminada hace ya más de 50 años.

El prejuicio que existía contra las estructuras de madera laminada ha cedido lugar a una gran confianza, desde antes de la II Guerra Mundial. Esto se debe principalmente a las excelentes ~~coladas~~ ^{colas} que se ha logrado obtener y al alto nivel actual de práctica en las faenas de encolado.

Sin embargo, el gran auge fue durante la II Guerra Mundial, época en la cual se comenzó a utilizar los adhesivos a prueba de humedad. Esto se debe a la inversión, por parte de los alemanes, de una nueva arma, la mina magnética, la cual originó a su vez el barreminas de casco de madera, desarrollado por los americanos. Su quilla, cuadernas y una gran parte de otros elementos estructurales se hacían de encina laminada. En vista de las severas condiciones de exposición a que estaban sometidas las juntas encoladas, durante su servicio en el océano, fue necesario emplear colas a prueba de agua.

La fabricación de estos casos de madera encolada con resina ha continuado a un ritmo creciente después del término de la guerra, y ha seguido activa hasta hoy, pero en menor escala en América Latina.

Una parte de las indemnizaciones de guerra pagadas por Finlandia a la Unión Soviética, estaba constituida por barcos construidos con madera laminada. A medida que la producción disminuía, se hizo necesario entonces dirigir la capacidad de los astilleros finlandeses hacia otros productos nuevos. Las vigas, arcos y marcos de madera laminada ofrecían una posibilidad natural para utilizar las fábricas, equipos y obreros especializados en este propósito. En esta forma, el desarrollo en Finlandia ha sido casi similar al ocurrido en Estados Unidos.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

En resumen, la historia de la madera laminada está íntimamente ligada con el avance de la técnica, en lo que a adhesivos se refiere. La caseína, en su forma actual, fue introducida alrededor del año 1900, aportando muy poco para esta nueva industria. Posteriormente, en 1912, fue introducido el fenol formaldehído, produciéndose un gran auge en este tipo de estructuras y aún más con la introducción, en el año 1930, de la urea-formaldehído, que no fue usada en forma intensiva hasta la II Guerra Mundial, época en que apareció el resorcinol-formaldehído (1943).

En Chile, en el año 1964, con el propósito de introducir en el país nuevas aplicaciones para la madera, el Instituto Forestal realizó la primera construcción científicamente controlada de una estructura de madera laminada. Para iniciar y desarrollar estos trabajos, el Instituto Forestal contó con la colaboración de dos consultores de la FAO, de Finlandia, los señores Reino Makelainen y Erkki Niskanen.

El trabajo desarrollado por el Sr. Reino Makelainen consistió en supervisar la fabricación de arcos de madera laminada, dando instrucciones y demostraciones al personal de todas las etapas de construcción, y, en la preparación del equipo necesario para la fabricación. El Sr. Niskanen tuvo a su cargo los cálculos y las especificaciones de dichos arcos. Actuó como contraparte de los expertos finlandeses el ingeniero Germán Tamm.

2.1.2. Ventajas de la madera laminada

El adhesivo permite el uso de tablas cortas y angostas que, unidas eficientemente, pueden conformar piezas estructurales de cualquier espesor, largo, ancho y de formas no restringidas

El espesor de las tablas menor de 2" permite secar la madera fácilmente, al contenido de humedad deseado (antes de usarla) con un menor defecto de secado, y, por lo tanto, de la estructura misma.

El método de fabricación permite el uso de láminas de menor calidad en las zonas de baja resistencia, con el consiguiente ahorro, y utilizar madera de mejor calidad sólo en las zonas de mayor sollicitación (mayor esfuerzo). Además, es posible usar combinaciones de distintas especies.

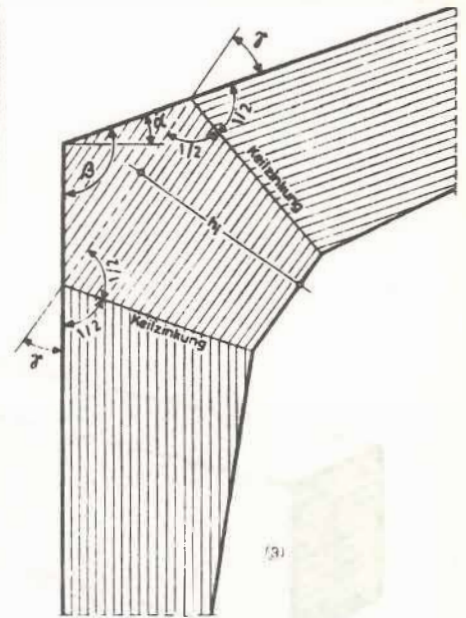
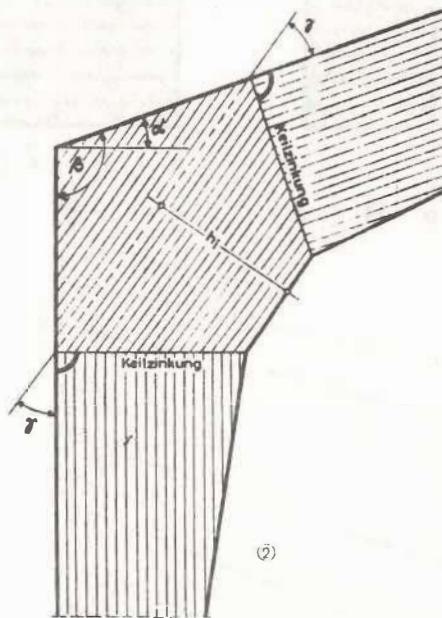
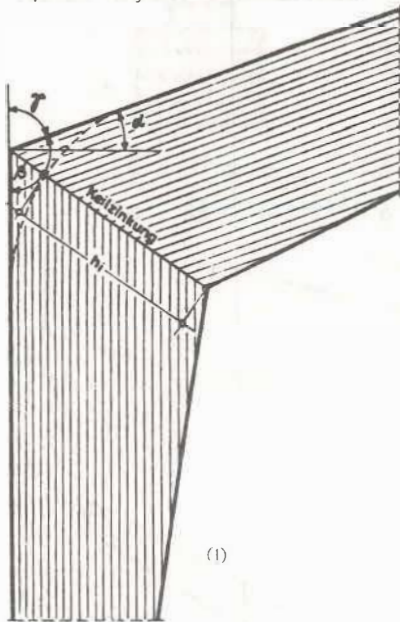
La madera laminada permite diseñar elementos que son prácticos y artísticos, en los cuales la sección transversal puede variar con los esfuerzos a que queda sometido el elemento.

Finger-jointing for sectional laminated wood beams.

For 60 years it was normal to bend the wood for the corners of laminated beams. Such constructions are strong and statically perfect. Sometimes, however, to save space, a very small radius has preference, which would require a very fine lamination of the

Vigas laminadas compuestas (ensamble "finger-joint")

Tradicionalmente se hacen vigas laminadas angulares de tal forma, que las láminas se curvan. Es evidente que la pérdida de espacio en el edificio se



beam, with its consequent high price. Sometimes even no radius at all is accepted but a sharp corner. In such cases, the finger-jointing is the best method. The elements of such composed laminated beams can be better standardized, easier produced, stored and transported. In other words, very often the finger-jointed corner is more economical. The reduction of bending and breaking strength is around 20 percent. Fig. 1, 2, and 3 show 3 different angles of finger joints, being No. 3 the best solution because the angles of the finger-joints are symmetrical

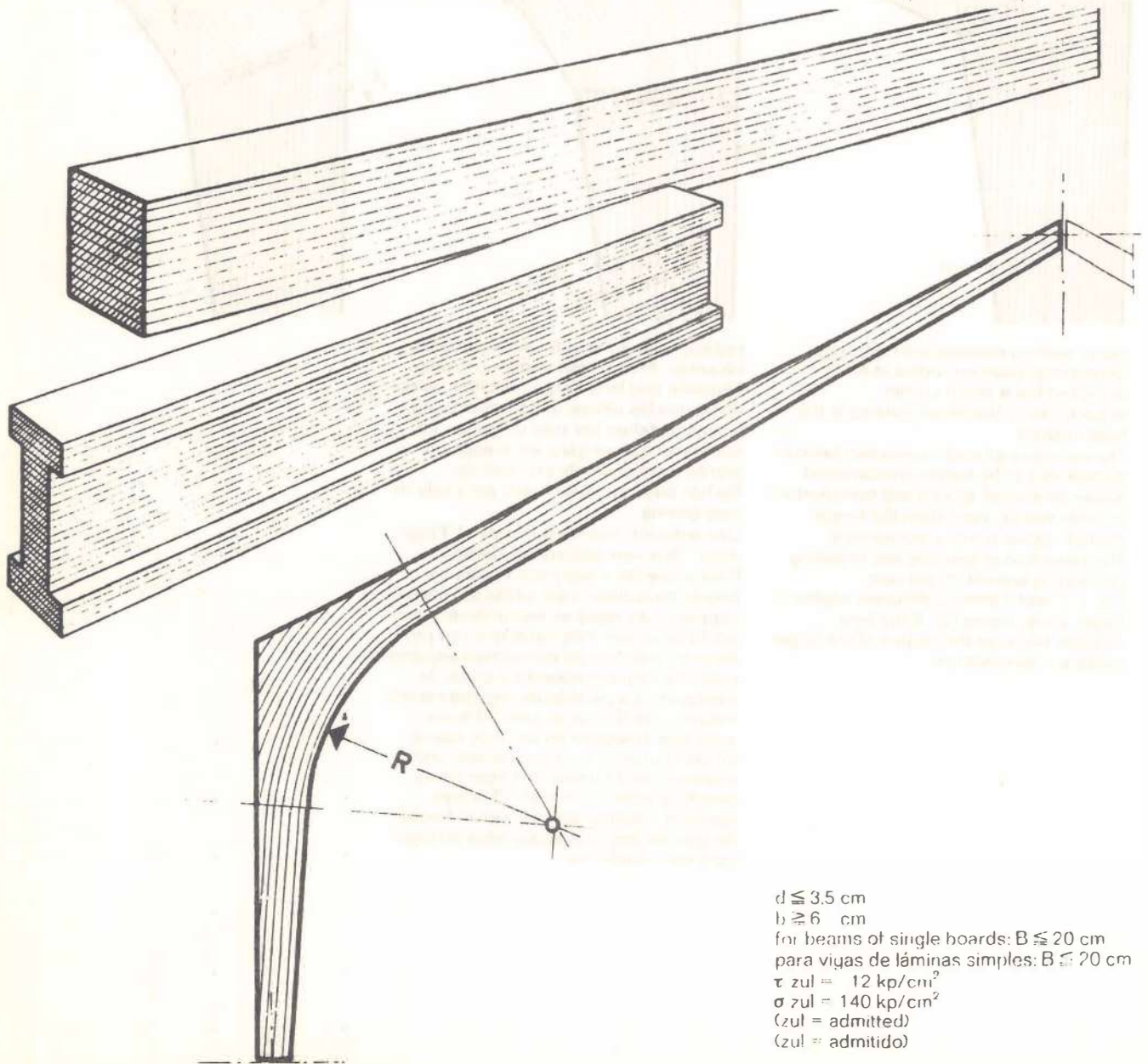
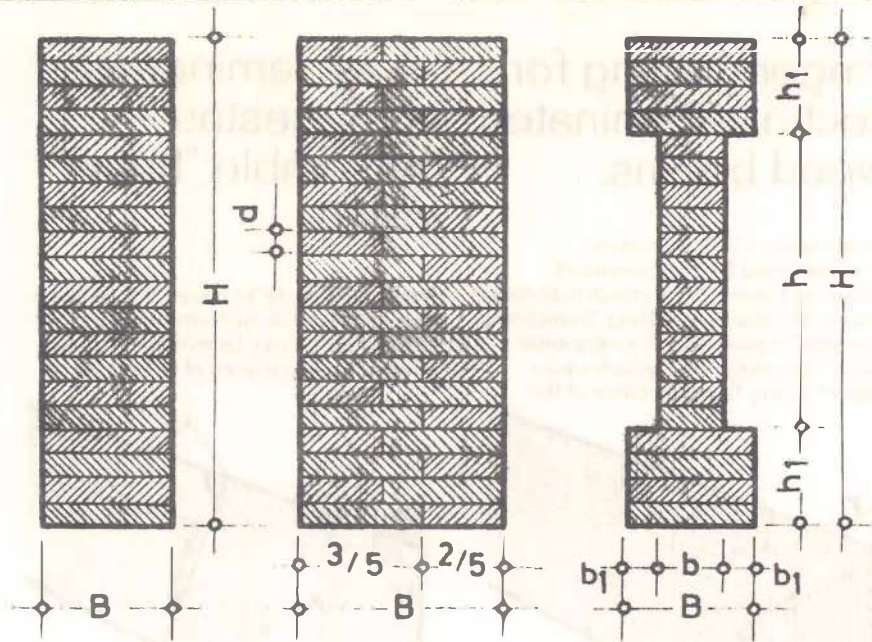
reduce, cuando el radio de la curva es pequeño. Al otro lado implica un radio pequeño una laminación más fina, quiere decir, que las tablas, que forman la viga laminada deben ser más delgadas. La economía que se gana en el espacio, se pierde en el costo de producción. Se han buscado soluciones para salir de este dilema. Una solución muy elegante es el "Finger Joint". Sus ventajas son evidentes: Para todas las vigas y para cualquier ángulo se pueden usar tablas del mismo espesor. Las vigas se hacen derechas y por lo tanto son más baratas en su producción. Además se economiza espacio, costo de almacenamiento y costo de transporte. La pérdida de resistencia a la rotura y a la flexión es solo 20 %, un valor bien tolerable en muchos casos. En las figuras 1, 2 y 3 mostramos una esquina con 3 formas de finger joints, siendo la solución número 3 la más fuerte. Su ventaja consiste en el hecho de que los ángulos adyacentes al finger-joint son simétricos.

Types of lamination

Laminated beams are either of rectangular or of I-cross section.

Tipos de laminación

Vigas laminadas se producen o rectangulares o en sección de I.



$d \approx 3.5$ cm
 $b_1 \approx 6$ cm
 for beams of single boards: $B \leq 20$ cm
 para vigas de láminas simples: $B \leq 20$ cm
 $\tau_{zul} = 12$ kp/cm²
 $\sigma_{zul} = 140$ kp/cm²
 (zul = admitted)
 (zul = admitido)

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

El elemento terminado no necesita estar oculto o tener una caja de ubicación, como es el caso de otras construcciones, debido a que es estéticamente agradable.

Sus grandes dimensiones en la sección transversal la hacen más resistentes al fuego que construcciones de acero, diseñadas para soportar la misma carga. Estas construcciones se queman más lentamente y resisten la penetración del calor, en cambio las construcciones de acero colapsan. Esto no significa que la madera laminada no sea combustible (el avance de la combustión es muy lento, 0,6 mm/min).

Los elementos laminados tienen una baja razón peso/resistencia, por lo cual pueden ser levantados y puestos en servicio con un bajo costo, además de necesitar muy poco de la sección para autosoportarse.

2.1.3. Desventajas de la madera laminada

- Muy a menudo son muy pesadas^{por sobredimensionado} respecto al uso que se les da.
- Comparadas con la madera sinlaminar, son más costosas, especialmente en vigas rectas; en vigas curvas no hay comparación. El factor económico comprende tres rubros: Adhesivo, Mano de Obra y Madera. Lo más caro es el adhesivo, sobre todo cuando es para vigas al exterior, luego tenemos la mano de obra y, por último la madera.
- El factor pérdida durante su fabricación es bastante elevado, alrededor de un 33 a 50% tanto en madera como en adhesivo, debido a las uniones de extremos, terminaciones y consideraciones de diseño.
- El adhesivo debe estar condicionado al uso que se va a dar al elemento. Así, los adhesivos que se requieren para estructuras que van al exterior son de elevado costo. En Chile hay que importarlos.
- Se necesita para su fabricación de equipos y técnicas especiales.
- Los equipos son caros, Se debe conocer el proceso y contar con mano de obra especializada.
- No siempre se pueden producir en obra, lo cual implica un costo adicional de transporte que, a veces llega a ser elevado, especialmente cuando los elementos son grandes.

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

Elementos de gran longitud y gran curvatura son difíciles de manipular, embarcar y transportar, lo que incide en el costo final del elemento de madera laminada.

2.1.4. Aplicaciones

Las principales aplicaciones son: vigas rectas, arcos y marcos, aptos para ser aplicados a escuelas, gimnasios, teatros, iglesias, casinos, etc.

2.1.5. Componentes

a. Madera

En general, cualquier especie maderera es susceptible de ser usada en madera laminada. Las características principales que se deben considerar son: su resistencia, su apariencia estética, facilidad para encolar, durabilidad, facilidad para secar, costo, disponibilidad, etc. La elección dependerá finalmente de las exigencias que se requerirán en servicio.

Sin embargo, las especies madereras más usadas en la fabricación de madera laminada, son las coníferas. Algunas latifoliadas se han empleado en madera laminada, seleccionadas por su valor estético, durabilidad o por su resistencia, sólo en grado limitado, por lo cual no es posible garantizar su adaptabilidad para propósitos estructurales, o sus características para ser encoladas.

La razón del mayor uso de las coníferas, es la abundancia de esta especie en casi todos los países desarrollados del mundo.

En Chile y Argentina se usa el pino radiata, atendiendo a su mayor producción como madera aserrada y considerando su bajo costo.

Además, en las estructuras de madera laminada que se han fabricado en Chile, se ha empleado esta especie, dando buenos resultados a través de los años. (23 años)

ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTETICAS

Son aquellos adhesivos fabricados a base de resinas sintéticas, es decir, productos de la industria química moderna cuyas materias primas son derivadas del carbón, aire, petróleo o gas natural y agua. Estos a su vez se clasifican en:

CORPORACION CHILENA DE LA MADERA

1. A base de resina sintéticas termofraguables:

Urea-formaldehído; fenol-formaldehído-resorcinol-formaldehído; melamina-formaldehído.

2. A base de resinas sintéticas termoplásticas

Actualmente la única cola (de este tipo) es aquella a base de emulsiones de acetato de polivinilo.

ADHESIVOS USADOS EN MADERA LAMINADA

Los adhesivos usados en madera laminada son el resorcinol-formaldehído, fenol-formaldehído, melamina-formaldehído, urea-formaldehído y caseína.

Los adhesivos de resorcinol y de fenolformaldehído son los más durables e indestructibles. Se recomiendan para estructuras que estarán al exterior o en ambientes de condiciones severas. Por lo general son de color oscuro.

Los adhesivos de melamina y urea son de menor duración, siendo ésta un poco más alta en los de melamina.

Ambos se aplican adecuadamente para servicio de interior, en donde no están sometidos a exposiciones prolongadas de intemperie ni a condiciones de humedad.

Se les conoce como del tipo termo-fraguado, a pesar de que curan a la temperatura ambiente, debido a que no se pueden "refundir o ablandar con el calor, una vez curados".

Las colas de caseína fueron usadas sólo en las primeras estructuras, reemplazándose más tarde por resinas sintéticas.

Recientes investigaciones han revelado que es posible usar adhesivos a base de caucho natural o sintético en madera laminada. Esto, probablemente, revolucionará la técnica de fabricación de madera laminada encolada. Sin embargo se deberá esperar hasta que se tengan resultados concretos de su efectividad.

2.1.6. Fabricación

La producción de elementos de madera laminada re-

quiere de una fábrica especialmente organizada para tal propósito. Su diseño y organización puede estar influenciado por el tipo de producto que se fabrica. Por ejemplo: la industria de construcción de barcos tiene un tipo de moldes que es diferente a aquel que usa la fábrica que confecciona elementos estructurales.

Cuando se proyecta una fábrica de madera laminada, se deberá partir de una planificación completa, que permita, posteriormente, aumentar la superficie de trabajo con facilidad, de acuerdo a las necesidades que se presenten. Otro aspecto muy importante y que es necesario cuidar, es el costo del traslado dentro de la fábrica, motivo por el cual la ubicación de la maquinaria, en los lugares de trabajo, deberá ser seleccionado de tal manera que presente facilidades para el transporte interno y externo del elemento que se fabrica.

Es posible fabricar madera laminada en espacios reducidos, aunque tiene la desventaja de que los costos resultan elevados, además se presentan limitaciones en la manufactura de ciertos tipos.

La mayoría de las fábricas se organizan en tres secciones o áreas, las cuales son:

- Area de Pre-encolado
- Area de Encolado, Prensado y Fraguado
- Area de Terminaciones

Para cada una de las secciones mencionadas se necesita una superficie más o menos similar. Las dos últimas, deberán ser equipadas con grúas, destinadas a mover piezas pesadas de gran tamaño, de madera laminada.

Un requerimiento necesario en una fábrica bien organizada es el control de temperatura y humedad, a fin de asegurar que la madera se mantenga, durante la fabricación, a un contenido de humedad adecuado. Una temperatura comprendida entre 16 a 20°C y una humedad relativa entre 55 y 65% asegurarán que ello sea posible.

Es difícil fijar el exacto tamaño de una fábrica de laminados, pero, como una razonable guía, se recomienda que el largo y ancho de cada una de las tres secciones, no debe ser menor que la longitud del elemento laminado más largo que se pretende fabricar.

C A P I T U L O 5

FABRICACION

5.1. Proceso de Fabricación.

La producción de elementos de madera laminada, requiere de una fábrica especialmente organizada para tal propósito. Su diseño y organización puede estar influenciada por el tipo de producto que se fabrica. Por ejemplo, la industria de construcción de barcos tiene un tipo de moldes que es diferente de aquél que usa la fábrica que confecciona elementos estructurales.

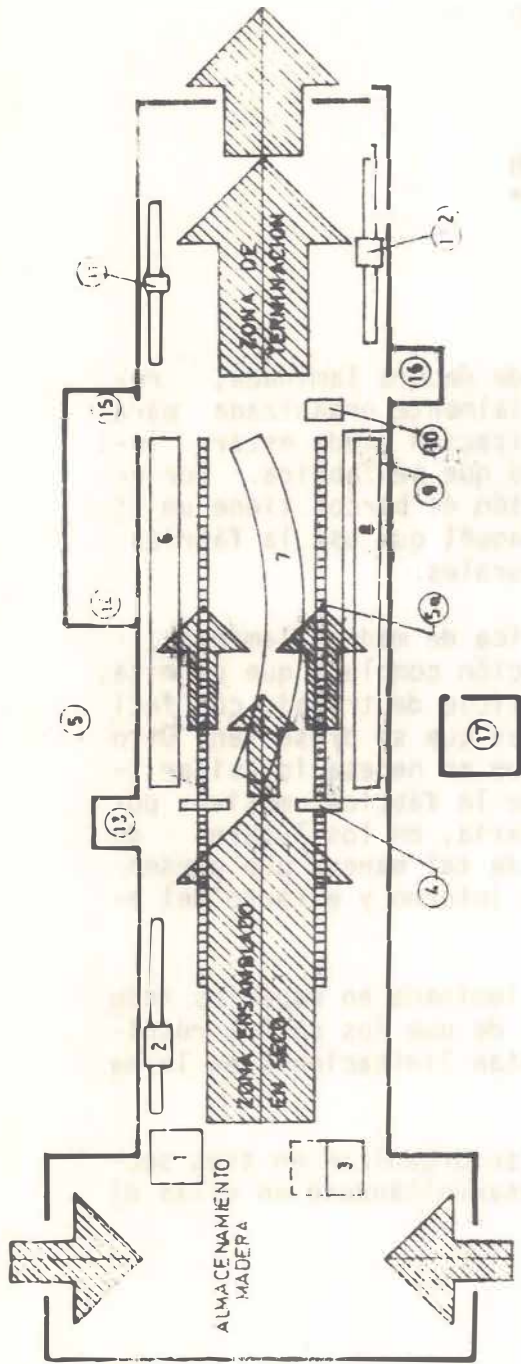
Cuando se proyecta una fábrica de madera laminada, se deberá partir de una planificación completa que permita, posteriormente, aumentar la superficie de trabajo con facilidad, de acuerdo a las necesidades que se presenten. Otro aspecto que es muy importante y que es necesario cuidar, es el costo del traslado dentro de la fábrica, motivo por el cual la ubicación de la maquinaria, en los lugares de trabajo, deberá ser seleccionada de tal manera que presente facilidades para el transporte interno y externo del elemento que se fabrica.

Es posible fabricar madera laminada en espacios reducidos, aunque tiene la desventaja de que los costos resultan elevados y, además, se presentan limitaciones en la manufactura de ciertos tipos.

La mayoría de las fábricas se organizan en tres secciones o áreas (Véase Fig. 9), desarrollándose en ellas diferentes actividades:

Area de Preencolado.

- a) Almacenamiento
- b) Clasificación
- c) Determinación del contenido de humedad.
- d) Uniones de extremos



1. Correa de transmisión
2. Máquina de parches
3. Máq. ensamblados de extremos.
4. Esparcidores
5. Cubierta con rodillos
6. Ensamblados rectos
7. Ensamblados curvos
8. Ensamblados con adhesivos a prueba de agua.
9. Cámara de fraguado

10. Cepilladoras
11. Despuntadora
12. Canteadora
13. Salas de lavado y de ensayo.
14. Sala de lavado y Casino
15. Oficinas
16. Sala de herramientas
17. Sala de Calderas

FIGURA 9: LAY-OUT DE UNA FABRICA DE MADERA LAMINADA.

2.1.7. Area de Pre-encolado

Almacenamiento: El proceso de fabricación de madera laminada comienza con el almacenamiento de la madera seca. La fábrica puede contar con sus propios secadores, lo cual, sin duda, es más conveniente, ya que se podrá secar la madera a la humedad óptima para cada elemento. En tal caso, el secado se agrega como una actividad más al proceso de fabricación.

Lo ideal es que la madera a usar sea secada artificialmente, en la fábrica, y sea almacenada de modo que nos produzca un cambio apreciable en su contenido de humedad.

Clasificación: La clasificación a realizar en la madera es una clasificación por resistencia para laminados, incluyéndose algunas veces otros defectos propios de la clasificación por aspecto.

La clasificación debe hacerse de acuerdo a las normas o especificaciones que se han establecido con anticipación. Esta se podrá realizar en forma visual, o bien, en forma mecánica. Las tablas deben salir con un timbre, en el cual se registren el grado en el cual ellas se han ubicado.

Determinación del Contenido de Humedad:

El contenido de humedad óptimo es aquel que produce la unión encolada más resistente y que, al ser incrementado por el agua del adhesivo, se acerca lo más posible al contenido de humedad de equilibrio que tendrá el elemento laminado, cuando esté en servicio.

Si las tablas con las cuales se construirán las láminas tienen diferentes contenido de humedad, deberá procederse a la homogenización de ellas. De otra forma, se produciría un juego en la madera, que redundaría en la delaminación de las líneas de cola.

Debido a las posibles contracciones y expansiones, se recomienda que los anillos de las tablas se coloquen formando ángulos diferentes respecto a la superficie de la madera,

El control del contenido de humedad se efectúa con un xilohigrómetro, y se debe realizar a cada tabla.

Uniones de Extremos:

Estas uniones se realizan para lograr elementos cuya longi-

tud sea superior al largo que es posible obtener en la madera comercial. Pueden ser de tope, biseladas, empalmes, dentados (finger-joint),

El tipo de unión más usado en madera laminada es el finger-joint, dada la calidad de la unión que se obtiene.

Cualquiera sea el tipo de unión de extremos que se confeccione debe ser hecho con precisión, correctamente alineada y fraguada con eficiencia.

Cuando se haga necesario obtener piezas de anchos mayores que los usuales es decir, cuando el ancho de la madera comercial sea inferior al ancho de la estructura requerida, se deberán realizar uniones de canto. Estas uniones pueden ser de tope, machihembradas, o cola de milano.

Elaboración de láminas:

Una de las actividades de esta etapa es el establecimiento de un espesor constante de las láminas. La madera que se usa para la fabricación de elementos laminados, generalmente se restringe a 50 mm de espesor. La razón de esta limitación es la dificultad y costo del secado de tablas mayores de 50 mm a la humedad requerida para el laminado.

Posteriormente, es necesario preparar las superficies de las láminas para el encolado, para lo cual se requiere cepillarlas. Se ha demostrado que un buen cepillado, realizado 24 horas antes del encolado, produce líneas de cola de buena calidad y resistencia.

Ensamble en seco: En general, consiste en ubicar las láminas como mejor cumplan las especificaciones y exigencias que se le imponen al elemento que se pretende fabricar, colocándolas tal como van a quedar, pero sin adhesivo.

El ensamble en seco se debe realizar de tal manera, que la última lámina a colocar debe ser la primera que se pase por la encoladora.

El realizar esta operación, hace que el encolado sea más rápido.

2.1.8. Area de Encolado, Prensado y Fraguado

Preparación de moldes y prensas: El tipo de moldes y prensas a usar debe ser tal, que el elemento laminado a fabricar resulte con la forma deseada. La forma y método de pren-

sado depende del tipo de producción, del espacio útil disponible en la fábrica y del rendimiento o producción que se espera obtener.

El sistema de moldes y prensas está constituido en su forma más simple, por un determinado número de escuadras, que servirán de guías y darán la forma, y otro tanto de prensas. Las escuadras también se usan como prensas y están firmemente fijadas al piso, dando forma al elemento laminado. Las láminas encoladas se colocan sobre ellas y luego se prensa hasta que la línea de cola haya fraguado.

Los moldes y prensas pueden construirse tanto de acero como de madera. Ambos materiales son igualmente eficiente.

En el proceso mismo de fabricación, se deberán dejar los bloques, tensores, tuercas, golillas, etc. convenientemente dispuestos, de tal forma que éstos sean puestos lo más rápidamente posible, una vez que se haya colocado la última lámina del elemento.

Preparación del Adhesivo:

El adhesivo especificado deberá mezclarse correctamente, siguiendo las instrucciones del fabricante.

La preparación del adhesivo debe hacerse con la suficiente anticipación, de modo que al iniciar el proceso de encolado, el adhesivo, sea mezclado, quedando apto para su uso.

Esparcido: Existen diferentes métodos para realizar el esparcido del adhesivo: brochas, rodillos manuales, pistola o esparcidores mecánicos (encoladoras).

Se entiende por esparcido a la cantidad de adhesivo colocado en una unidad de superficie, expresándola en gr/m². Generalmente, varía entre 250 a 450 gr/m². Para cada tipo de adhesivo, existe un esparcido óptimo, con el cual se obtiene el mayor rendimiento y resistencia.

Existen dos tipos de esparcido: simple y doble. En el primero, sólo se encola una cara y, en el doble, se encolan ambas caras.

Prensado: Una vez encoladas, las láminas deben ser colocadas en las prensas.

Al aplicar la presión, con pernos y tuercas, un operador debe fijar la tuerca soldada y el otro aplicarla presión a la tuerca móvil, con una llave de torque u otro elemen-

to adecuado. Cuando la presión es aplicada con métodos neumáticos, sólo bastará fijar la presión en un manómetro que esté en buenas condiciones.

La presión recomendable debe ser tal que provoque un escurrimiento parejo del adhesivo, a lo largo de toda la línea de cola. Es recomendable para las coníferas, una presión de 7 kg/cm² y, para las latifoliadas, de 10 kg/cm²

Reapriete: Después de 15 a 20 minutos de haber aplicado la presión, es necesario comprobar que no ha existido una pérdida de la presión aplicada, la cual puede ser causada entre otras razones, por el escurrimiento del adhesivo, ancho de la pieza, velocidad de fraguado y presión aplicada. Si esto ha sucedido, se deberá proceder a un reapriete.

Los tiempos entre reaprietes son cada vez mayores y dependen de la calidad de los materiales que componen el elemento.

Tiempo de Prensado: Es esencial que el elemento laminado ensamblado, permanezca en los moldes, sometidos a presión, bajo la temperatura ambiental y humedad relativa requerida, por un período de tiempo tal, que asegure una resistencia suficiente de la línea de cola. Sólo una vez que exista la certeza de que esto haya ocurrido, se procederá a mover la pieza.

Maduración: Una vez que el elemento se ha removido de la prensa, él debe quedar inmóvil por un período determinado, dado que la resistencia total no se logra durante el período de prensado y necesita un período de tiempo para desarrollar totalmente la resistencia de la unión.

2.1.9. Area de Terminaciones

Elaboración: Consiste en un despunte, canteado, cepillado y pulido del elemento laminado.

Clasificación: Esta operación consiste en una clasificación por aspecto del elemento laminado terminado. La clasificación por aspecto se circunscribe a las superficies o caras del elemento laminado e involucra las operaciones de elaboración que se realizan en ellas, no así a los elementos propios de la laminación, pinturas, barnices u otros recubrimientos protectores.

La clasificación por aspecto no modifica las especificaciones

de fabricación.

Protección y Preservación: Los elementos laminados deberán ser adecuadamente recubiertos con líquidos a prueba de agua (pinturas y barnices), a fin de impedir que la humedad alcance las líneas de cola de adhesivos para interiores. De esta forma se evita que la madera absorba agua. Esta protección debe hacerse cualquiera sea el adhesivo o especie maderera usada.

Con el fin de darle una mayor vida útil a la madera laminada, se podrá proteger, especialmente contra la putrefacción, ataque de microorganismos e insectos y contra la acción del fuego.

Ensayos: Al existir una buena fabricación, ésta se verá reflejada en los resultados de ensayos realizados en probetas extraídas de los diferentes elementos laminados. Así se visualizará el futuro comportamiento del elemento cuando él está en servicio.

Estos ensayos se realizan con material proveniente del elemento fabricado y la finalidad de ellos es la unión en sí, es decir, el comportamiento de madera y adhesivo en forma conjunta.

Los ensayos que se recomiendan son:
Ensayo de cizalle a través de la línea de cola
Ensayo de envejecimiento

Empaque y despacho: El empaque debe ser realizado de tal forma que no origine en su interior las condiciones de las cuales se desea proteger al elemento.

2.10. Control de Calidad

Después de la fabricación, es difícil asegurar si las láminas fueron cepilladas antes del encolado, si el adhesivo fue correctamente aplicado, en calidad y cantidad, si la presión fue la conveniente, etc. Ello sólo se sabrá si se hace un control permanente de la fabricación, además de los ensayos de probetas extraídas de la madera laminada, una vez fabricada.

El control de calidad, en la fabricación, deberá ser realizado por un inspector, que tenga conocimiento de todas las actividades y materias inherentes al proceso.

dimensiones del espesor no superiores a 0,4 mm.

- Indicación del tiempo que debe mediar entre el cepillado y el encolado de las láminas, el cual deberá ser, como plazo máximo, igual o menor a 24 horas y de 12 horas en el caso de láminas impregnadas.
- Preservación. En el caso de impregnar la madera, se permitirá la preservación de las láminas cuando se use resorcinol-formaldehído, o sus mezclas, siempre que el preservante no sea creosota u otro líquido que contenga aceites.

No se permite utilizar retardadores de fuego antes del encolado.

Cuando se ha usado resorcinol-formaldehído o fenol-formaldehído, será posible preservar los elementos ya terminados.

- Identificación del adhesivo a usar. En la elección del adhesivo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones de laboratorio de investigación autorizados, y del fabricante del adhesivo. En general, la elección dependerá de las variaciones del contenido de humedad y de la probable humedad máxima que prevalecerá en la estructura en servicio.

No se permitirá el uso de los adhesivos a base de subproductos de animales, vinílico, resinas epóxicas y gomas.

- Cantidad de adhesivo en las líneas de cola. Se deberá seguir exactamente las instrucciones del fabricante del adhesivo o de laboratorios de investigación autorizados, en lo que se refiere a mezcla, esparcido, tiempos de ensamblado abierto y cerrado, temperatura y condiciones de prensado.
- Condiciones que deben cumplir los equipos que estén en contacto con el adhesivo. La encoladora, el equipo de mezcla, los recipientes, y cualquier otro instrumento, deberán mantenerse permanentemente limpios y libres de sustancias contaminantes. Todo adhesivo usado anteriormente, deberá ser cuidadosamente eliminado.
- Estado de las superficies a encolar. Deberán ser superficies suaves, cepilladas sin lijado, libres de fibras levantadas u otras desviaciones del plano que puedan interferir en el buen contacto de lámina con lámina. En el instante del encolado, las superficies de las láminas deberán estar limpias, libres de polvo, aceite, resina u otros elementos que puedan afectar la resistencia de la línea de cola.

Temperatura de la madera en el momento del encolado. Esta

no deberá ser inferior a 10°C en la madera ; además, se deberá evitar, en lo posible, encolar a temperaturas superiores a 25°C.

- Aplicación de presión. La aplicación de presión deberá ser lo más uniforme posible, para lo cual las prensas no deberán distanciarse a más de 35 cm en elementos rectos, no más de 30 cm. en elementos curvos.

La presión a aplicar será la especificada por el fabricante pero, en ningún caso menor de 7 kg/cm², debiéndose chequear a los 15 minutos después de haberse aplicado la presión inicial, a fin de asegurar que no exista reducción de ella.

- Uso de clavos en las láminas. El clavado de láminas con el fin de aplicar presión en el encolado, se permite solamente de acuerdo a instrucciones dadas por un Instituto Oficial. Como regla general, debe considerarse que el prensado mediante clavos es permitido sólo si se utilizan colas de tipo Gap-Filling, tales como los adhesivos a base de caseína *en casos restringidos*.
- Transporte de la madera laminada al área de terminaciones. No se permitirá el transporte hasta que haya finalizado el período de maduración.
- Indicaciones del grado de terminación. Se deberá indicar el grado de terminación que las piezas de madera laminada requieran. Para los elementos laminados se deberá definir un grado, según una clasificación por aspecto. El grado definido no modifica de ninguna manera las normas de fabricación.
- Tolerancias. Se deberán indicar las tolerancias máximas y mínimas de la sección transversal, al igual que las tolerancias del largo. Para el largo terminado, será de más o menos 1 mm, por cada metro, con un máximo de 15 mm, si no se especifica otra cosa.
- Protecciones. Se deberá recomendar una protección para su transporte, almacenamiento y montaje, además del uso de un barniz transparente y repelente al agua, y de un adecuado envoltorio. Estas protecciones deberán ser extremadamente cuidadosa cuando no se ha usado Resorcinol-Formaldehído o Fenol-formaldehído.
- Ensayos. Se deberá indicar la cantidad de vigas de las cuales se extraerán las probetas para realizar los ensayos. Sin embargo, es conveniente realizarlos a todos los elementos laminados que se fabriquen, *tomando probetas de los extremos*

Control de calidad. Será realizado por personal calificado, perteneciente a un Instituto Oficial, el cual será elegido por

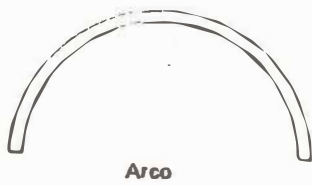
el mandante. Los funcionarios encargados de la inspección deberán tener libre acceso a la fábrica, con facultades plenas de control e inspección.

Estos deberán marcar los elementos de madera laminada terminados, (los que cumplan con las especificaciones), de tal forma que el aspecto no sea dañado indicándose el nombre del fabricante y tipo de adhesivo usado.

Los elementos curvos quedan gobernados por su radio de curvatura, que es la única restricción.

El radio de curvatura dependerá del espesor de las láminas. Como guía general, las láminas hechas de coníferas pueden ser dobladas hasta un radio de curvatura, de aproximadamente, 150 veces su espesor ($R=150 e$). Así, una lámina de 1" de espesor (20 mm cepillada), puede doblarse con un radio no menor de 3.75 metros, sin que exista una pérdida apreciable de su resistencia. Este valor puede ser más pequeño para láminas más delgadas y puede incrementarse hasta llegar a 200 veces el espesor de la tabla, para láminas de hasta 2 pulgadas de espesor. El espesor más aconsejable para laminar es de 1 a 1 1/2 pulgada y se usa la relación de $R=150 e$.

Cuando se fabrican elementos con curvaturas pronunciadas, existe una gran diferencia entre el radio interior y exterior, y es esencial asegurar que las láminas no sean muy gruesas para el doblez que existe en el interior.



Arco



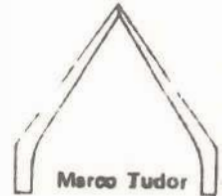
Arco Parabólico



Marco Tudor



Marco Tipo A.



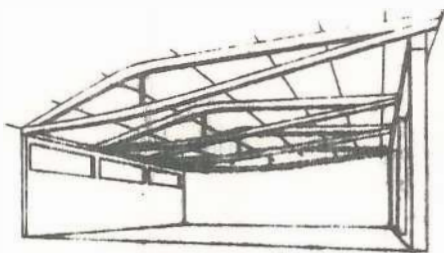
Marco Tudor



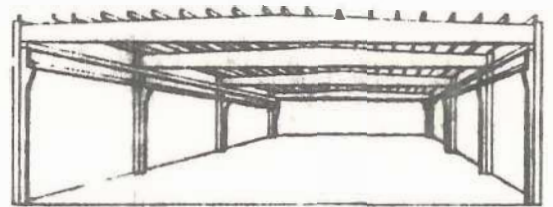
Arco Gotico



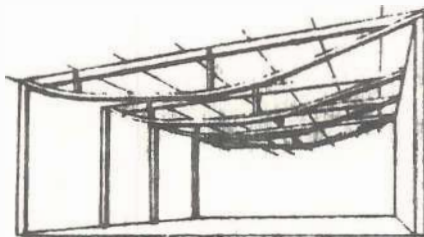
Tijeral.



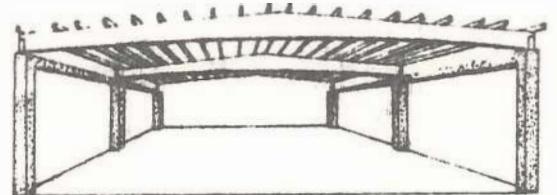
Vigas curvas. Luz 15 a 25 m



Galpón industrial. Vigas rectas, apoyadas sobre pilares de hormigón. Luz : 15 a 30 m. Distancia entre vigas : 5 a 7,5 m.



Vigas curvas. Luz : 25 a 40 m



Galpón de usos diversos. Vigas rectas, apoyadas sobre marcos de hormigón o metálicos. Luz : 15 a 30 m. Distancia entre vigas : 5 a 7,5 m.

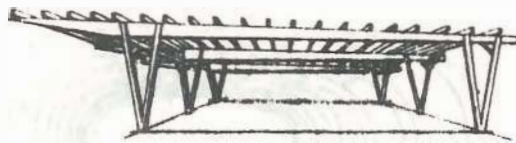
Fig. 9.16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada.



Adaptación de vigas rectas, con tensores metálicos, para conformar un sistema tri-articulado. Luz : 20 a 30 m.



Galpón industrial de 3 naves, constituido por vigas rectas, apoyadas sobre pilares de madera. Luz de cada nave : 15 a 25 m. Distancia entre vigas : 6 a 7,5 m.



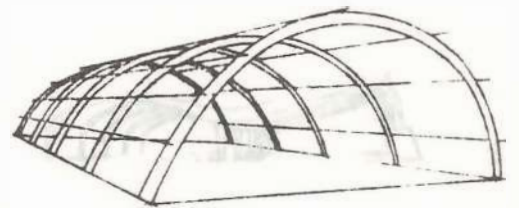
Vigas rectas sobre pilares de madera. Luz : 10 a 25 m.



Alternativa que puede presentar el caso interior.



Galpón industrial constituido por vigas rectas y pilares de madera. Luz de cada nave : 10 a 25 m.



Estructura formada por arcos tri-articulados de sección transversal constante. Luz : 15 a 35 m.

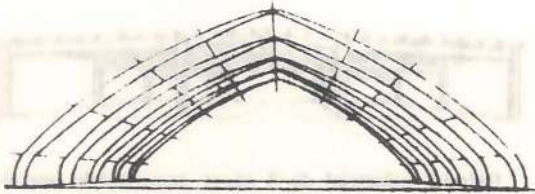


Galpón industrial constituido por vigas "cantilever". Luz : 10 a 25 m.

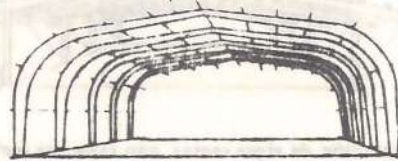


Arco corriente de tres articulaciones. Luz : 10 a 100 m.

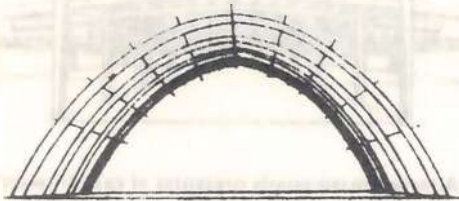
Fig. 9.16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada.



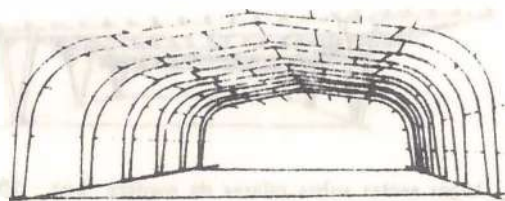
Arco tri-articulado. Luz : 50 a 70 m. Estructura que frecuentemente se usa como silo.



Arco corriente de dos articulaciones. Luz : 10 a 25 m



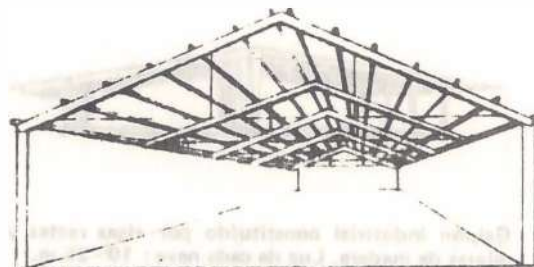
Arco tri-articulado, de forma parabólica. Luz : 18 a 35 m.



Arco de dos articulaciones ubicadas en la pendiente (tochumbro) de la estructura. Luz : 25 a 60 m.



Estructura para recinto deportivo. Luz : 20 a 30 m, entre apoyos.



Vigas rectas, conformando un sistema tri-articulado con tirante metálico. Luz : 20 a 30 m.

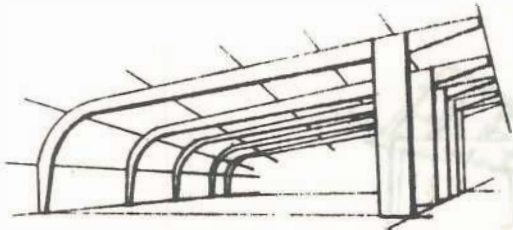


Estructura para recintos deportivos. Arcos de sección transversal constante. Luz : 20 a 40 m.

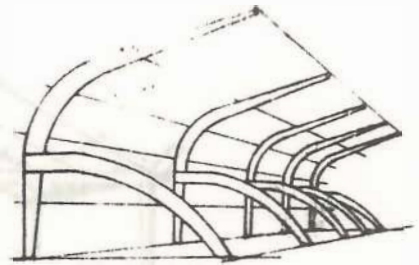


Arco bi-articulado con tirante metálico. Luz : 20 a 30 m.

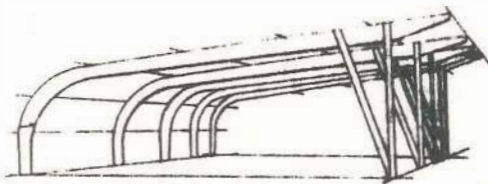
Fig. 9 16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada



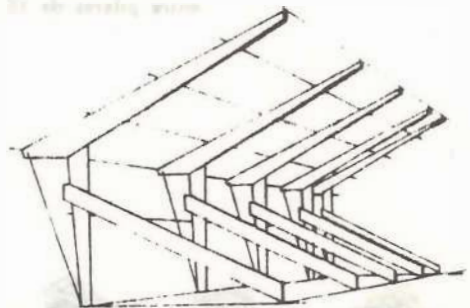
Arco con una articulación. El pilar está empotrado en el suelo. Luz : 10 a 20 m.



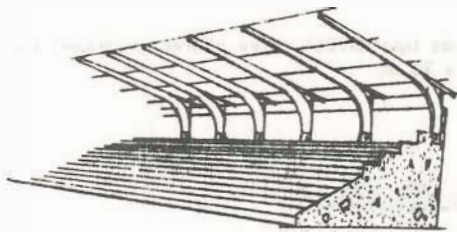
Tribuna de estadio. Luz : 8 a 15 m.



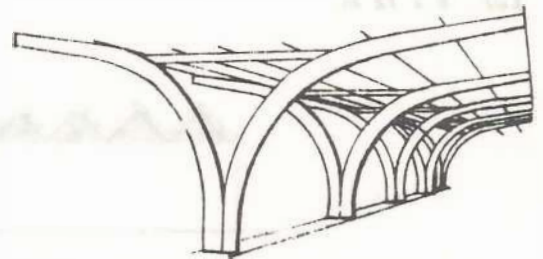
Arco bi-articulado. Luz : 20 a 30 m.



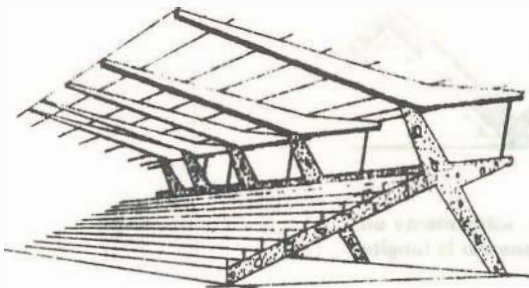
Tribuna de estadio. Luz : 10 a 15 m. Conformada únicamente por vigas rectas.



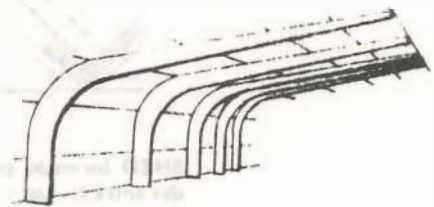
Tribuna de estadio. Luz : 8 a 16 m.



Marquesina doble. Luz : 3 a 10 m (a cada lado) Pilares empotrados en el suelo.

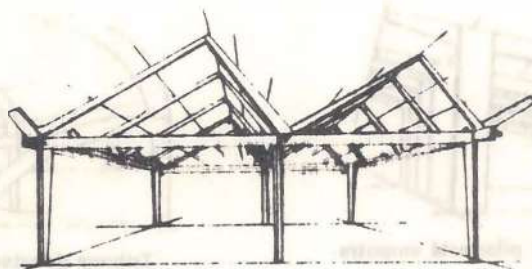


Tribuna de estadio. Construcción mixta (madera-hormigón). Luz : 10 a 15 m.



Marquesina simple. Luz : 5 a 10 m. Pilares empotrados en el suelo.

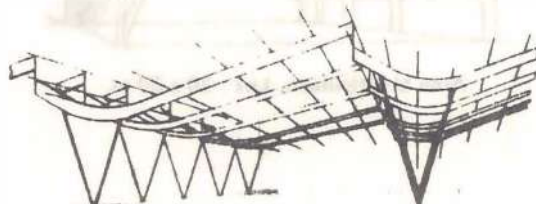
Fig. 9.16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada.



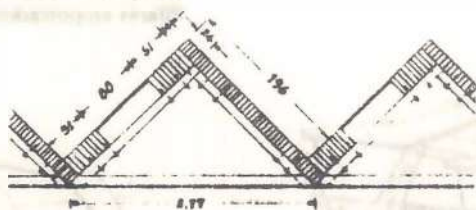
Estructura en SHED, para vigas de 8 a 12 m, que se apoyan en pórticos de madera, con distancia entre pilares de 15 a 20 m.



Arcos tipo SHED, sobre marcos de hormigón. Luz : 8 a 12 m.



Arcos tipo SHED, sobre pilares metálicos. Luz : 15 a 30 m.

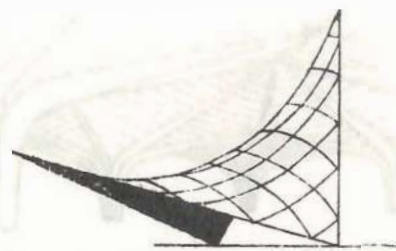


SHED formado por vigas rectas, sólidamente unidas entre sí. Luz : 10 a 30 m, siguiendo la longitud de las vigas.

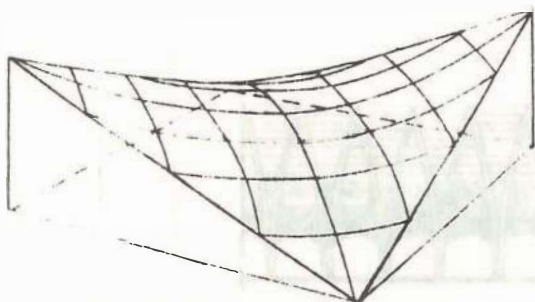
Fig. 9.16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada.



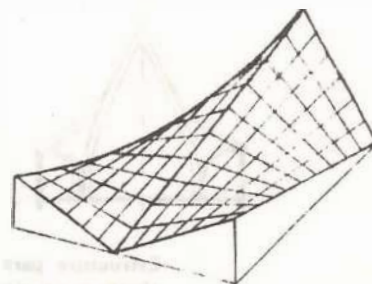
Paraboloide hiperbólico simétrico, sobre base cuadrada, apoyado en los puntos básicos.



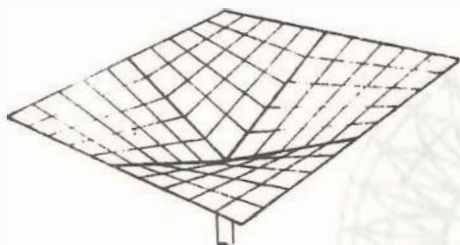
Paraboloide hiperbólico asimétrico, apoyado en los puntos básicos.



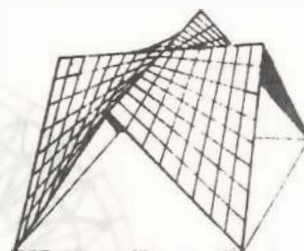
Paraboloide hiperbólico simétrico, sobre base cuadrada, con apoyo en vigas exteriores.



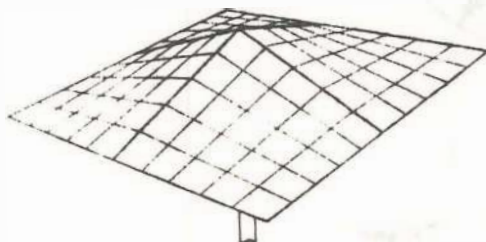
Combinación de dos paraboloides hiperbólicos, con apoyo en vigas exteriores.



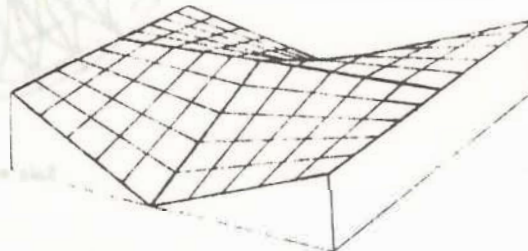
Combinación de cuatro paraboloides hiperbólicos. Forma cóncava.



Combinación de cuatro paraboloides hiperbólicos. Apoyo en los puntos básicos.

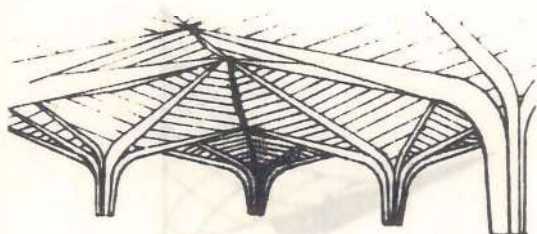


Combinación de cuatro paraboloides hiperbólicos. Forma convexa.

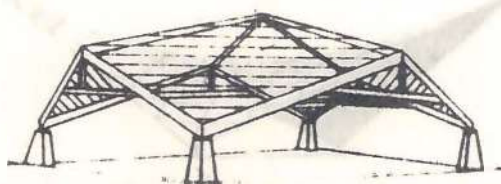


Combinación de cuatro paraboloides hiperbólicos. Apoyo en toda su longitud en vigas exteriores.

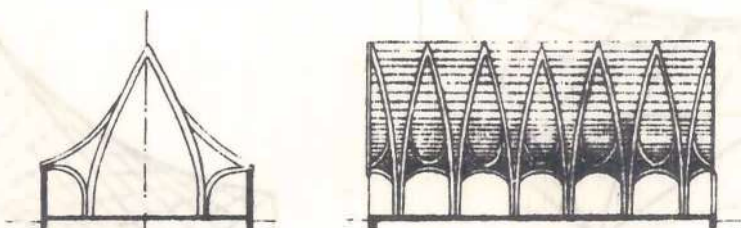
Fig. 9.16. Distintos tipos de elementos estructurales en madera laminada.



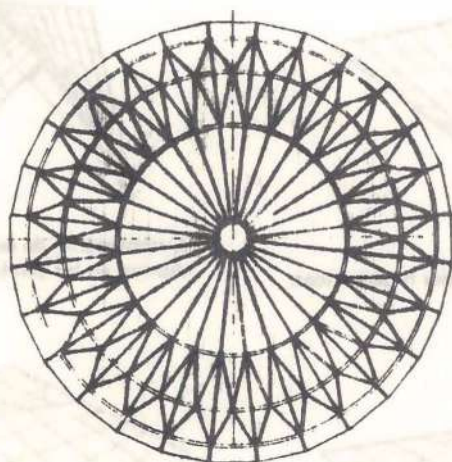
Combinación de arcos tri-articulados para cubrir grandes superficies. Luz : 20 a 40 m.



Estructura para cubrir superficies menores. Luz : 8 a 15 m.



Estructura para capilla con elementos curvos en planta o en elevación.

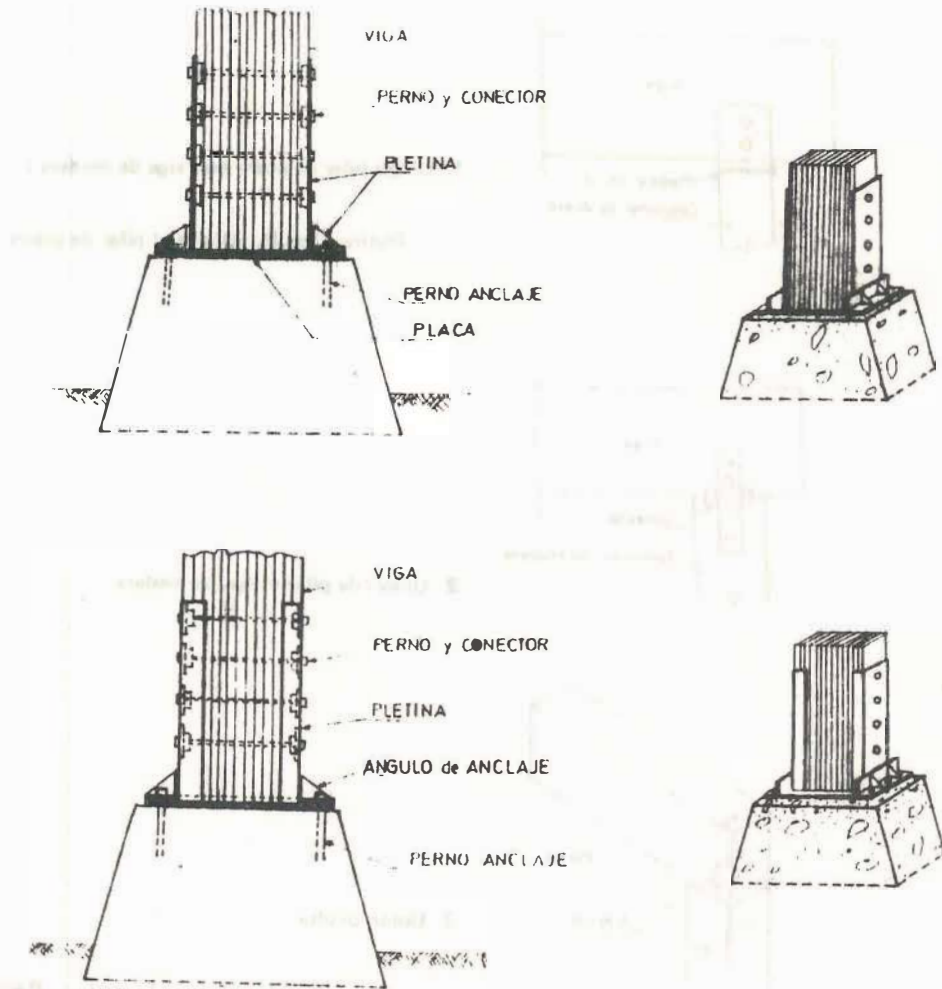


Sala en rotonda



Planta - corte.

Fig. 9.17 Estructura de madera laminada.

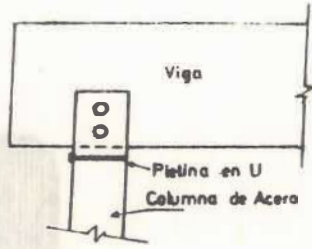


7. y 8. Anclaje columnas de madera sobre base de hormigón :

Para edificios de gran envergadura

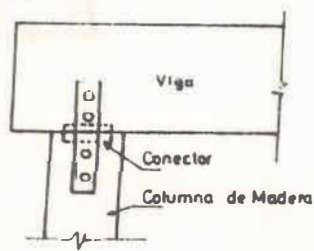
Compuestos de una placa de metal, separando hormigón - madera, pletinas metálicas, pernos y conectores. Resisten grandes esfuerzos horizontales y verticales. El anclaje es a través de pernos empotrados al hormigón.

Fig. 9.21. Anclaje pilares.

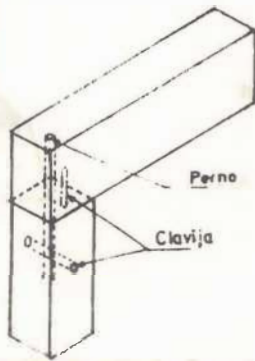


1. Unión pilar de acero con viga de madera :

Pletina: Tipo U, soldada al pilar de acero.

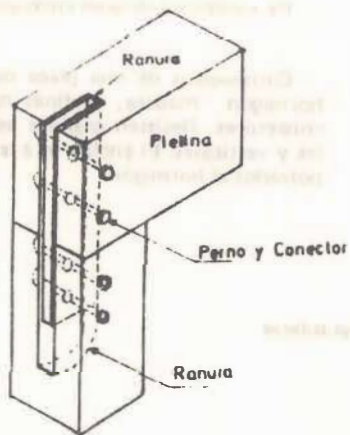


2. Unión de pilar y viga de madera.



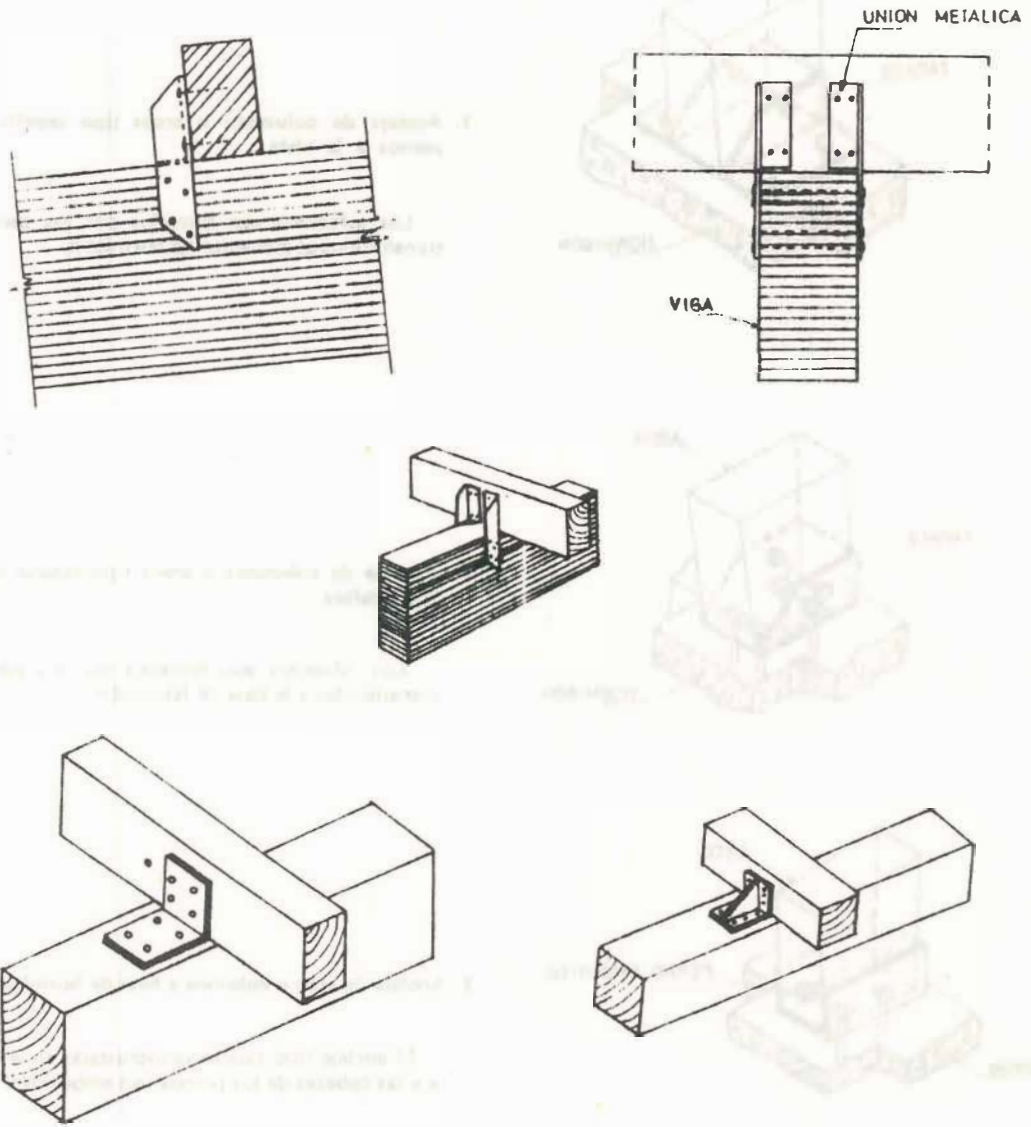
3. Unión oculta .

Para vigas y columnas de madera. Recomendada para cargas livianas



4. Unión oculta para vigas y columnas de madera :

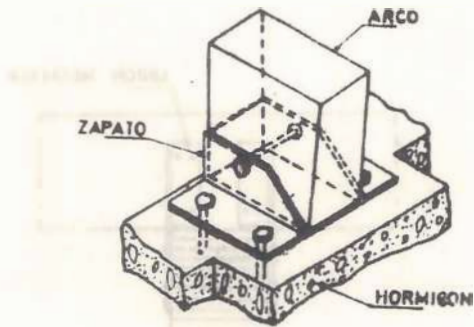
Las cabezas de los pernos y las tuercas van embutidas.



9. 10 y 11. Unión por sobre la viga principal :

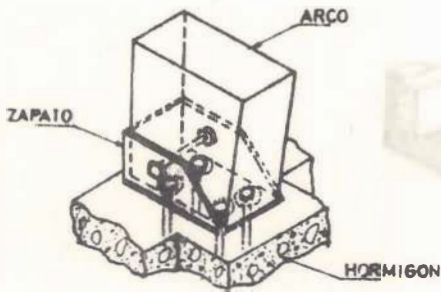
Existe una gran variedad de este tipo, pudiendo usarse incluso tacos de madera que cumplen la misma función. Dependiendo de los elementos que se cruzan, pueden ser 2 : una a cada lado, o solamente una por unión.

Fig. 9.28. Unión costaneras -- vigas o vigas-vigas.



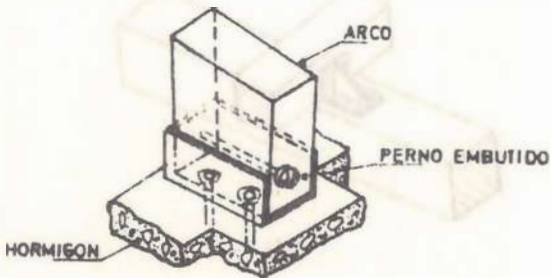
1. Anclaje de columnas o arcos tipo zapato, con pernos a la vista :

Los esfuerzos son tomados por los pernos y transmitidos al elemento de hormigón.



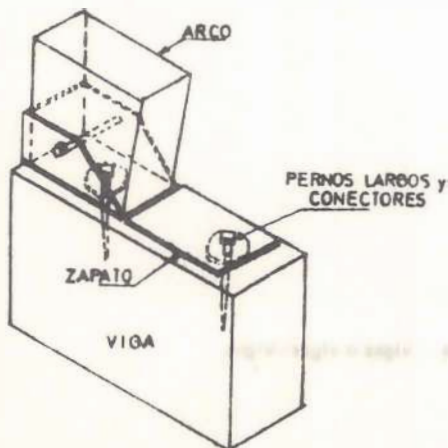
2. Anclaje de columnas o arcos tipo zapato con pernos ocultos :

Los esfuerzos son tomados por los pernos y transmitidos a la base de hormigón.



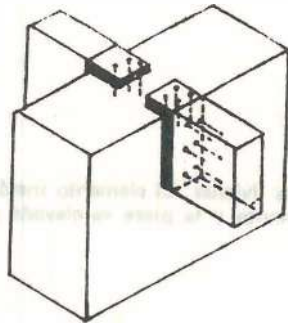
3. Anclaje de arco o columna a base de hormigón :

El anclaje tipo zapato va incrustado en la madera y las cabezas de los pernos van embutidas.



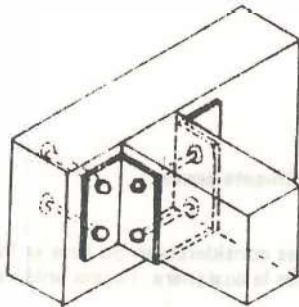
4. Anclaje de arco o columna a viga de madera.

Los esfuerzos horizontales son tomados por las pletinas, tornillos y conectores. Los esfuerzos verticales son transmitidos directamente por los tornillos.

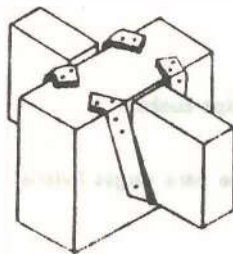


1. Unión viga-costanera :

Es liviana y se usa en caso de cargas pequeñas. La pletina se clava a las maderas y son los clavos los que transmiten los esfuerzos.

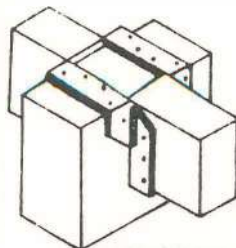


2. Esta es del tipo pesado y se usa para uniones que soportan cargas considerables. Los pernos son colocados de a dos, para impedir la rotación de los elementos.



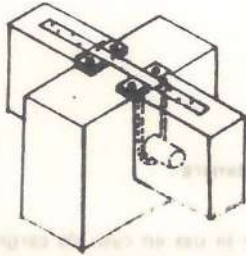
3. Unión tipo estribo torcido :

Es del tipo liviano. No se recomienda su uso cuando la unión va a la vista, por ser poco estética. Las pletinas se clavan a la madera.



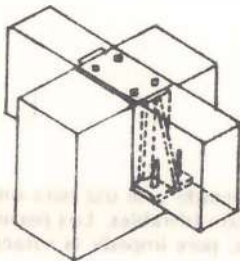
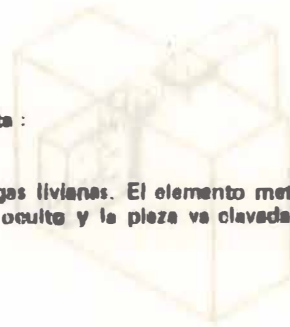
4. Unión tipo estribo soldado :

Usada para elementos que soportan cargas considerables. Da buena presentación, pues, además tapa las posibles deficiencias de la unión entre vigas. Esta unión va clavada a los elementos.



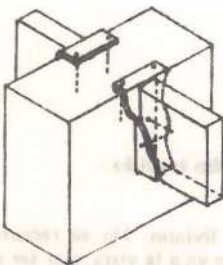
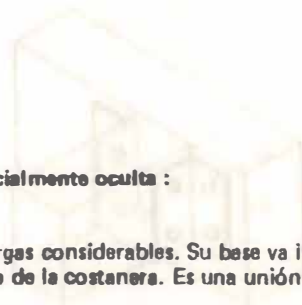
5. Unión oculta :

Para cargas livianas. El elemento metálico está totalmente oculto y la pieza va clavada y atornillada.



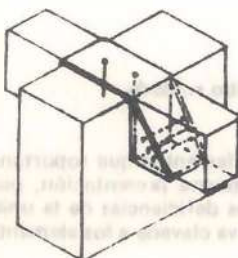
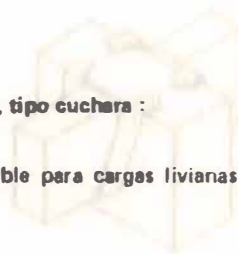
6. Unión parcialmente oculta :

Para cargas considerables. Su base va incrustada en el fondo de la costanera. Es una unión clavada.



7. Unión colgada, tipo cuchara :

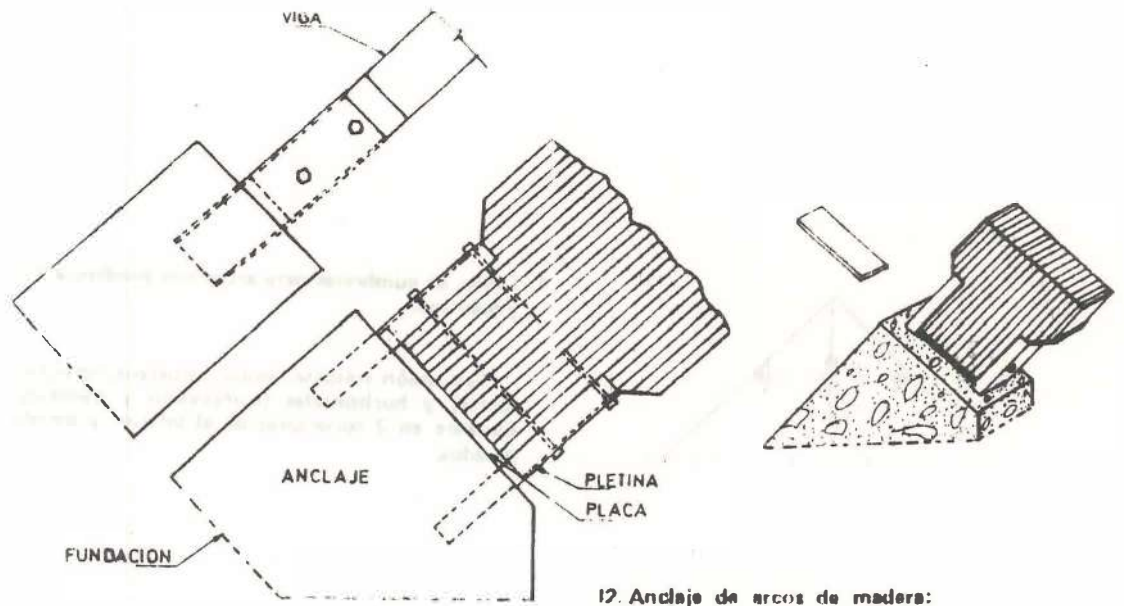
Recomendable para cargas livianas y vigas pequeñas.



8. Unión colgada :

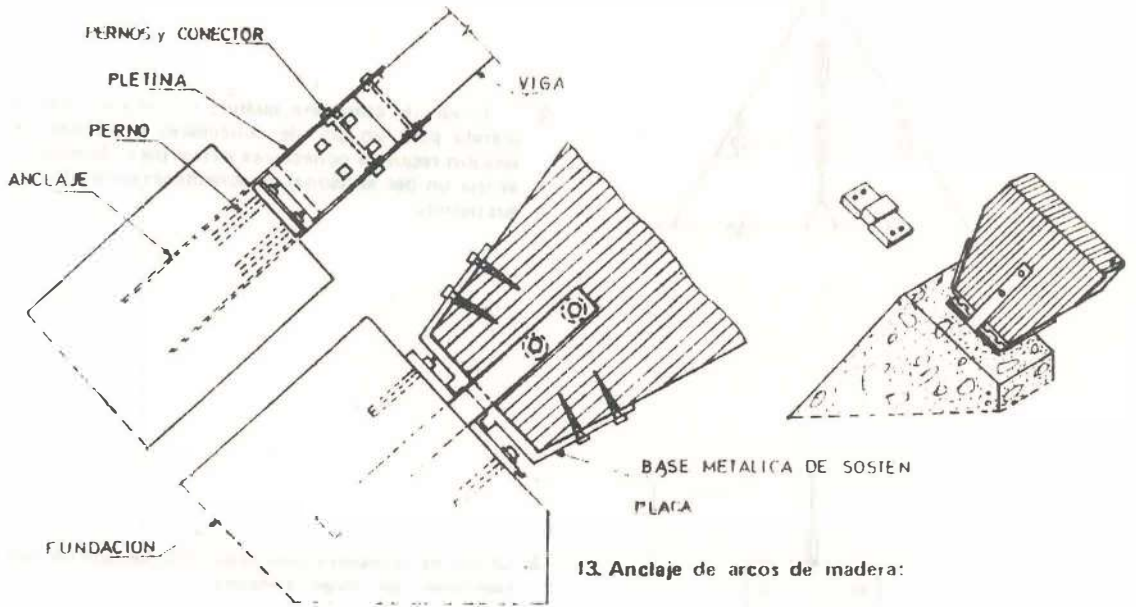
Para cargas considerables.





12. Anclaje de arcos de madera:

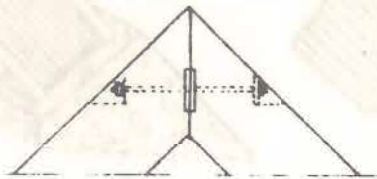
Recomendado para grandes luces. El anclaje es a través de pletinas empotradas en el hormigón.



13. Anclaje de arcos de madera:

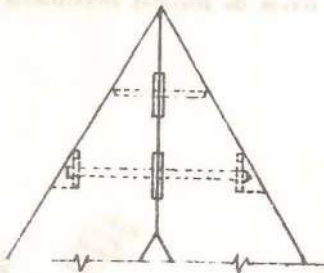
Recomendado para grandes luces. Resiste esfuerzos horizontales y verticales. El anclaje es a través de pernos y pletina, empotrados en el hormigón.

Fig. 9.27. Anclaje de arcos.

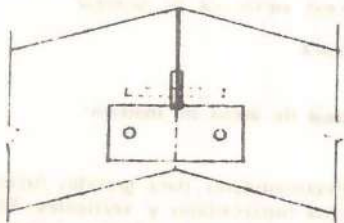


1. Unión de cumbreras para arcos con pendiente 1:3 y mayores:

Esta unión traspasa ambos esfuerzos, verticales (corte) y horizontales (compresión y tracción). Consiste en 2 conectores en el interior y pernos pasados.

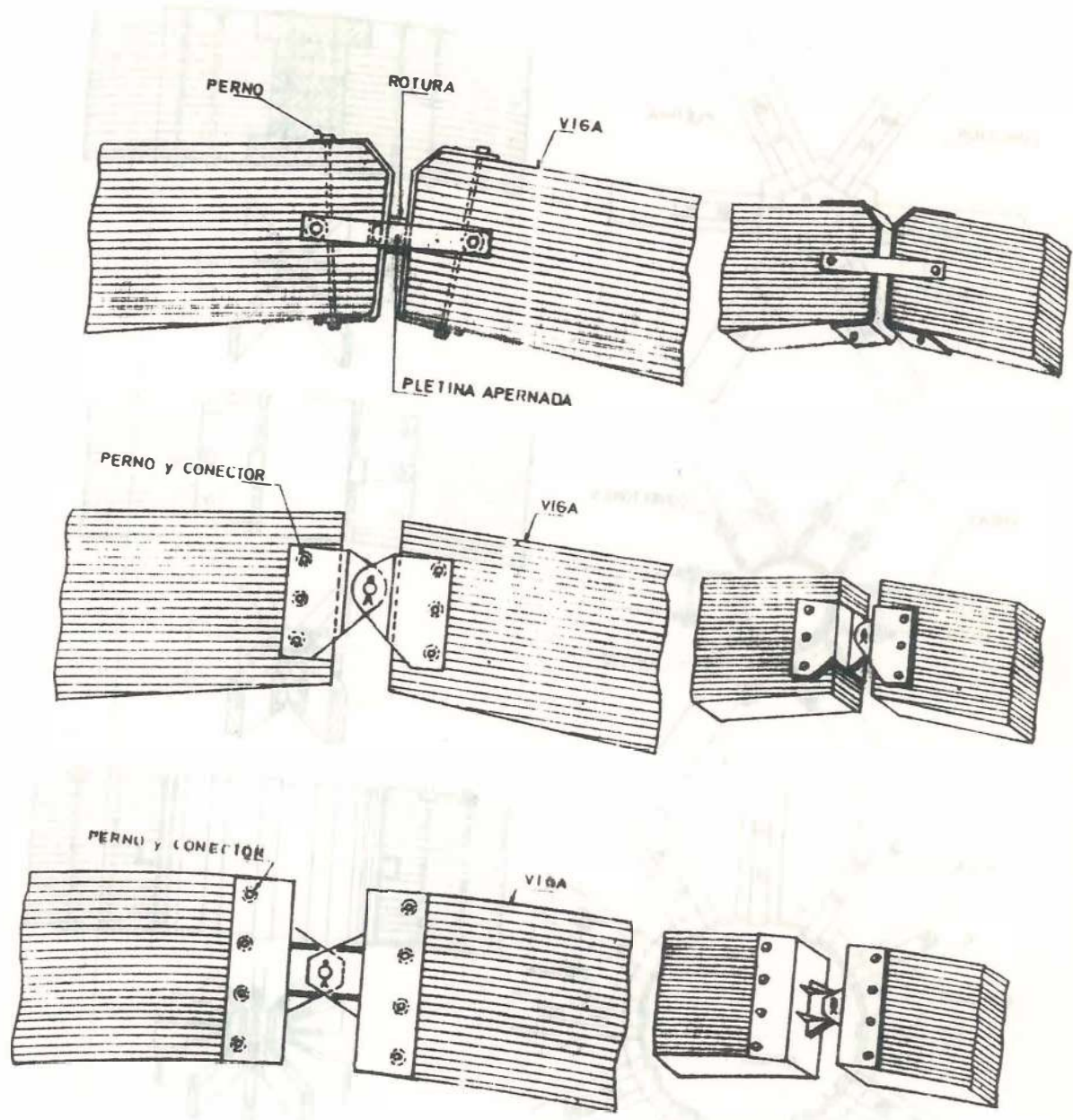


2. Unión de cumbrera cuando el corte vertical es grande para un par de conectores o cuando la sección requiere conectores extras para alineación, se usa un par adicional de conectores centrados en sus pernos.



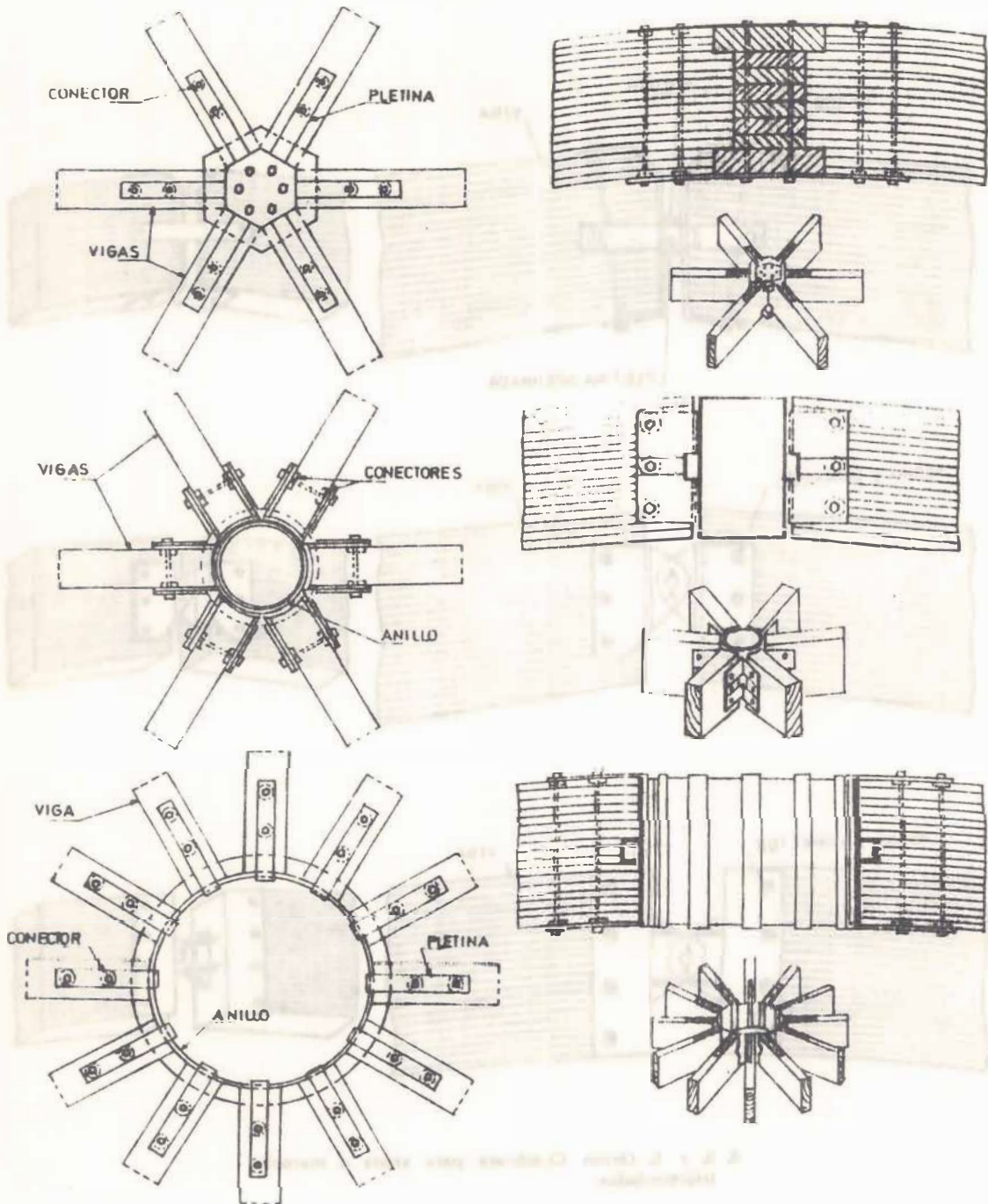
3. Unión de cumbrera para arcos con pendientes que requieren un largo excesivo.

Los conectores en el interior centrados en una barra son usados en conjunto con pletina y pernos.



4. 5. y 6. Unión Cumbra para arcos o marcos triarticulados:

Estas uniones son rótulas, compuestas de pletinas, pernos y conectores.



7. 8. y 9. Uniones de varios arcos o marcos de madera laminada, que convergen a un punto común.

Fig. 9.28. Unión de cimbra.

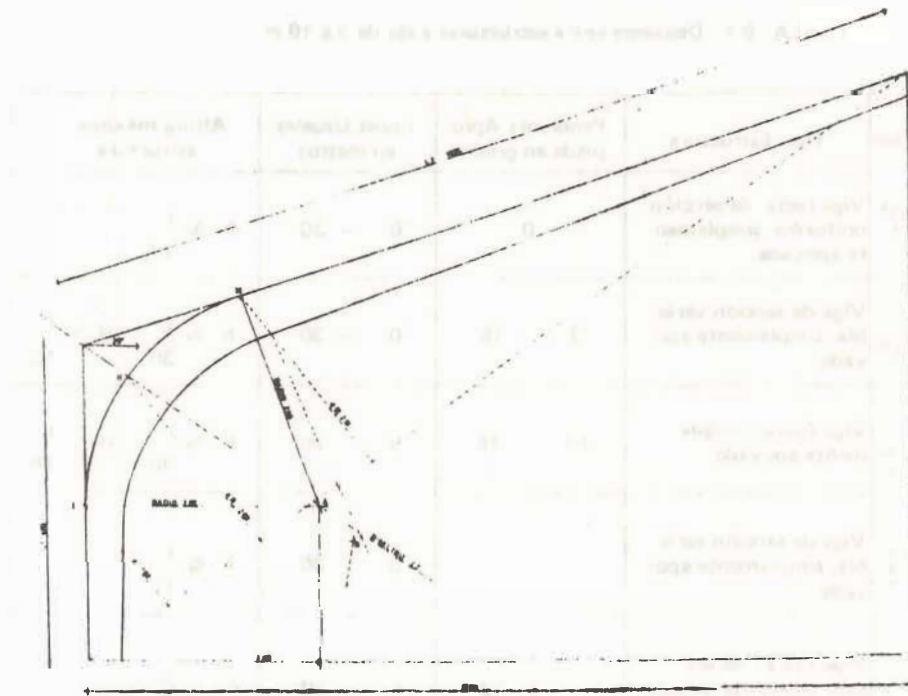
Los elementos curvos quedan gobernados por su radio de curvatura, que es la única restricción.

El radio de curvatura dependerá del espesor de las láminas. Como guía general, las láminas hechas de coníferas pueden ser dobladas hasta un radio de curvatura de, aproximadamente, 150 veces su espesor ($R = 150 e$). Así, una lámina de 1" de espesor (20 mm cepillada), puede doblarse con un radio no menor de 3,75 metros, sin que exista una pérdida apreciable de su resistencia. Este valor puede ser más pequeño para láminas más delgadas y puede incrementarse hasta llegar a 200 veces el espesor de la

lámina, para láminas de hasta 2 pulgadas de espesor. El espesor más aconsejable para laminar es de 1 a 1 1/2 pulgada y se usa la relación de $R = 150 e$.

Cuando se fabrican elementos con curvaturas pronunciadas, existe una gran diferencia entre el radio interior y exterior, y es esencial asegurar que las láminas no sean muy gruesas para el doblado que existe en el interior.

El diseño de cada pieza individual, es un diseño netamente geométrico. Véase Fig. 9.18.



ANTECEDENTES

- Luz Total : $L = 20$ mts.
- Pendiente : $\xi = 20^\circ$
- Espesor : $e = 14$ mm.

DESARROLLO

- A. Se considera $L/2 = 10$ mts
Radio de curvatura.
Si $e = 14$ mm. $\rightarrow 200 \cdot e = 2,8$ mts.
- B. Se traza $\xi = 20^\circ$.
Se saca bisectriz ZZ.
Se traza abajo radio de curvatura y se sube hasta intersectar con la bisectriz.
- C. Se determina el radio de curvatura exterior, a partir del punto A.
- D. Se obtienen los puntos: I - II - III.

$$h_{II} = \frac{1}{25} (L_1 + L_2) =$$

$$= 0,04 (4 + 10,55) = 58,2 \text{ cm.} = h_{II}$$

$$h_I = \frac{h_{II}}{\sqrt{d_{II}}} \cdot \sqrt{d_I}$$

$$h_I = \frac{58,2}{\sqrt{2,60}} \cdot \sqrt{1,80} = 45,63$$

$$h_{III} = \frac{h_{II}}{\sqrt{d_{II}}} \cdot \sqrt{d_{III}}$$

$$h_{III} = \frac{58,2}{\sqrt{2,60}} \cdot \sqrt{2,61} = 58,32$$

E. Obtenidos los 3 puntos anteriores: I, II y III, se busca centro de radio de curvatura interna (considerando el mismo radio = 280)

- Se obtiene B.

Fig 9.18.

9.3.2 Predimensionamiento.

Solamente, con el objeto de predimensionar los elementos laminados en la etapa del diseño arquitectónico, se pueden utilizar las recomendaciones indicadas en la Tabla N° 9.1., en la cual, según la estructura y la pendiente, se indican las luces más usuales, y la altura de la viga en función de la luz.

El espesor se puede determinar a base de la relación Espesor / altura.

$$b/h = 1/4 \text{ a } 1/8$$

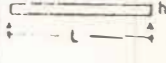
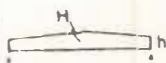

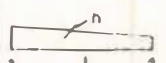


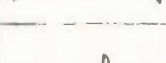
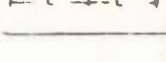


en que :

b = espesor de la viga

h = altura de la viga

La relación óptima es 1/8, para todos los tipos de estructura.

TABLA 9.1. Distancia entre estructuras a eje de 3 a 10 m.












Sistema Estático	Tipo Estructura	Pendiente Apropia en grados	Luces Usuales en metros	Altura máxima estructura
	Viga recta, de sección uniforme, simplemente apoyada.	0	10 - 30	$h \approx \frac{L}{17}$
	Viga de sección variable, simplemente apoyada.	3 - 15	10 - 30	$h \approx \frac{L}{30}$ $H \approx \frac{L}{16}$
	Viga tijeral, simplemente apoyada.	13 - 15	10 - 30	$h \approx \frac{L}{30}$ $H \approx \frac{L}{16}$
	Viga de sección variable, simplemente apoyada.		10 - 30	$h \approx \frac{L}{17}$
	Viga tijeral, de sección uniforme, simplemente apoyada.	> 12	15 - 30	$h \approx \frac{S}{20}$
	Tijeral triarticulado	> 12	10 - 50	$h \approx \frac{S}{18}$
	Viga continua de sección uniforme.	0	10 - 25	$h \approx \frac{L}{20}$
	Viga continua con acortamiento en los apoyos centrales.		10 - 25	$h \approx \frac{L}{22}$ $\delta \approx \frac{L}{20}$
	Viga enrejada de altura constante, simplemente apoyada.		30 - 60	$h \approx \frac{L}{13}$
	Viga tijeral continua, de sección constante.		10 - 25	$h \approx \frac{L}{20}$

Configurations of laminated beams

Configuraciones de vigas laminadas

Sistemas de laminated beams

Sistemas de vigas laminadas

	Usual span Crujías usuales l m	Distance between beams Distancia entre vigas e m	Height of construction Altura de construcción h m
	Beam on 2 supports (straight) Viga derecha en 2 soportes	10-50	5-10 0,06 x l
	Trapezoidal beam on 2 supports Viga trapezoidal en 2 soportes	10-50	5-10 0,07 x l
	Crank beam on 2 supports Viga angular en 2 soportes	10-35	5-10 0,07 x l
	Three-joint frame with tie rod Marco de 3 articula- ciones con tirante	20-60	5-10 0,03 x l
	Three-joint arch with tie rod Arco de 3 articula- ciones con tirante	20-100	5-10 0,025 x l
	Three joint arch with counter support Arco con soportes laterales	25-150	5-10 0,02 x l
	Three-joint frame a) dowelled joint b) finger-jointed corner c) composed corner Marco de 3 articulaciones con escina aguda a) unión de tarugos b) finger joint c) unión compuesta	10-50	5-10 0,06 x l
	Three joint frame, round corners Marco de 3 articula- ciones con escina redonda	10-80	5-10 0,05 x l
	Two-joint frame a) dowelled joint b) finger-jointed c) composed joint Marco de 2 articulaciones a) unión de tarugos b) finger joint c) unión compuesta	10-40	5-10 0,05 x l
	Beam over several fields Viga sobre varios campos	10-30	5-10 0,05 x l
	Reinforced beam over several fields Viga reforzada sobre varios campos	10-30	5-10 0,04 x l
	Cantilever beam Viga de garganta libre l, k = 1,3	k = 10-30	5-10 0,1 x k

Behaviour of laminated beams in fire

Wood can be used as a fuel: it burns. One would believe that this makes it dangerous to use wood for buildings. Exactly the contrary is the case.

If there is a fire in a building, there are two facts that very clearly determine the damage:

a) the open time:

The open time can be determined as the time in which one still can move within the building without hazard, evacuate people, animals and goods, fight the fire and protect those parts that have not been attacked yet by the fire.

b) The overall damage:

This damage can be determined as the total amount of goods destroyed in the building and the parts of the building which must be removed and replaced after the fire.

Experience has clearly shown that buildings made from laminated beams have a much longer open time and much less overall damage after fire than any other building. The physical reason for this fact is a well known property of wood: when burning, the outer layers of

Concrete	1,2 kcal/mh°C
Bricks	0,7 kcal/mh°C
Wood	0,13 kcal/mh°C
Charcoal	0,03 kcal/mh°C

This "closed book effect" which is known to everyone (if you try to burn a closed book you will be surprised that within a big fire, the inner pages are still white after a long time) has been demonstrated by tests performed by the Technical University of Stuttgart, Prof. Dr. Ing. Egner. Wooden beams of cross section 16 cm x 40 cm exposed to a "standard fire" (a typical fire configuration where the temperature rises in 30 minutes from 20°C to 880°C) showed after 30 minutes still 2,4 times their nominal safety bearing strength.

The thickness of the charcoal layer was only 2 cm.

Another beam, exposed for an additional 30 min. to 1000°C, still was capable to bear 60 % of the nominal safety load, which is the sum of all theoretical loads for wind, snow, and traffic.

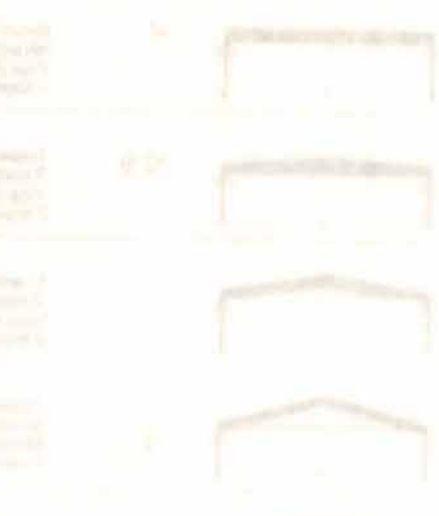
Neither steel nor aluminium would by far reach such a long open time as wood.

The picture shows the situation of a building where laminated wood beams and steel beams as well as aluminium structures were used combinendly for test purposes.

The steel and the aluminium have come down whereas the wood is still in its

Comportamiento de las vigas laminadas en incendios

...and behaviour in standard fire



Madera si ve de leña: se puede quemar. Uno podría concluir que es peligroso usar madera para edificios, sin embargo no es cierto.

Si hay un fuego en un edificio, son 2 factores los que cuentan, los que determinan claramente el peligro y el daño:

a) el tiempo abierto.

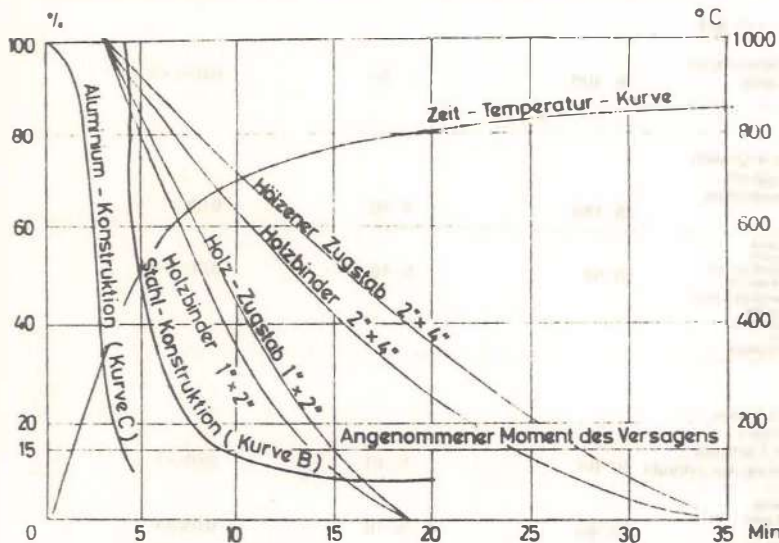
El tiempo abierto puede ser definido como aquel tiempo durante el cual uno puede quedarse en el edificio, evacuar gente, animales y objetos, combatir el incendio y proteger aquellas partes que todavía no han sido atacadas por el fuego.

b) el daño final.

Este daño puede ser definido como el total de elementos destruidos, tanto en el edificio como los que hacen parte del edificio mismo, y que tienen que ser reemplazados después del incendio.

La experiencia comprobó que edificios con vigas laminadas tienen un tiempo abierto más prolongado y un daño final menor después de un incendio que cualquier otro tipo de edificio. El motivo físico de este fenómeno es una propiedad bien conocida de la madera. Madera que quema desarrolla en su superficie una capa carbonizada, la que es un aislante térmico para las capas interiores de la madera.

Como además la madera tiene una conductividad térmica baja, se propaga la temperatura muy lentamente en ella. De esto resulta que la resistencia mecánica de una viga laminada de madera en plenas llamas se conserva por un tiempo prolongado.



the wood carbonize and insulate the inner layers from the heat. Since, in addition, wood has a low thermal conductivity, the heat is transferred from one place to another very slowly. As a consequence, the strength of a wooden beam, even if it burns, is preserved over a long time.

It makes no difference for the practical use whether the building element burns itself or is damaged by the heat. What counts is, to what extent it is damaged. A comparison of the specific thermal conductivities of several materials explains this phenomenon.

Thermal conductivity

Aluminium	175	kcal/mh°C
Steel	45	kcal/mh°C

place and capable of bearing a considerable part of its nominal load. According to DIN 4074, building materials are classified for their fire resistance in class F 30 (30 minutes open) and F 60 (60 minutes open). For laminated beams, the following situation has been found (see page 15):

DESIGNO DE VIGAS RECTAS DE MADERA LAMINADA

bajo la supervisión del Dr. Erkki Niskanen, Consultor de la FAO.

I) DIMENSIONES

Consideremos 2 casos:

	<u>Caso A</u>	<u>Caso B</u>
	(Viga de techumbre)	(Viga interior de un edificio)
Luz	$l = 15\text{m.}$	$l = 8\text{ m.}$
Distancia entre vigas	$D = 4\text{ m.}$	$D = 2\text{ m.}$

II) CARGAS

	<u>Caso A</u>	<u>Caso B</u>
Peso propio estruct.	40 Kg/m^2	50 Kg/m^2
Sobrecarga	20 Kg/m^2	250 Kg/m^2
<hr/>		
Total	60 Kg/m^2	300 Kg/m^2
Carga por metro lineal q	$q = 240\text{ Kg/ml}$	$q = 600\text{ Kg/ml}$

III) SOLICITACIONES (Considera viga simplemente apoyada)

1.- Momentos de flexión al centro:

$$M = \frac{q l^2}{8}$$

$$M = \frac{\text{Caso A}}{8} \frac{240 \times 15^2}{8}$$

$$M = 6.750\text{ Kg-m}$$

$$M = \frac{\text{Caso B}}{8} \frac{600 \times 8^2}{8}$$

$$M = 4.800\text{ Kg-m}$$

4.- Esfuerzo de corte en los apoyos:

$$Q = \frac{q l}{2}$$

$$Q = 1.800 \text{ Kg.}$$

$$Q = 2.400 \text{ Kg.}$$

IV) DISEÑO

1.- Fatigas admisibles

En el caso de la viga de techumbre, el efecto del viento produciría succión sobre la superficie, la que, tomando la presión básica máxima de 100 Kg/m^2 , sería:

$$p = - 0,4 \times 100 = - 40 \text{ Kg/m}^2$$

succión que produce un efecto menor que el del peso propio, de manera que no la consideramos en el cálculo.

Por tratarse de madera laminada, tomaremos los siguientes coeficientes de amplificación, correspondientes a pino insigne de II clase (según consideraciones hechas en ejemplos de marcos anteriormente):

Para fatiga admisible de flexión:	1,3
Para fatiga admisible de cizalle:	1,2
Para módulo de elasticidad en flexión:	1,2

De manera que:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{adm. flexión}} &= 70 \times 1,3 &= & 91 \text{ Kg/cm}^2 \\ \tau_{\text{adm. //}} &= 8 \times 1,2 &= & 10 \text{ Kg/cm}^2 \\ E_{\text{flexión}} &= 100.000 \times 1,2 &= & 120.000 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2.- Dimensionamiento de las secciones

Tomaremos el ancho $b = 11,5 \text{ cm}$ (5") en ambos casos

$$h_{\text{nec}}^2 = \frac{6 M}{b \sigma}$$

$$\text{Caso A} \\ h_{\text{nec}}^2 = \frac{6 \times 675000}{11,5 \times 91}$$

$$h_{\text{nec}} = 62 \text{ cm.}$$

$$h_{\text{nec}}^2 = \frac{6 \times 480000}{11,5 \times 91}$$

$$h_{\text{nec}} = 52,5 \text{ cm.}$$

Tomamos:

29 laminaciones de 2,2 x 11,5 cm

h = 63,5 cm.

$$\frac{h}{b} = \frac{63,5}{11,5} = 5,5 < 6$$

24 laminaciones de 2,2x11,5cm.

h = 53 cm.

$$\frac{h}{b} = \frac{53}{11,5} = 4,6 < 6$$

$\frac{h}{b} = 6$: límite dado por las especificaciones finlandesas

5.- Verificaciones

a) Esfuerzo de corte

$$\tau = 1,5 \frac{Q}{bh}$$

$$\tau_{//} = 1,5 \frac{1800}{11,5 \times 63,5}$$

$$\tau_{//} = 3,7 \text{ Kg/cm}^2 < \tau_{//} \text{ adm}$$

$$\tau_{//} = 1,5 \frac{2400}{11,5 \times 53}$$

$$\tau_{//} = 5,9 \text{ Kg/cm}^2 // \text{ adm}$$

En el caso A se podría pensar en vigas de sección variable:



utilizando al centro la sección recién diseñada y en los apoyos un mínimo de 11,5 x 24 cm. También se podría adoptar la solución



pero en este caso debería considerarse el efecto del viento.

b) Deformación máxima

De acuerdo con las especificaciones finlandesas se tomarán los siguientes límites restrictivos:

Caso A

$$f_{\text{máx}} = \frac{1}{200} \text{ (para peso propio estruct.)}$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{1500}{200} = 7,5 \text{ cm.}$$

$$f = \frac{5 q \cdot l^4}{384 EI}$$

$$f = \frac{5 \times 2,40 \times 1500^4 \times 1^4}{384 \times 120000 \times 11,5} = 63,53$$

$$f = 5,4 \text{ cm } f_{\text{máx}}$$

Caso B

$$f_{\text{máx}}^1 = \frac{1}{300} \text{ (para carga máxima)}$$

$$f_{\text{máx}}^2 = \frac{1}{500} \text{ (para peso estruct. + 1/2 sobrecarga)}$$

$$f_{\text{máx}}^1 = \frac{800}{300} = 2,7 \text{ cm}$$

$$f_{\text{máx}}^2 = \frac{800}{500} = 1,6 \text{ cm}$$

$$f^1 = \frac{5 \times 6,00 \times 800^4 \times 12}{384 \times 120000 \times 11,5 \times 53^3}$$

$$f^2 = f^1 \times \frac{3,5}{6,0}$$

$$f^1 = 1,9 \text{ cm } f^1_{\text{máx}}$$

$$f^2 = 1,1 \text{ cm } f^2_{\text{máx}}$$

4.- Contraflecha

Caso A: Se dará una contraflecha igual a la deformación calculada, debido a que el cálculo se efectuó con las cargas estáticas

$$\underline{\Delta} = 5,4 \text{ cm}$$

Caso B: Se dará una contraflecha equivalente a la flecha debida a las cargas estáticas más la mitad de la sobrecarga

$$\underline{\Delta} = 1,1 \text{ cm}$$

5.- Resumen

Nº laminaciones	29 lam. de 2,2x11,5cm(1"x5)	24 lam/ DE2,2x11,5cm(1"x5)
Dimensiones sección	11,5x63,5 cm	11,5 x 53 cm
Contraflecha al centro	5,4 cm	1,1 cm

ACUERDO DE CARTAGENA



JUNTA

PRINCIPIOS BASICOS DEL ENCOLADO

UNIONES DE DENTADURA

(FINGER - JOINT)

Y

VIGAS LAMINADAS

POR

HANNES HOEHEISEL

Diplom - Holzwirt

Consultor CEE

Programa de Promoción Industrial

**Proyecto Subregional de Promoción
Industrial de la Madera para Construcción**

Junta del Acuerdo del Cartagena

Abril 1988

1. LAS BASES FISICAS Y QUIMICAS DEL ENCOLADO

Existe una relación muy estrecha entre la cohesión y la adhesión. La cohesión tiene su base en las fuerzas entre los átomos ó moléculas. En sus bases las fuerzas de cohesión y adhesión son idénticas. Generalmente la adhesión se manifiesta en las fuerzas de atracción entre moléculas.

En principio se pueden unir dos moléculas o dos cuerpos juntándolos, pero las fuerzas de adhesión pueden sólo actuar, cuando se logra una aproximación del orden de 3×10^{-6} cm.

Para los cuerpos sólidos es casi imposible lograr una aproximación entre dos superficies, pues las superficies por una parte, no son tan planos y es imposible eliminar contaminaciones por oxidación, polvo, humedad y la capa límite que existe entre la superficie del cuerpo sólido y el aire.

En la práctica se logra una adhesión de dos cuerpos sólidos mediante colas líquidas, las cuales acondicionan la superficie en tal forma, que puedan actuar las fuerzas moleculares de adhesión.

Al momento todos los procesos técnicos para unir cuerpos sólidos mediante colas, utilizan colas en forma líquida. Durante este proceso es indispensable mojar las superficies de los cuerpos sólidos, formar líneas de colas. También las películas de colas secas y los adhesivos de contacto (aparentemente secos) pasan durante el proceso de encolado, por una fase líquida.

1.1 ADHESION DE DOS ELEMENTOS DE MADERA

La unión a base de una cola tiene su origen en la adhesión y se distinguen dos formas diferentes de adhesión:

- La adhesión mecánica, causada por la penetración de la cola y su anclaje en los poros de las superficies a pegar. Debido a las fuerzas capilares, la cola líquida penetra por los poros a la madera antes de su fraguado.
- La adhesión específica, basada en las fuerzas moleculares -formación de la línea de cola-.

La adhesión mecánica juega un papel muy importante en el proceso de encolado y depende mucho de la madera a encolar. La cantidad y concentración de la cola aplicada determina la unión. Una cola que se difunde fácilmente en la madera puede impedir la formación de superficies mojadas, indispensables para lograr una línea completa de cola entre los cuerpos sólidos. (Fig 1)

CONIFERA

LATIFOLIADA

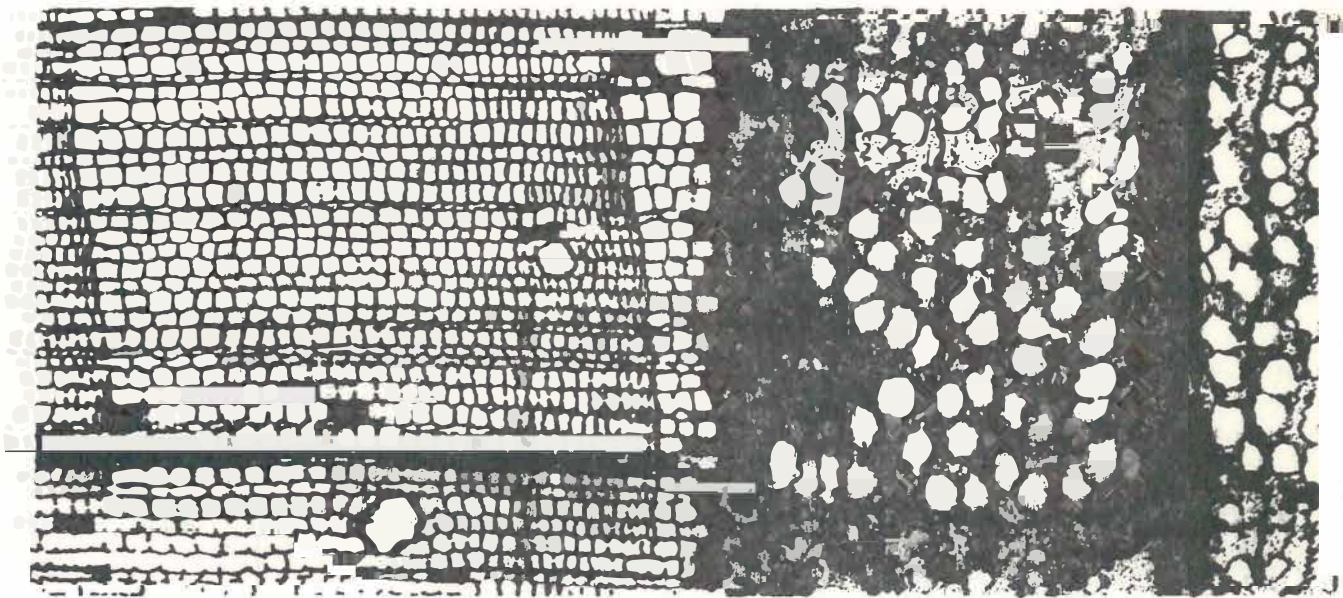


Fig.1 PENETRACION DIFERENTE DE UNA COLA TERMOPLASTICA EN UNA MADERA DE CONIFERA Y UNA MADERA LATIFOLIADA (SEGUN KOLLMANN)

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ENCOLADO

2.1 TEMPERATURA, CONCENTRACION Y ESTADO DE POLIMERIZACIÓN

La tensión de la superficie de las colas líquidas juega un papel importante en la adhesión mecánica, pues de ella depende la penetración de la cola a la madera. Esta tensión de la superficie depende a su vez de la temperatura, concentración y del estado de polimerización de la cola en estado líquido; una alta concentración y una polimerización avanzada aumentan la tensión de la superficie y dificultan su penetración. Por otra parte una baja concentración y una polimerización insuficiente facilitan la penetración de la cola a la madera, con el peligro de destruir el cubrimiento húmedo de la superficie y esto puede tener como resultado unas uniones defectuosas.

2.2 VALOR PH

La influencia del valor Ph en el proceso del fraguado de las colas es remarcable, pues un valor Ph inadecuado puede reducir en forma considerable la resistencia de la línea de cola e influir en los tiempos de prensado.

2.3 ESPESOR DE LA LINEA DE COLA (Fig.2)

Para unir elementos de madera mediante las colas se utiliza un pegamento de alto peso molecular. Esta circunstancia tiene su influencia en las propiedades de la línea de cola. El espesor de la línea de cola debe ser lo mínimo posible. En general se puede decir que los esfuerzos admisibles dentro de una línea de cola aumentan en forma proporcional con la dimensión de su espesor.

- Además: los esfuerzos de contracción son mayores en líneas de colas gruesas
- Las posibilidades de encontrar defectos de encolado es mayor en líneas de colas de mayor espesor que en las líneas de espesor menor.

2.4 ESFUERZOS DE LAS LINEAS DE COLAS Y DE LA MADERA

La figura demuestra los diferentes esfuerzos de una madera y de dos tipos de colas. En general se debe tratar de obtener uniones, líneas de cola con una alta resistencia en su punto de ruptura, esto significa: colas rígidas. El modulo de elasticidad de la cola completamente fraguada debe ser siempre inferior al modulo de elasticidad de la madera a pegar. Esto con el propósito de evitar roturas en la línea de

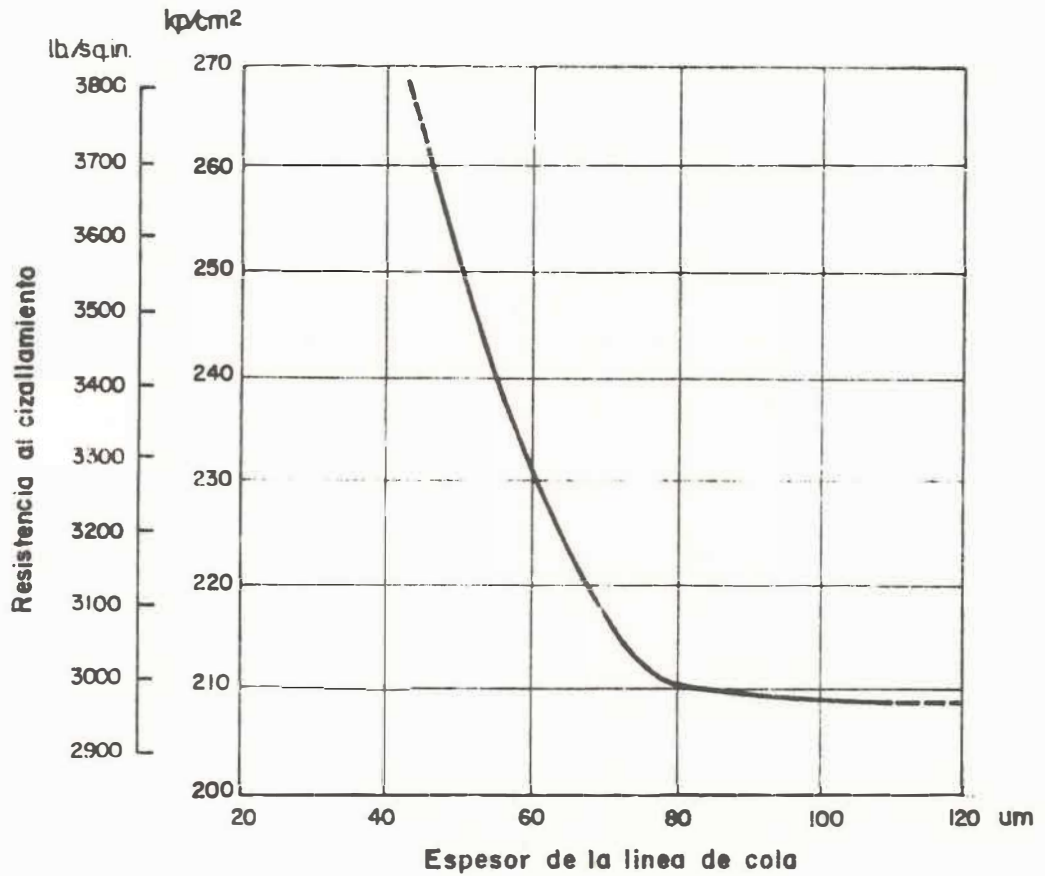


Fig. 2 RELACION ENTRE EL ESPESOR DE UNA LINEA DE COLA Y SU RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO SEGUN MAXWELL.

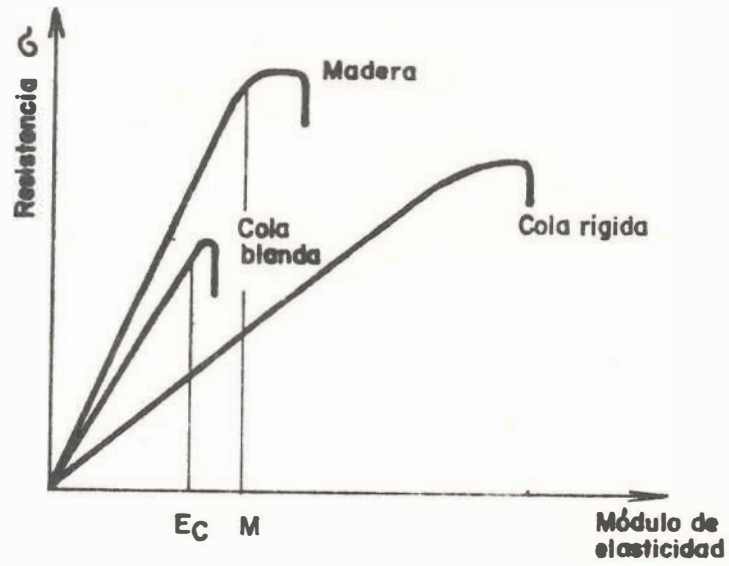


Fig. 3 MODULOS DE ELASTICIDAD DE MADERA Y LINEA DE COLAS

cola. En caso de sobrecarga debe producirse la falla en la madera y no en la línea de cola.

2.5 FENOMENO DE FRAGUADO - CURADO - ENDURECIMIENTO

Existen en principio dos tipos de adhesivos: (Tabla 1)

- Colas a base de un fraguado por endurecimiento mediante una reacción química irreversible.
- Colas a base de un fraguado sin endurecimiento. Por vaporación y/o difusión de los solventes (agua, sustancias orgánicas) sin un cambio de los componentes químicos (procesos reversibles).

El proceso de fraguado (con endurecimiento o sin este) es fundamental para el éxito del encolado. Después de aplicar la cola a las superficies a pegar es inevitable un tiempo de espera ("OPEN TIME") para posicionar en forma deseada las dos superficies a unir. Una vez fijadas en su posición se aplica una presión adecuada con o sin calor por un tiempo determinado. Este tiempo depende del tipo de cola y de la madera.

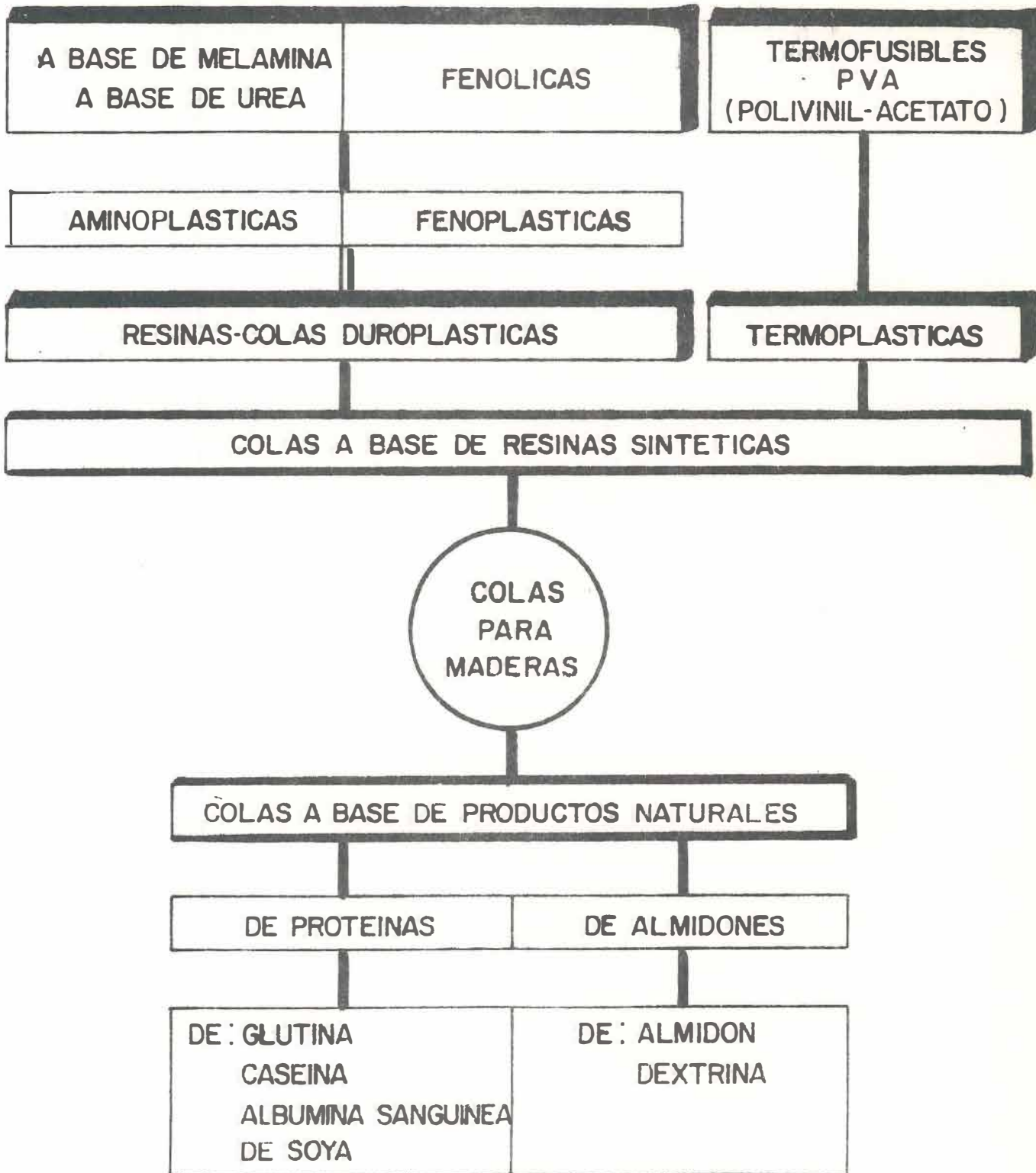
Todas las colas aptas para madera contienen entre 30% y 60% de agua u otros solventes. Una gran parte de esta agua se difunde en la madera. En los procesos de pegamiento en la industria maderera se debe aplicar generalmente entre 50 y 170 gr/m² de solventes (agua), con la consecuencia, que el contenido de humedad aumenta en forma considerable en las partes lindantes a la superficie. Un contenido de humedad demasiado alto debilita la línea de cola de la unión. Normalmente se aplica entre 80 y 350 gr/cm² de cola para uniones en madera. Cualquier exceso en la aplicación de cola es igual de malo como una aplicación pobre. La aplicación excesiva significa un alto costo sin lograr una mejor unión y además se aumenta el peligro de uniones defectuosos por un contenido de humedad excesivo.

2.6 MEJORAMIENTO DE COLAS, SUSTANCIAS RELLENADORAS

Se logró un gran avance en la tecnología del encolado mediante la mezcla de resinas y mediante la aplicación de ingredientes de relleno (harinas de diferente tipo). Estos rellenos evitan por una parte difusión profunda no deseada de las colas a la madera y disminuyen por otra parte los costos de las colas. Una mezcla correcta de resinas y rellenos adecuados pueden hasta aumentar la resistencia de la línea de cola. (Tabla 2)

CLASIFICACION DE COLAS PARA MADERA

TABLA 1



TIPO DE COLA	Cantidad de Ingrediente	Res. Comp. (kp/cm ²) Esp. Línea cola (mm)			Cizall. R. (kp/cm ²) Esp. Línea d.c. (mm)			Falla e. u. (%) Espesor l. cola (mm)		
		ca. 0,1	ca. 0,4	ca. 0,8	ca. 0,1	ca. 0,4	ca. 0,8	ca. 0,1	ca. 0,4	ca. 0,8
Resina de UREA	RELENADOR									
	Pura	19500	-	-	80-100	-	-	70-90	-	-
	30% Resit (polvo)	17600	7750	5800	99	76	71	80	50	50
	15% PVAC	15400	-	-	113	-	-	90	-	-
	30% PVAC	9950	-	-	90	-	-	80	-	-
	15% H. Trigo	15950	-	-	106	-	-	80	-	-
R. Melamina	30% H. Trigo	12850	-	-	104	-	-	90	-	-
	35% Harina Esp.	17300	7250	3400	106	79	65	80	70	40
R. Fenol / Resorcina	PURA	20150	-	-	112	-	-	80	-	-
	20% H. Trigo	16900	-	-	106	-	-	90	-	-
R. Resorcina	6% Polvo de madera	13900	8500	5850	113	82	77	90	70	60
	6% Polvo de madera	14600	7150	5550	108	80	68	90	90	60
Cola d. Gletina	Pura	9600	-	-	89	-	-	80	-	-
Cola d. Caseina	Pura	16600	10800	7300	106	72	63	90	60	40

TABLA: 2

2.7 TIEMPO DE PRENSADO (Fig 4 y 5)

El tiempo de prensado de una unión de elementos de madera a base de cola es muy importante. La figura demuestra la resistencia al cizallamiento de una unión encolada en relación con el tiempo de prensado. La resistencia de una línea de cola no se produce en forma continua y después de un incremento inicial de la resistencia sigue un período de debilitamiento de la línea de cola hasta establecerse, después de un tiempo definido una resistencia promedio en la unión encolada. La razón para el debilitamiento de la unión encolada, después de algunas horas, es tal vez el efecto del incremento del contenido de humedad de la madera en las zonas lindantes de la línea de cola.

3. ENSAYOS PARA DETERMINAR LA EFICACIA DE UNIONES ENCOLADAS DE ELEMENTOS DE MADERA

En principio existen dos métodos para verificar la bondad y la eficacia de uniones encoladas de elementos de madera.

- Métodos no destructivos como:

Absorción de sonidos (ultrasonidos).

Análisis fotoelásticos de los esfuerzos y técnicas de "Stress Coating".

- Métodos destructivos como demuestra la figura 6, 7 y 8.

La figura demuestra un ensayo que permite determinar la resistencia de una línea de cola al cizallamiento. Este ensayo de resistencia de la línea de cola al cizallamiento se utiliza para verificar la eficacia de la línea de cola en la producción de vigas laminadas. (Fig 9).

4. TIPOS DE COLAS

4.1 COLA IDEAL Y EL DESARROLLO DE LAS COLAS

La figura* indica en forma resumida los parámetros de una cola ideal. Este tipo de cola ideal no existe en realidad y no hay una cola apta para todos los usos posibles y además el precio del adhesivo y su disponibilidad juegan un papel muy importante.

* Fig. 10

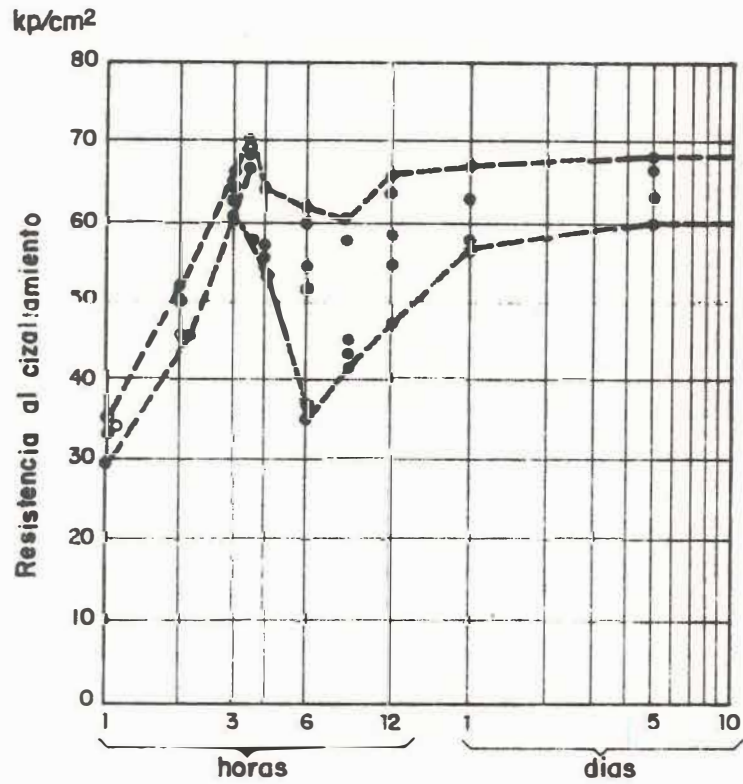


Fig. 4 DEPENDENCIA DE LA RESISTENCIA DE UNA LINEA DE COLA AL CIZALLAMIENTO SEGUN EL TIEMPO DE FRAGUADO (COLA NATURAL) SEGUN PLATH.

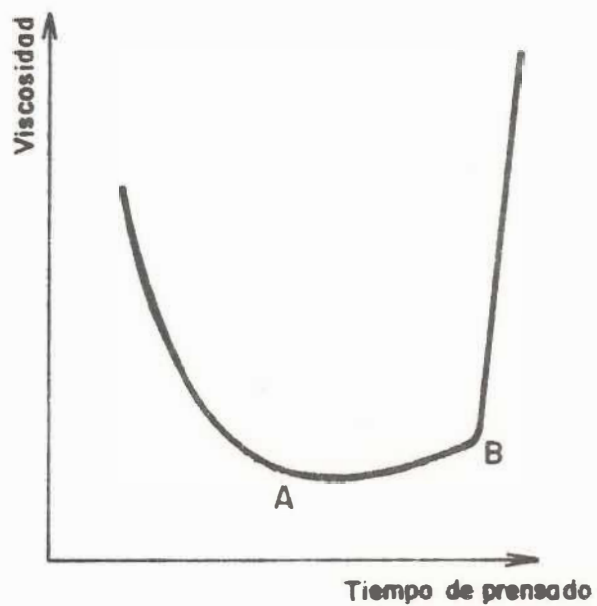
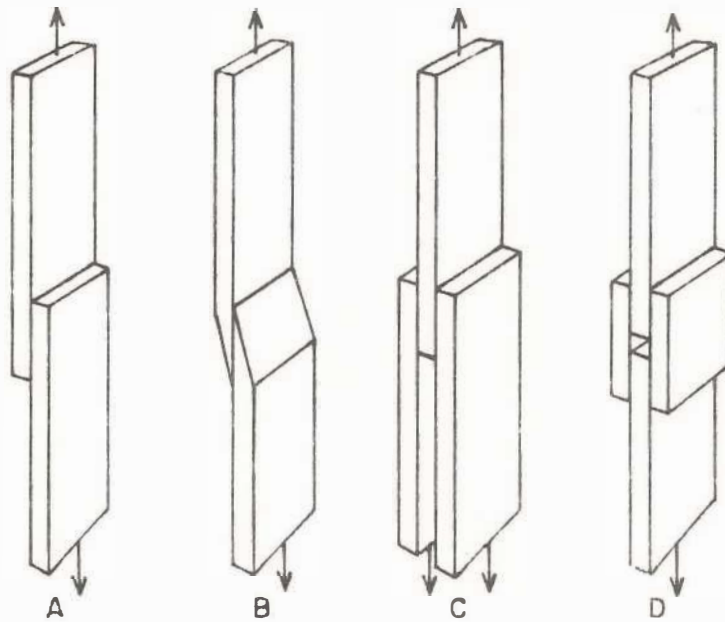


Fig. 5 RELACION ENTRE LA VISCOSIDAD DE UNA COLA DE UREA FORMALDEHIDO Y TIEMPO DE PENSADO EN CALIENTE. CONTRAENCHAPADO.

Fig. 6 PROBETAS PARA ENSAYAR LA RESISTENCIA DE LINEAS DE COLA EN TENSION Y CIZALLAMIENTO



A - Traslapado simple (bueno facil y muy práctico)

B - Traslapado de doble chaflán (muy bueno, pero difícil de elaborar)

C - Traslapado doble (bueno pero difícil para la distribución de la carga)

D - Traslapado doble con dos elementos centrales (bueno)

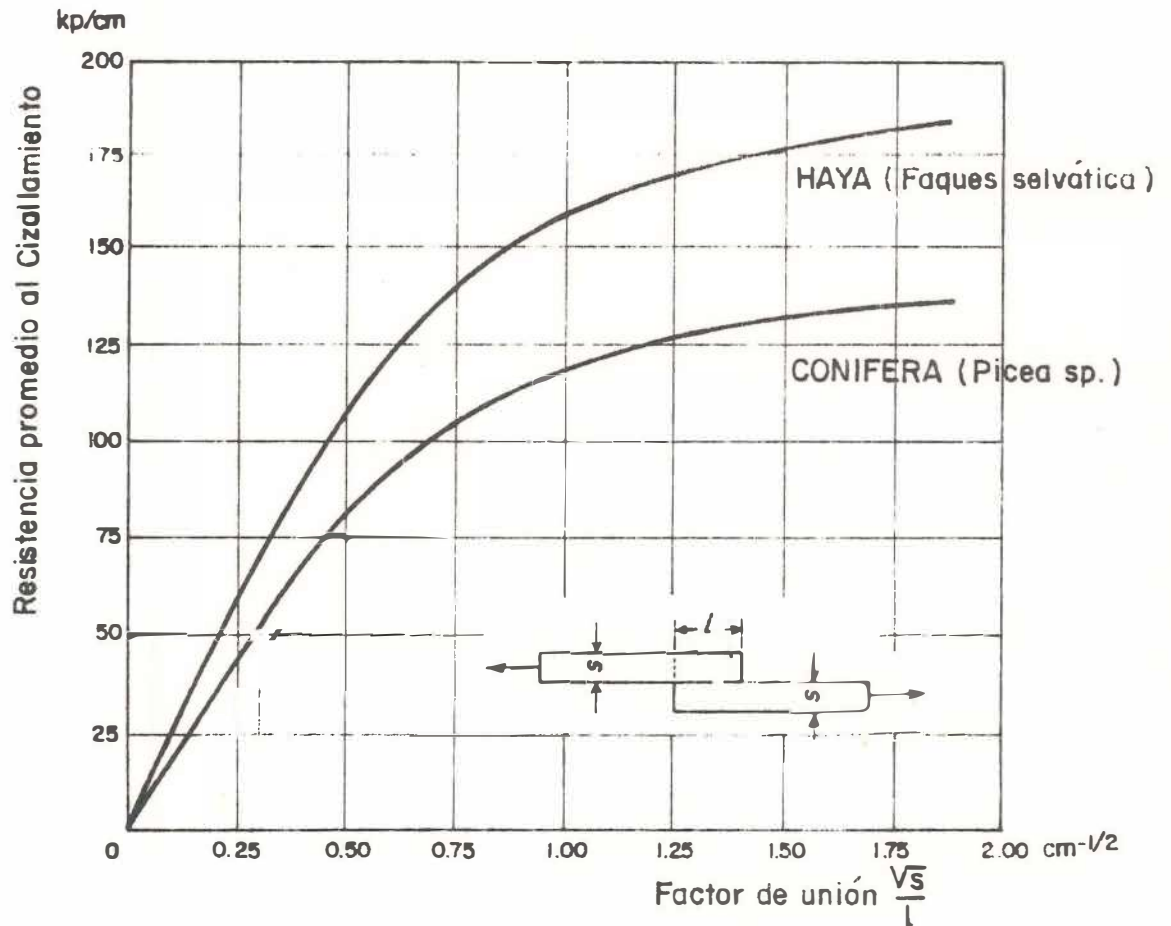


Fig. 7 RELACION ENTRE EL ESFUERZO CORTANTE EFECTIVO Y EL ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO EN LA LINEA DE COLA Y EL FACTOR DE UNION

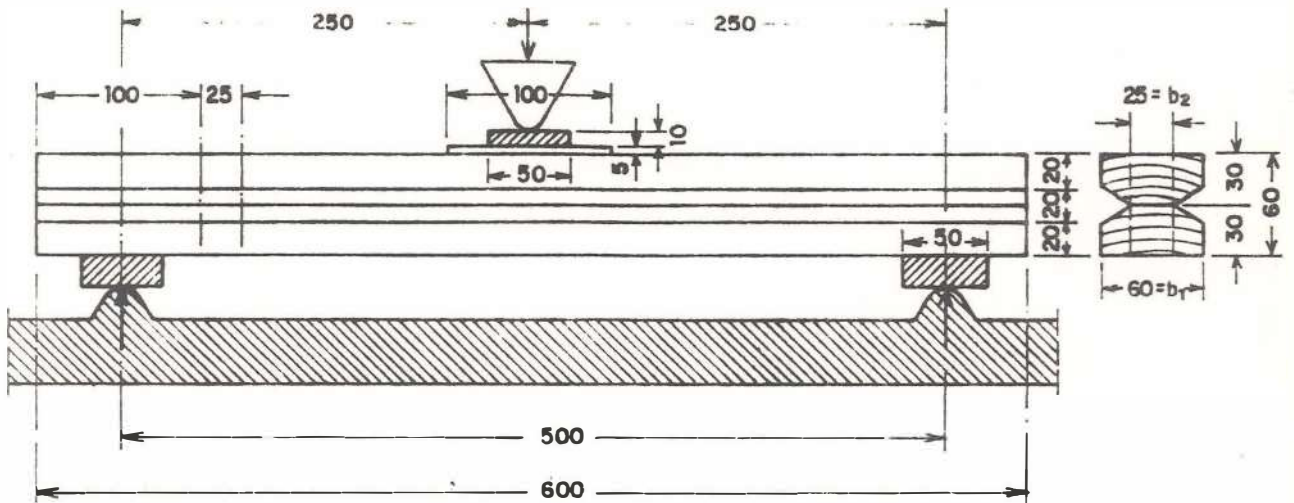
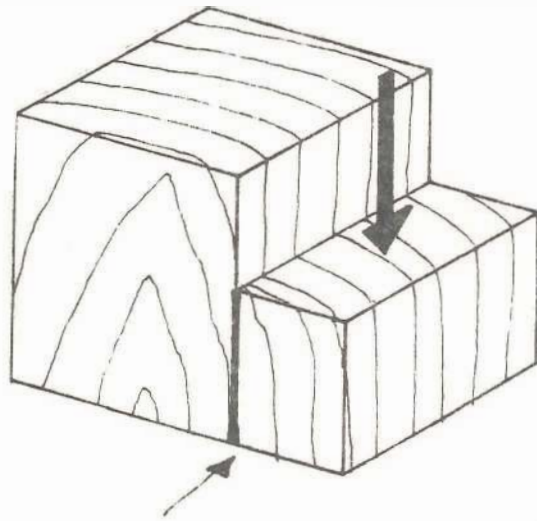


Fig. 8 DISPOSITIVO Y PROBETA PARA UN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION Y AL CIZALLAMIENTO DE UNA LINEA DE COLA SEGUN EMPA-ZUERICH-SUIZA

cizal lamiento-clivaje

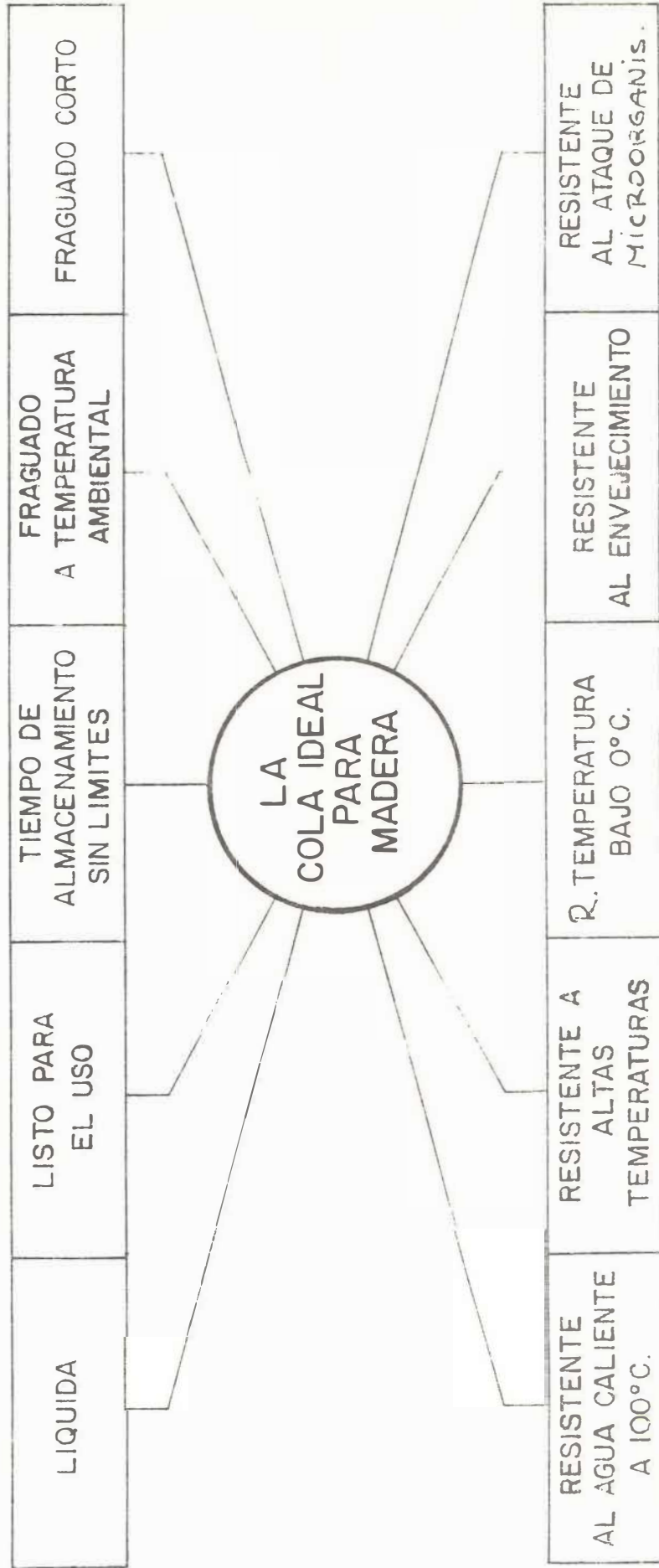


Línea de cola

Fig. 9. Ensayo para determinar la resistencia de la línea de cola y el agarre (falla dentro de la madera en %).

Fig. 10 CUALIDADES DE UNA COLA IDEAL

CUALIDADES DE APLICACION



CUALIDADES DE LA LINEA DE COLA

4.2 CLASIFICACION DE LAS COLAS Tabla 1 (página 3.1)

4.2.1 Colas a Base de Productos Naturales

Las colas se basaron hasta inicio de este siglo en productos naturales como:

- Almidones, dextrinas y gomas vegetales (cauchos).
- Proteínas, preparados de colas de animales, huesos, cascos, cuernos, pieles de pescados, etc.
- Colas a base de caseinas, preparados de leche fermentada mezclada con polvo de cal apagada, y otros ingredientes químicos.
- Colas a base de proteínas vegetales; harina de soya, maní, etc.
- Asfalto.

4.2.2 Colas Sintéticas - RESINAS SINTETICAS

Durante la primera década de este siglo se inicia la época de los productos sintéticos y con estos la producción de colas a base de resinas sintéticas. El químico BAEKELAND inventó en 1909 la resina sintética a base de Fenol y Formaldehídos mediante el proceso de POLICONDENSACION. Se logró una reacción química irreversible de Fenol y formaldehído, dos sustancias conocidas desde mucho tiempo.

La POLICONDENSACION, un proceso irreversible, transforma los dos componentes de un producto sólido, resistente al agua y al calor. Durante el proceso de la POLICONDENSACION, las sustancias sufren un proceso de transformación del estado líquido al estado sólido como demuestra la figura. (Fig. 11)

Durante el proceso de POLICONDENSACION se transforman las moléculas individuales en una macromolécula con el desprendimiento de agua. Este proceso se puede interrumpir bajo condiciones específicas cuando el líquido entra en un estado pegajoso. Mediante la adición de sustancias químicas se puede activar el proceso de POLICONDENSACION hasta transformar el producto líquido en un producto sólido mediante una reacción química irreversible. El condensado final es resistente al agua y al calor. (Fig. 11)

4.2.2.1 Parámetros para Resinas DUROPLASTICAS

- Tiempo de Almacenamiento

Todas las colas de tipo DUROPLASTICAS tienen, por su naturaleza de fabricación, un tiempo de almacenamiento determinado, pues se trata de productos "semielaborados". Durante el proceso de su fa-

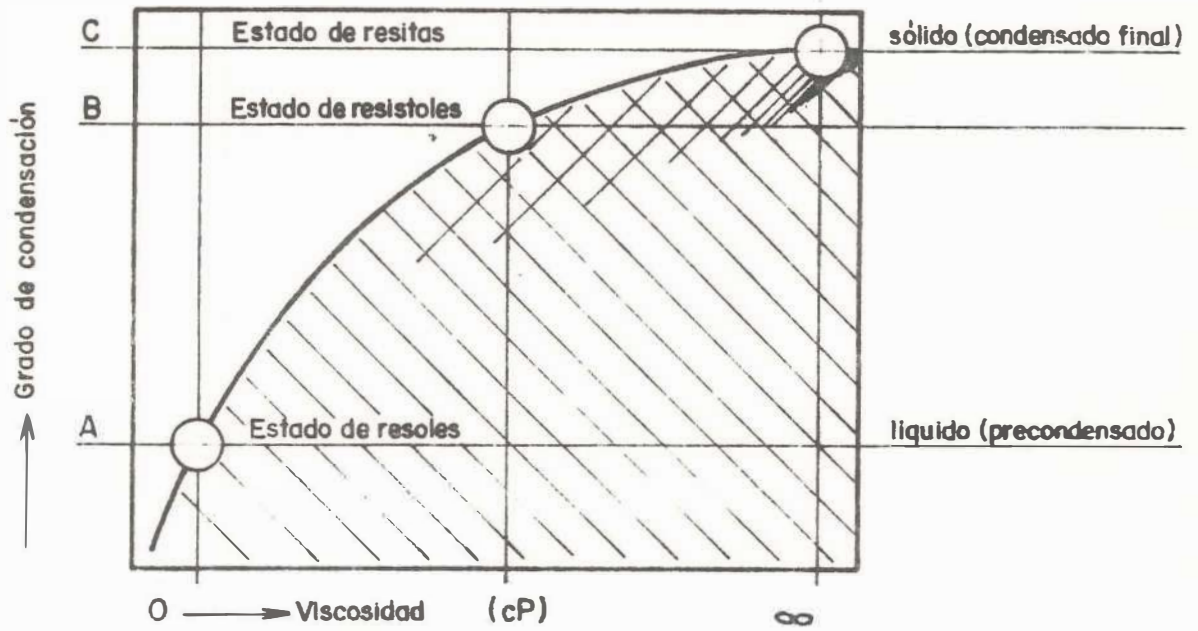


Fig. 11 ESQUEMA DE LA CONDENSACION DE UNA RESINA FENOLICA

bricación fue interrumpido el proceso químico de POLICONDENSACION. Resinas líquidas de tipo DUROPLASTICAS tiene un tiempo de almacenamiento de 3 a 6 meses y en forma de polvo hasta 12 meses. Después de este tiempo sigue la reacción química en forma irreversible, transformando el líquido ó el polvo en una sustancia sólida (reacción química irreversible).

- Tiempo de Endurecimiento

El proceso de POLICONDENSACION se puede reactivar y acelerar mediante la adición de sustancias químicas (ENDURECEDORES) a la cola líquida. Este endurecimiento se puede realizar bajo temperaturas ambientales ó temperatura elevadas.

Existen en la práctica endurecedores que reactivan la reacción química interrumpida y a la vez fortalecen la línea de cola.

4.2.2.2 Resinas Sintéticas Tipo Termoplásticas

La producción de este tipo de colas tienen su base en la POLIMERIZACION, una reacción química reversible. Bajo la acción de temperaturas elevadas las líneas de adhesivos tipo termoplásticas se convierten de nuevo en su estado original, en un líquido. El fraguado de este tipo de colas es reversible, mientras los adhesivos de tipo duroplásticos no regresan a su estado original, ni bajo temperaturas altas, ni por excesiva humedad, pues su fraguado es irreversible.

La ventaja más grande de las resinas termoplásticas es su disponibilidad en forma apta para su inmediata aplicación. El proceso de POLIMERIZACION termina durante el proceso de preparación de la cola. El fraguado de la línea de cola se logra por evaporación y por difusión del solvente (agua) en la madera, y no por una reacción química como en el fraguado de colas duroplásticas. El agua ó el solvente orgánico cumple en las resinas termoplásticas la función de separar las moléculas individuales de la resina. Por esta razón es indispensable de mantener los envases de las colas termoplásticas cerrados herméticamente, con el fin de cortar una evaporación de los solventes. Los adhesivos de tipo termoplásticos son por su carácter de producción productos terminados con un tiempo más largo de almacenamiento, mientras las resinas duroplásticas son productos semiterminados a base de una reacción química retardada artificialmente. El proceso de fraguado - la reacción química avanza siempre lentamente, también a temperaturas ambientales durante el tiempo de almacenamiento de estas resinas.

La Tabla 1 indica en forma resumida una clasificación de las resinas sintéticas según el tipo de adhesivos y sus componentes químicos.

* Tabla 1 (pagina 3.1)

5. UNIONES ENCOLADAS DE ELEMENTOS DE MADERA DE SECCIONES TRANVERSALES

La longitud de las tablas disponibles para la construcción depende de la longitud de las trozas de los árboles. Tablas ó vigas con una longitud mayor de 6 a 8 m son muy raros y todos los elementos largos de madera sólida tienen un notable sobre costo. La introducción de maderas dentadas (Finger Joint) que permite la elaboración industrial de tablas, de elementos constructivos de largos hasta de 60 m y más de longitud, abrió para la madera un nuevo e interesante campo de aplicación. Las ventajas de las vigas laminadas son su largo y forma variable que se adaptarán fácilmente a las necesidades de los arquitectos e ingenieros.

La unión de elementos de madera por su sección transversal -por sus extremos- requiere una tecnología específica. Se logra esta unión duradera y de alta resistencia mediante un encolado adecuado combinado con un puente mecánico de esfuerzos (Figura 12).

La unión de dentadura -Finger Joint- reúne las condiciones indispensables que permite producir elementos de madera de longitudes mayores que el largo de las trozas.

5.1 NORMAS PARA LA ELABORACION DE UNIONES FINGER-JOINT

La Figura 11 demuestra los parámetros de una unión efectuado en forma correcta, tiene como gran ventaja la misma resistencia como la madera sólida sin defectos.

Existen normas técnicas como la DIN 68140 (ver anexo I), que define en forma detallada los parámetros para las uniones. De gran importancia para la cualidad y la resistencia de las uniones Finger-Joint son el largo (l) y el ángulo de flanco (α) de la dentadura. Este ángulo del flanco no debe exceder 7.5 grados según la norma DIN 68140, con el fin de lograr una unión aproximadamente paralela a la fibra. La importancia del sistema del Finger-Joint tiene su base en la transformación de la unión por la sección transversal (extremos) en una unión casi paralela a la fibra de madera. La norma DIN 68140 en forma muy clara define los parámetros para obtener una unión de Finger-Joint adecuada.

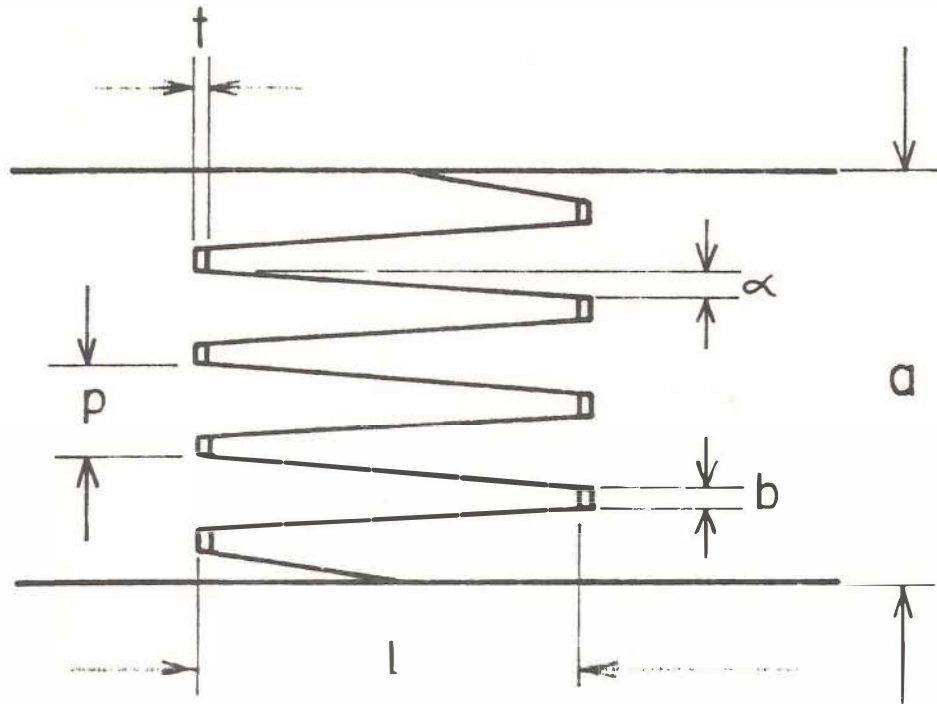
5.2 LA ELABORACION DE UNIONES FINGER-JOINT

5.2.1 Contenido de Humedad de la Madera a Unir

Una condición básica para el éxito de las uniones longitudinales de elementos de madera sin defectos es el control efectivo del contenido de humedad en todos los elementos en el momento de efectuar la unión encolada. Un secado artificial de la madera es indispensable, pues se

* Fig. 12

FIG. 12 PARAMETROS DE UNA UNION
DENTADA "FINGER JOINT"



a = Ancho total de la unión dentada

b = Ancho de cresta

t = Tolerancia entre los dientes

p = Paso de la dentadura

l = Largo de los dientes

α = Angulo del flanco

$e = \frac{t}{l}$ Tolerancia relativa de la dentadura

$v = \frac{b}{l}$ Factor de disminución de la resistencia

requiere un contenido de humedad entre 8% y 12%, valores que no logra en un secado al aire libre.

La diferencia del contenido de humedad entre los dos elementos a encolar no debe exceder 5%.

5.2.2 Elaboración de la Dentadura

El ajuste exacto de la dentadura juega un papel muy importante en la resistencia de la unión y requiere para su elaboración herramientas especiales como demuestra la figura. (Fig. 13)

Para la unión dentada con un largo de los dientes mayor de 10 mm ($l \geq 10$ mm) se prescribe para elementos utilizados en sistemas constructivos una tolerancia relativa de la dentadura de $e=0.03$.

5.2.3 Encolado de la Dentadura

Para evitar un cambio dimensional debido a una variación del contenido de humedad en la dentadura se recomienda encolar y prensar los elementos de madera en un lapso no mayor a 24 horas.

5.2.4 Para obtener una correcta adhesión y resistencia de la línea de cola es indispensable de utilizar adhesivos mezclados con rellenos. Además se debe tomar en cuenta las condiciones ambientales en el sitio de instalación de los elementos encolados.

Para todos los elementos de madera encolada expuestos a la intemperie, se debe utilizar resinas duroplásticas. Los adhesivos de varios componentes se deben mezclar antes de su aplicación a la dentadura. Una aplicación de la cola a cada lado de la dentadura es indispensable.

5.2.5 Prensado - Tiempo de Prensado

Para el prensado de uniones dentadas se debe aplicar una presión paralela a la fibra (presión en dirección de la dentadura). Generalmente basta un tiempo de prensado de 12 N/mm^2 (120 kp/cm^2). Para largos diferentes se debe interpolar los valores de presión del prensado.

Las maderas latifoliadas requieren generalmente un 30% más de presión, que las maderas de coníferas.

5.2.6 Endurecimiento

Todas las uniones encoladas a base de "Finger Joint", deben ser almacenadas en un ambiente seco con una temperatura mayor de $18 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta finalizado el proceso de fraguado (endurecimiento). En caso de utilizar prensas combinadas con un calentamiento de la línea de cola por alta frecuencia no se requiere un tiempo adicional de endurecimiento.

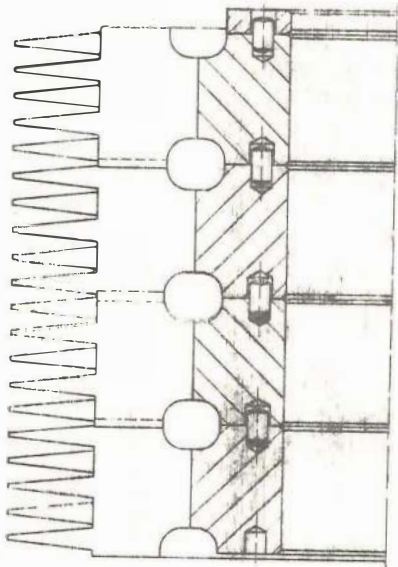
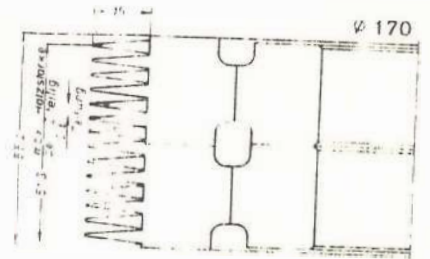
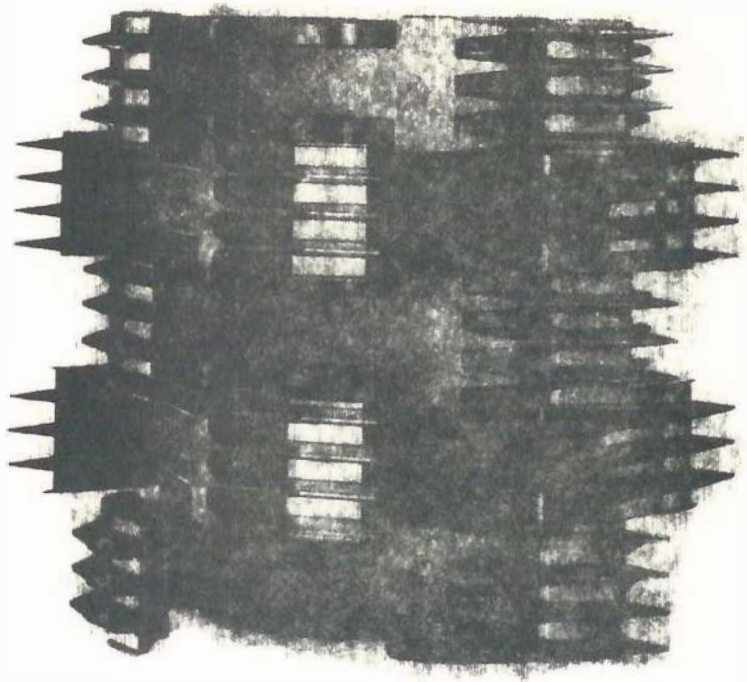


Fig. 13 Herramientas especiales para elaborar (fresar) la dentadura

6. CLASIFICACION VISUAL O MECANICA DE LAS TABLAS (ELEMENTOS) INDIVIDUALES

Un factor muy importante en la producción de elementos de construcción a base de madera encolada (vigas laminadas) es la clasificación de los elementos individuales según su resistencia con el fin de eliminar cualquier defecto que podría disminuir la resistencia del elemento final. (Fig. 14)

Una clasificación mecánica, no destructiva, permite determinar y clasificar las tablas individuales según su resistencia efectiva (Figura 14) y permite reducir a un mínimo las secciones transversales de los elementos constructivos (vigas laminadas Figura 15) sin reducir los esfuerzos admisibles. Una vez terminado el módulo de elasticidad de cada elemento se elabora una viga laminada en tal forma que las capas exteriores (inferior y superior) se componen de tablas con un mayor módulo de elasticidad que las capas del centro (Figura 16). La clasificación mecánica permite transformar la madera como producto natural y heterogéneo en un producto industrial con propiedades mejoradas.

(Fig. 17, 18 y 19)

7. VIGAS LAMINADAS

La técnica de la madera laminada encolada consiste en formar elementos estructurales de grandes dimensiones a partir de piezas de madera relativamente pequeñas unidas por medio de algún adhesivo. Las piezas utilizadas para formar los elementos de madera laminada son tablas con espesor entre 2 y 5 cm, unidas en los extremos por el sistema "Finger Joint". El comportamiento de los elementos laminados es semejante al de las vigas macizas sin defectos.

El tipo de adhesivos utilizado en la producción de vigas laminadas depende del uso final al que éstas están destinadas. Vigas expuestas a la intemperie se fabrican con resinas sintéticas a base de resorcinol-formaldehído o fenol-formaldehído. Para vigas utilizadas bajo techo, fuera de la influencia directa de la humedad, pueden emplearse adhesivos a base de úrea-formaldehído. La fabricación de elementos de madera laminada requiere equipo especial, personal calificado y un estricto control de calidad.

La madera laminada tiene considerables ventajas y permite el aprovechamiento de piezas pequeñas de madera de inferior calidad para formar elementos estructurales de grandes dimensiones. Existen construcciones de vigas laminadas de alta resistencia con luces del orden de 100 m.

El costo por unidad de volumen de la madera laminada es considerablemente superior al costo correspondiente de la madera maciza, pero las ventajas de la madera laminada, tales como: su estabilidad dimensional, ausencia de defectos y la posibilidad de producir elementos con formas y dimensiones totalmente fuera del alcance de la madera maciza, compensan el factor de costo. La fabricación de productos de

Fig 14 CLASIFICACION MECANICA NO DESTRUCTIVA

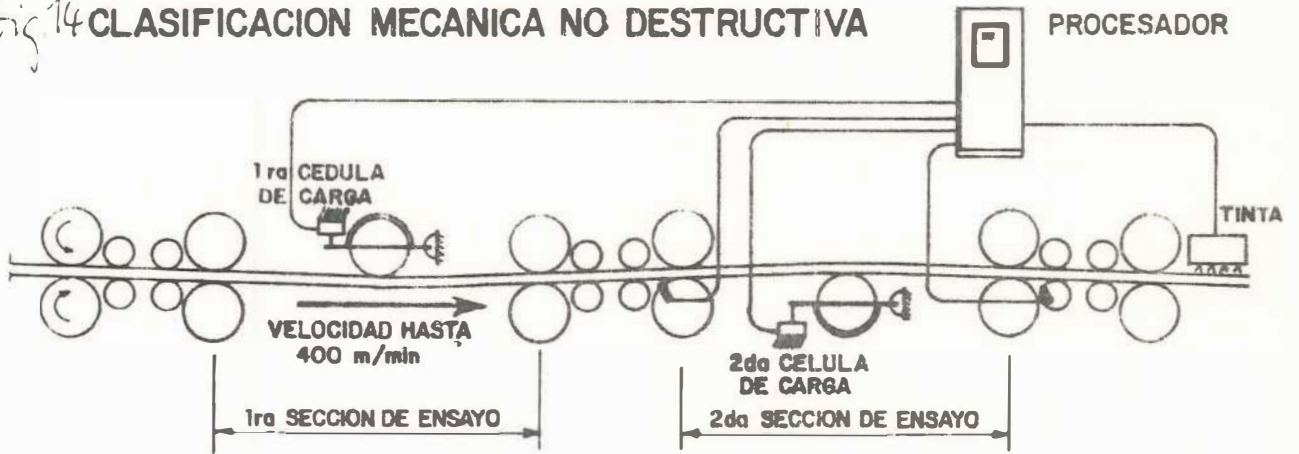
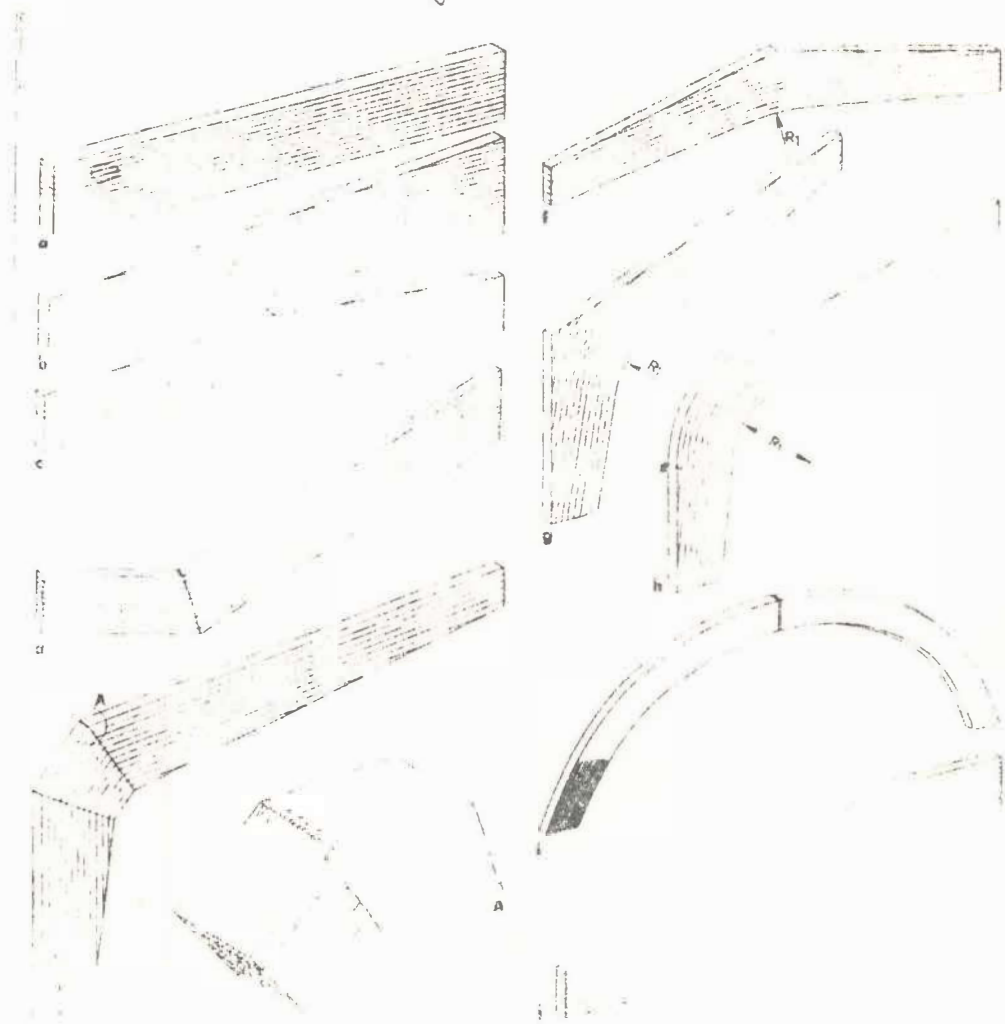


Fig 15. Tipos de vigas laminadas



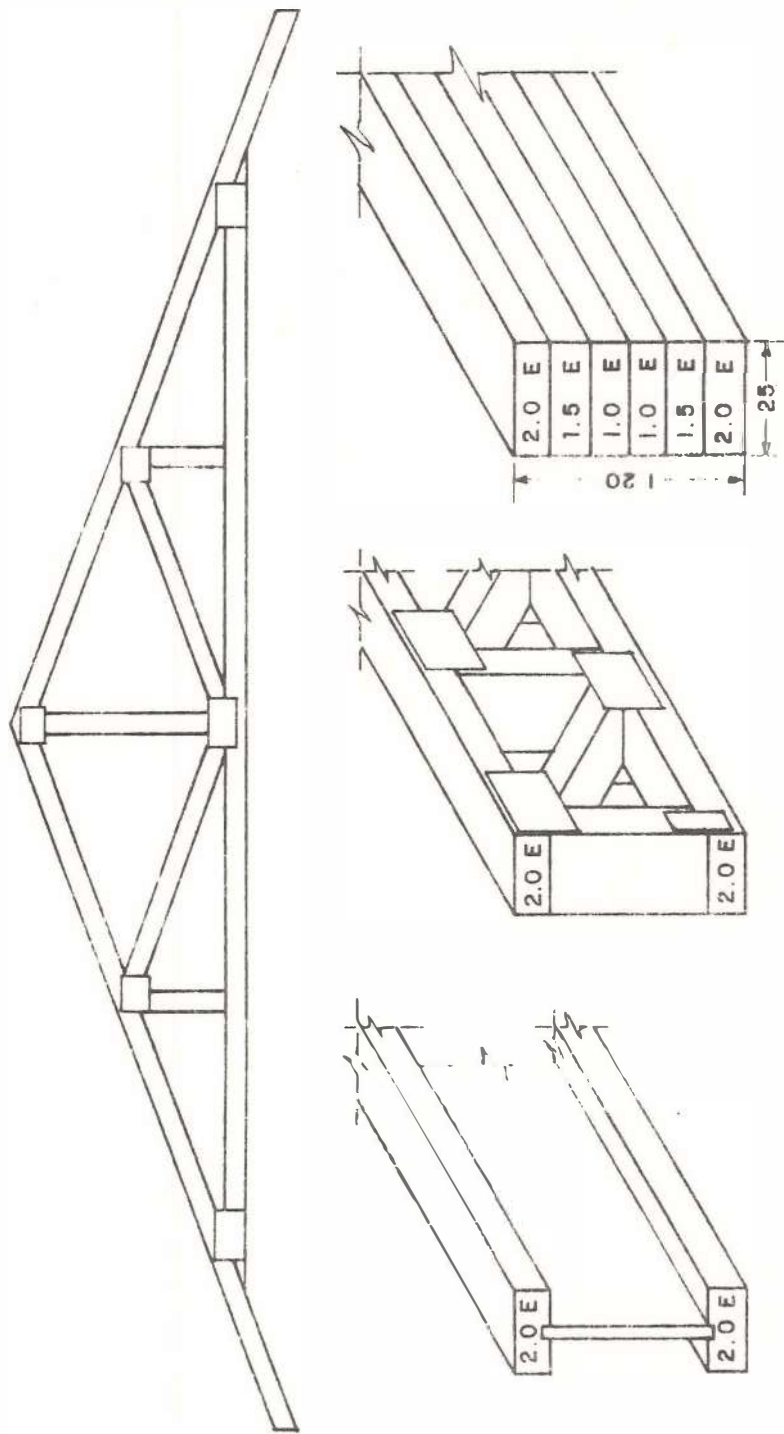
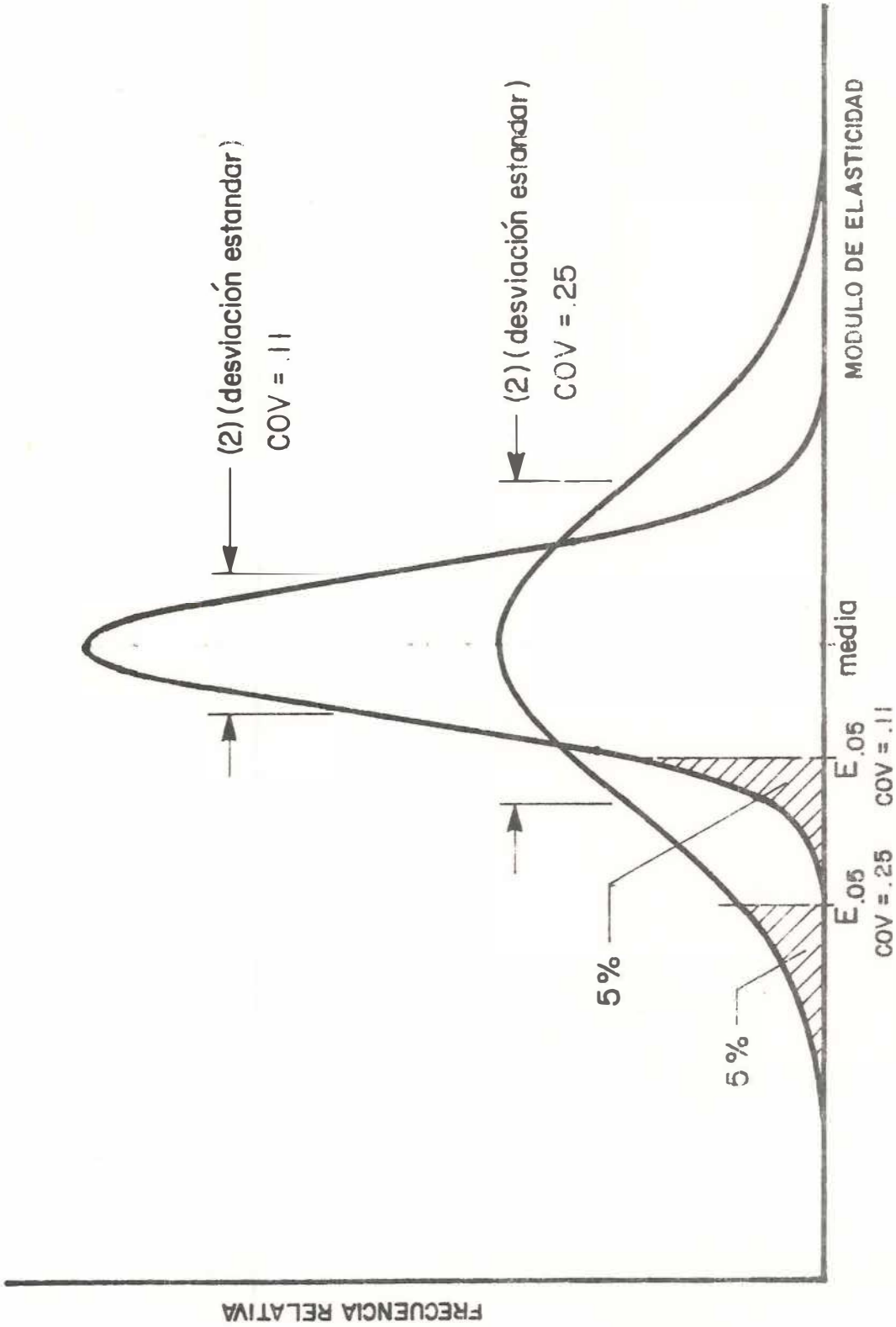


Fig 16 USOS PARA MADERA CLASIFICADA SEGUN MODULO E



Dos distribuciones normales para el módulo de elasticidad con el mismo valor promedio, ilustrando la diferencia y ventaja entre clasificación visual y clasificación mecánica, tomando en cuenta esfuerzos admisibles, la madera representada por la curva angosta supera los valores de la curva ancha por 1.4 veces

CLASIFICACION MECANICA NO DESTRUCTIVA
SEGUN MODULO DE ELASTICIDAD

E

170,000

150,000

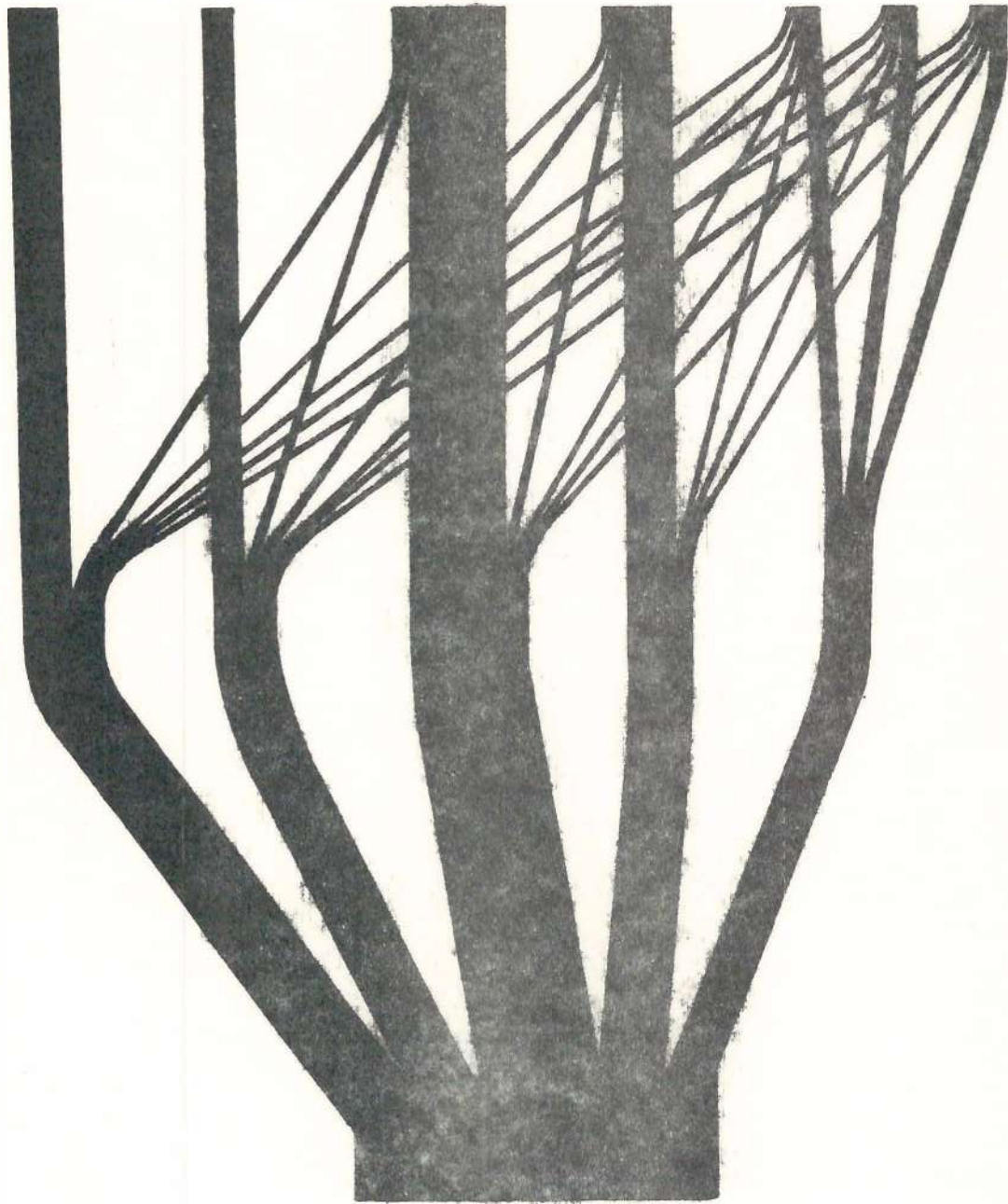
120,000

SELECTA

2da y mejor

3ra

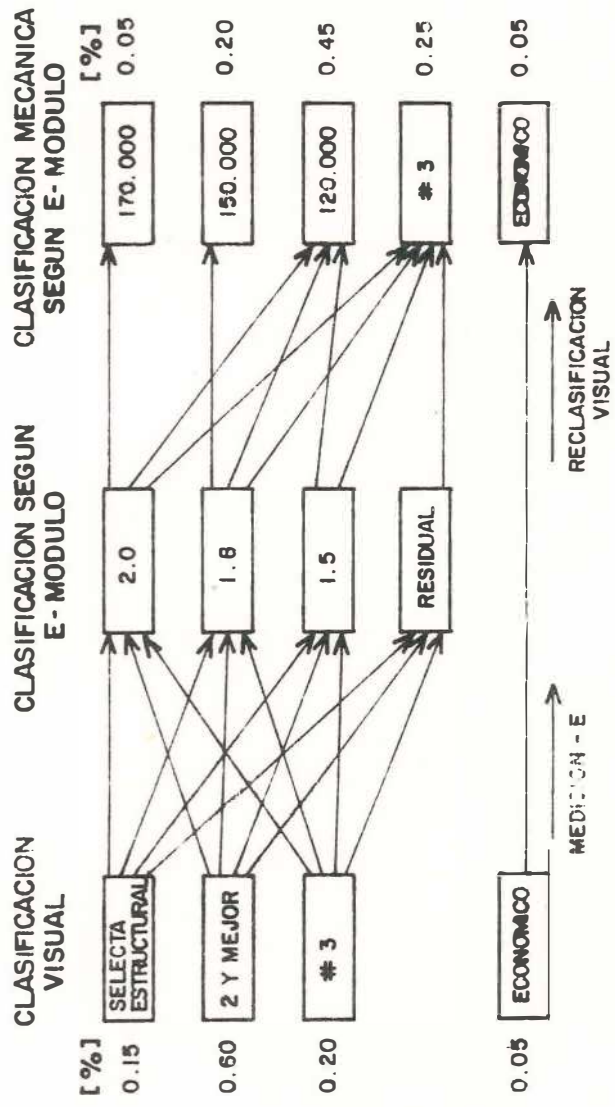
ECONOMICA



9.4

LA MADERA PRIMERAMENTE ES CLASIFICADA SEGUN MODULO DE ELASTICIDAD Y DESPUES ES RECLASIFICADA VISUALMENTE

(9) CLASIFICACION VISUAL CONTRA CLASIFICACION MECANICA NO DESTRUCTIVA



madera laminada encolada se puede realizar con instalaciones y equipo relativamente sencillo. La existencia de tablas de cálculos para la determinación de las dimensiones de las vigas laminadas es una gran ventaja. Estas tablas facilitan al ingeniero la utilización de tales vigas como producto normalizado, en la misma forma que los perfiles de acero.

Bibliografía

1. Norma DIN 68140 / Oct. 1971 Keilzinkenverbindungen von Holz (Wood Finger - Jointing) Beuth - Vertrieb Gm bH, Berlin 30, R.F.A.
2. KOLLMANN, KUENZI, STAMM. "Principles of Wood Science and Technology". Wood Based Materials. Springer - Verlag New York Heidelberg Berlin 1975. R.F.A.
3. GOETZ, HOOR, MOEHLER, NATTERLER. "Holzbau Atlas". Institut für internationale Architektur - Dokumentation. München, 1980 R.F.A.
4. TOSCHA, Mit Dur - Und Koll, Holzverleimung im Handwerk, Verlag Wolfgang Zimmer, Augsburg (1982-R.F.A.).

Keilzinkenverbindung von Holz

DIN
68 140

Wood Finger Jointing



1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Keilzinkenverbindungen bei Bauteilen, die nach DIN 1052 berechnet werden müssen oder hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind (Beanspruchungsgruppe I) und bei Fenstern, Fußböden, Sitzmöbel u. Ä. (auch Beanspruchungsgruppe II zulässig)

2. Begriff

Die Keilzinkenverbindung ist eine Verbindung zweier Vollhölzer, z. B. Bretter, Bohlen, Balken oder zweier zuvor verleimter Holzteile, z. B. Brettschichtholz, deren Enden mit keilförmigen Zinken gleicher Teilung und gleichen Profils ineinandergreifen und miteinander verleimt sind.

3. Zinkenprofile und Beanspruchungsgruppen

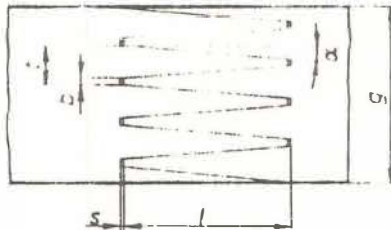


Bild 1.

Es bedeuten:

 l = Zinkenlänge g = Gesamtbreite der Zinkenverbindung t = Zinkenteilung b = Breite des Zinkengrunds s = Zinkenspiel α = Flankenwinkel $e = \frac{s}{l}$ = relatives Zinkenspiel $v = \frac{b}{t}$ = Verschwächungsgrad

Bezeichnung einer Keilzinkenverbindung der Beanspruchungsgruppe I mit $l = 50$ mm Zinkenlänge:

Keilzinkenverbindung I - 50 DIN 68 140

Anmerkung: Breite Randzinken nach Bild 6 sind besonders zu vereinbaren.

Tabelle 1. Flankenwinkel und Verschwächungsgrad

Beanspruchungsgruppe	v	l	α
I	$\leq 0,18$	≤ 10	$\leq 7,5^\circ$ (1 : 7,6)
		> 10	$\leq 7,1^\circ$ (1 : 8)
II	$\leq 0,25$	≤ 10	$\leq 7,5^\circ$ (1 : 7,6)
		> 10	$\leq 7,1^\circ$ (1 : 8)

Tabelle 2. Zinkenprofile (Vorzugsprofile)

Beanspruchungsgruppe	l	t	b	v
I und II	7,5	2,5	0,2	0,08
	10	3,7	0,6	0,16
	20	0,2	1	0,16
	50	12	2	0,17
	60	16	2,7	0,18
II	4	1,6	0,4	0,25
	15	7	1,7	0,24
	30	10	2	0,2

Bei Beanspruchungsgruppe II sind Randzinken mit breitem Zinkengrund b bis 5 mm zulässig (siehe Bild 6); die Breite b darf jedoch 10 % der Gesamtbreite g der Zinkenverbindung nicht überschreiten.

Die einzelnen Größen müssen in folgendem Verhältnis zueinander stehen:

bei Zinkenlänge $l \leq 10$ mm. $l \approx 3,6 t$ (1 - 2v)

bei Zinkenlänge $l > 10$ mm. $l \approx 4 t$ (1 - 2v)

4. Ausführung der Keilzinkenverbindung

4.1. Feuchtigkeitsgehalt der Hölzer im Zeitpunkt der Verleimung

Der Feuchtigkeitsgehalt der beiden miteinander zu verbindenden Hölzer soll möglichst gleich sein, der Feuchtigkeitsunterschied darf 5 % nicht überschreiten. Der Feuchtigkeitsgehalt soll dem mittleren Holzfeuchtigkeits-Gleichgewichtsgehalt am Verwendungsort entsprechen. Bei Hölzern für tragende Bauteile ist DIN 1052 zu beachten und bei Tischlerarbeiten DIN 18 355.

Fortsetzung Seite 2
Erläuterungen Seite 3

Fachnormenausschuß Holz (FNIHOLZ) im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Frühere Ausgaben: 6, 60

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

Anderung Oktober 1971:
Inhalt vollständig überarbeitet, neue auch
Erläuterungen.

4.2. Herstellung der Keilzinken

Bei der Herstellung der Keilzinken ist auf einwandfreie Passen zu achten. Das ist nur mit Spezialwerkzeugen (Fräsern oder Sägen) und Spezialmaschinen zu erreichen. Die Fräsrichtung kann in einem beliebigen Winkel zur Oberfläche der Hölzer liegen.

Bei Keilzinkenverbindungen mit einer Zinkenlänge l ab 10 mm muß bei Beanspruchungsgruppe I nach dem Pressen noch ein relatives Zinkenspiel $e \approx 0,03$ vorhanden sein.

Bei Vollholz, Beanspruchungsgruppe I, soll der Abstand des Zinkengrunds bis zum nächsten Ast mindestens 100 mm betragen. Punktläste bleiben unberücksichtigt.

Im Bereich zwischen Zinkengrund und 100 mm Abstand hiervon können ebenfalls Äste vorhanden sein, deren Durchmesser jedoch nicht größer sein darf als $1/3$ des Abstandes Zinkengrund — Ast. Die Güteanforderungen der vorgeschriebenen Güteklasse sind unabhängig davon zu beachten.

4.3. Verleimung der Keilzinken

Um Fehlpassungen infolge Zu- oder Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes des Holzes zu vermeiden, sind die Holzteile möglichst am gleichen Tag zu verleimen, an dem sie gezinkt wurden. Bei Beanspruchungsgruppe I darf der Zeitraum zwischen Herstellung des Zinken und Verleimung nicht mehr als 24 Stunden betragen, andernfalls muß eine Formänderung der Zinken durch Aufsetzen von Gegenstücken verhindert werden.

4.3.1. Art der Leime

Zum Verleimen der Keilzinken können alle Leime mit fugenfüllenden Eigenschaften verwendet werden. Bei der Auswahl der Leime sind die Klimabedingungen zu beachten, denen die Keilzinkenverbindung später ausgesetzt ist. Verbindungen von Bauteilen nach DIN 1052 dürfen nur mit Leimen hergestellt werden, die die Prüfung nach DIN 68 141 bestanden haben. Beanspruchungsgruppen der Verleimung siehe DIN 68 602 (z. Z. noch Entwurf).

4.3.2. Leimauftrag

Mehrkomponentenleime dürfen nur im Untermischverfahren verarbeitet werden. Zweiseitiger Leimauftrag ist erforderlich. Bei Beanspruchungsgruppe II ist einseitiger Leimauftrag zulässig, wenn der Leim die Fläche des Keilzinkens bis zum Zinkengrund vollständig bedeckt und vor dem Pressen ausreichend Zeit zur gegenseitigen Benetzung der miteinander zu verbindenden Keilzinken bleibt.

4.3.3. Pressen

Die Keilzinkenverbindung wird grundsätzlich unter Längspreßdruck (Preßdruck in Zinkenrichtung) hergestellt. In bestimmten Fällen ist außerdem ein Querspreßdruck (Preßdruck senkrecht auf die außenliegenden Zinkenflanken) erforderlich.

4.3.3.1. Längspressen

Im Regelfall reicht kurzzeitiges Pressen aus. Der volle Preßdruck muß mindestens 2 Sekunden aufrecht erhalten bleiben.

Bei Nadelholz muß der Preßdruck bei bis 10 mm langen Zinken etwa

12 N/mm² (≈ 120 kp/cm²)
60 mm langen Zinken mindestens
2 N/mm² (≈ 20 kp/cm²)

betragen. Zwischenwerte müssen entsprechend der Zinkenlänge gewählt werden.

Bei Laubholz sind um 30 % höhere Werte anzunehmen.

Bei Keilzinkenverbindungen über den ganzen Querschnitt von Bauteilen aus Brettschichtholz muß der Preßdruck mindestens 1 N/mm² (≈ 10 kp/cm²) betragen.

Ist für das Längspressen ein seitliches Einspannen der zu verbindenden Hölzer erforderlich, dann darf der Festhalte-
druck senkrecht zur Faserrichtung bei

Nadelholz 2 N/mm² (≈ 20 kp/cm²)
Laubholz 3 N/mm² (≈ 30 kp/cm²)

nicht überschreiten.

4.3.3.2. Querpressen

Querpressen ist bei Beanspruchungsgruppe I erforderlich, wenn die Zinkenlänge l über 25 mm und die Gesamtbreite g unter 100 mm ist. Der Querpreßdruck von 1 bis 2 N/mm² (≈ 10 bis 20 kp/cm²) ist so lange aufrecht zu erhalten, bis die Verleimung der Randzinken eine ausreichende Festigkeit erreicht hat.

4.3.4. Aushärten

Keilzinkenverbindungen müssen bis zur vollständigen Aushärtung des Leimes bei mindestens 18 °C Lufttemperatur lagern, wenn die Aushärtung nicht durch erhöhte Wärmezufuhr in kurzer Zeit erfolgen kann. Hochfrequenzenergie (Generatorleistung mindestens 3 kW) zur weitgehenden Aushärtung der Keilzinkenverleimung unter Preßdruck ist bei Beanspruchungsgruppe I zu empfehlen; sie ist bei Beanspruchungsgruppe II in allen Fällen notwendig. In denen keine stoßfrei arbeitende, mechanische Stapelanlage vorhanden ist oder bei rascher Taktfolge die Massenkkräfte der verleimten Holzteile die noch nicht ausreichend feste Keilzinkenverbindung auseinanderzureißen drohen.

5. Berechnung von Keilzinkenverbindungen der Beanspruchungsgruppe I

Bei Keilzinkenstößen über den ganzen Querschnitt einteiliger Hölzer oder von Bauteilen aus Brettschichtholz muß die Querschnittschwächung entsprechend berücksichtigt werden.

Sind bei Bauteilen aus Brettschichtholz die einzelnen Bretter für sich gezinkt, so ist bei der Berechnung von Querschnitt, Trägheits- und Widerstandsmoment keine Abminderung vorzunehmen. Dies gilt auch für einteilige Hölzer, sofern die Herstellung der Keilzinkenverbindung einer Güteüberwachung unterliegt (Eigen- und Fremdüberwachung).

Die beiden miteinander verzinkten Teile können auch einen beliebigen Winkel miteinander bilden. Es ist hierbei zu beachten, daß die zulässigen Druckspannungen entsprechend dem Winkel nach DIN 1052 abgemindert werden müssen. Dabei dürfen nur die zulässigen Spannungen für Bauholz Güteklasse II nach DIN 4074 eingesetzt werden.

Erläuterungen

Der FNHOLZ-Arbeitsausschuß „Keilzinkenverbindung von Holz“ hat die Ausgabe Juni 1960 von DIN 68 140 vollständig überarbeitet.

Neu in die Beanspruchungsgruppe I, die für Bauteile gilt, welche nach DIN 1052 zu berechnen sind oder hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden, wurden kurze Keilzinken ab 7,5 mm Länge und für Beanspruchungsgruppe II ab 4 mm Länge aufgenommen (siehe Bilder 2 und 3).

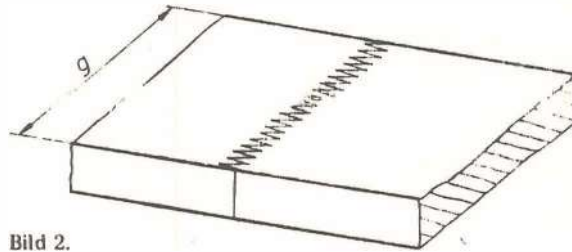


Bild 2.

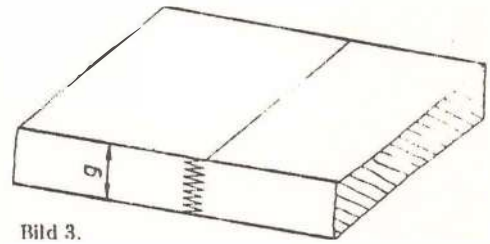


Bild 3.

Verbindungen mit längeren Zinken sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt.

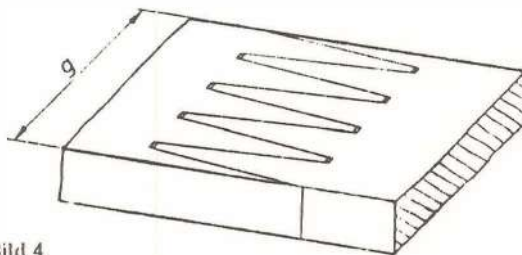


Bild 4.

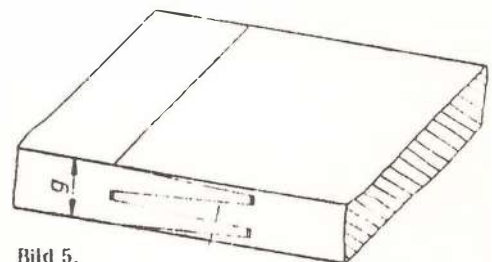


Bild 5.

Die Norm unterscheidet nicht mehr zwischen den Formen A und B. Keilzinkenverbindungen mit breiten Randzinken der bisherigen Form B (Bild 6) sind in der Beanspruchungsgruppe II weiterhin zulässig, die z. B. für Fenster, Türen, Fußböden und Sitzmöbel gilt. Die Beanspruchungsgruppe III wurde ersatzlos gestrichen.

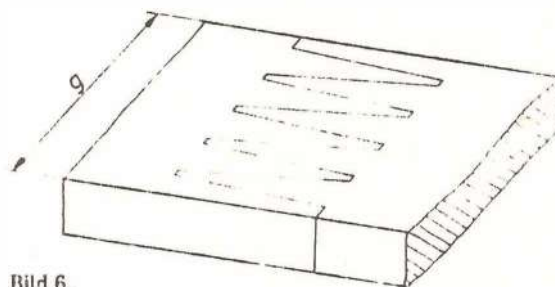


Bild 6.

Dimensiones necesarias para vigas de sección constante apoyadas en dos puntos.

Material: vigas laminadas

$$E = 11.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Peso propio } 5,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Esfuerzo admisible en flexión} = 14 \text{ N/mm}^2$$

Anexo II

Carga repartida (N/m)	Ancho de viga (cm)	Luz (m)															
		5.0		6.0		7.0		8.0		9.0		10.0		11.0		12.0	
		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible		Deflexión permisible	
		1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300	1/200	1/300
1250	8	20	23	23	26	26	29	29	38	32	38	38	44	44	50	44	50
	10	17	20	20	23	26	29	29	32	32	38	38	38	44	38	44	44
	12	17	20	20	23	26	26	29	29	32	38	32	38	38	44	38	44
	16	17	17	20	20	23	23	26	26	29	29	29	38	32	38	38	44
	20	14	17	17	20	20	23	23	26	26	29	29	32	29	38	32	38
2500	8	26	26	29	32	38	38	38	44	44	50	56	56	56	—	56	—
	10	23	26	26	29	29	38	38	38	44	38	44	44	50	50	56	50
	12	20	23	26	29	29	32	38	32	38	38	44	44	50	44	50	56
	16	20	23	23	26	26	29	38	29	38	32	38	38	44	44	50	44
	20	17	20	20	23	26	29	29	32	32	38	38	38	38	38	44	44
3750	8	29	32	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—
	10	26	29	32	38	38	38	44	44	50	50	56	56	56	—	—	—
	12	23	26	29	32	32	38	38	44	44	50	56	56	50	—	56	—
	16	23	26	26	29	29	38	38	38	44	44	50	56	50	56	50	56
	20	20	23	23	26	29	32	32	38	39	44	38	44	44	50	50	56
5000	8	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	32	32	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—
	12	26	29	32	38	38	44	44	50	50	56	50	—	56	—	—	—
	16	23	26	29	32	32	38	38	44	44	50	50	56	50	56	56	—
	20	23	26	26	29	29	38	38	38	38	44	44	50	50	56	50	56
6250	8	38	38	44	44	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	29	32	32	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—
	16	26	29	29	38	38	44	44	50	44	50	50	56	56	—	—	—
	20	23	26	29	32	32	38	38	38	44	44	50	56	50	—	56	—
7500	8	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	39	38	44	44	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	29	38	38	44	44	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	26	32	32	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—
	20	26	29	29	38	38	38	38	38	44	44	50	56	50	56	—	—
8750	8	44	44	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	32	38	38	44	44	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	29	32	38	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—
	20	26	29	32	38	38	44	44	50	50	56	50	—	56	—	—	—
10000	8	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	44	44	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	29	38	38	44	44	50	56	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	29	32	32	38	38	44	44	50	50	56	56	—	—	—	—	—

EXPERIENCIA EN EL USO DE LA MADERA ESTRUCTURAL

URBANO RIPOLL

Artículo publicado en el libro "Sextas Jornadas de Ingeniería Estructural" de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá, Septiembre de 1985.-

En Mayo de 1980 se fabricó en Bogotá el primer elemento estructural de madera con conectores de clavos integrales. Se trataba de una cercha de 8 mts. de luz, madera de sajo y conectores GANG NAIL importados recientemente de Estados Unidos. Para su ejecución se utilizó un martillo neumático de caída libre de una tonelada, fabricado localmente. En esta forma se introdujo al país la mas moderna tecnología para prefabricar componentes livianos de madera.

ANTECEDENTES :

Poco era lo realizado en el país sobre esta materia : Si bien desde la década de los años 30 se importaron algunas estructuras prefabricadas de madera en forma de pórticos o arco para cubrir grandes luces (1) y posteriormente se ejecutarían algunas estructuras notables - como la cubierta para la Capilla de la Escuela Militar de Cadetes de Bogotá-; el uso de la madera como material estructural estaba limitado a luces cortadas y piezas macizas en construcciones de bajo costo. La falta de investigación sobre nuevas especies maderables, la inexistencia de normas y la escasa atención que se daba a la madera en las escuelas de Ingeniería y arquitectura constituyeron el gran atraso de la carpintería estructural.

Lo anterior parece una paradoja en un país con vocación maderera en donde la tala de bosques naturales no ha cesado desde la época de la Conquista. Hoy cuando estamos llegando a límites peligrosos en el equilibrio de los ecosistemas, sentimos la urgencia de racionalizar el uso de nuestro recurso forestal.

Tampoco puede decirse que hayamos heredado una gran tradición de madera estructural pues a pesar de los edificios de la Colonia emplearon la madera en entramados de cubierta y en entrepisos, los métodos de construcción eran artesanales y empíricos. Las maderas, por ejemplo, eran casi siempre rollizas y los empalmes se ejecutaron con líneas vegetales, rejos untados de sebo y en ocasiones, clavos forjados.

En los países donde se desarrolló la Revolución Industrial el siglo XIX fué pródigo en avances de carpintería estructural : Se desarrolló la teoría de las estructuras trianguladas con los trabajos de Howe, Fink, Pratt y Warren para los puentes de los ferrocarriles americanos (2); se inventó la puntilla hecha con alambre, lo que permitió su producción industrializada a precios cada vez más bajos (3); se perfeccionó en Chicago, a mediados de siglo, el sistema Ballon-Frame que fué factor decisivo en la colonización del oeste Americano.

Ninguno de estos avances parece haber tenido resonancia en nuestra agitada vida republicana. Como excepción notabilísima nos queda el puente colgante de Santa Fé de Antioquia realización del Ingeniero José M. Villa, consagrado por Resolución # 0002 del 12 de Marzo de 1982 como Monumento Nacional.

La situación colombiana parece ser común a otros países latinoamericanos y tal vez por ello en 1975 la Junta del Acuerdo de Cartagena decidió emprender como proyecto de desarrollo prioritario la tecnología maderera. Así se estableció en Lima el llamado grupo del PADT-REFORT (Proyecto Andino de Desarrollo Tecnológico en el Area de los Recursos Forestales Tropicales) dependientes de la Junta del Acuerdo en Cartagena. Con ayuda de especialistas y laboratorios de cada país, el grupo del PADT-REFORT ha realizado una importante labor de investigación del uso de la madera estructural en la Subregión.

LA TECNOLOGIA DEL CONECTOR :

El desarrollo de las estructuras de madera está ligado fundamentalmente al problema del empalme de nudos. A comienzos de este siglo ya en Europa habían desaparecido los bosques naturales y la Primera Guerra Mundial trajo tan grande escasez de acero que obligó a la utilización de maderas de secciones y longitudes pequeñas por medio de empalmes más económicos que los pernos y platinas -para entonces profusamente utilizados-. Así nacieron los anillos dentados, las placas de cortante, las cartelas de madera contrachapada, las grapas de uña y las placas perforadas con clavos. Estos mecanismos recibieron el nombre genérico de CONECTORES. En 1933 el gobierno de los Estados Unidos tras invertir grandes sumas en investigaciones sobre conectores, introdujo en el mercado algunas variantes perfeccionadas, entre ellas el anillo partido TECO.

Hace cerca de 30 años aparecieron las placas con clavos integrales que por requerir menor mano de obra y ser de fácil aplicación se ha popularizado en todo el mundo.

EL CONECTOR DE ANILLO PARTIDO TECO

Este conector fue desarrollado por la Timber Engineering Company, dependiente del Laboratorio de Productos Forestales de los Estados Unidos. En su época el anillo partido representó una verdadera revolución en la fabricación de cerchas y estructuras de madera pues el tener mayor capacidad al esfuerzo cortante que los pernos y requerir de menor número de perforaciones que aquellos, permitió la fabricación masiva y acelerada de estructuras livianas y pesadas, especialmente en Norteamérica.

La transmisión de esfuerzos de tracción y compresión se realiza por medio de anillos de hierro, laminados en caliente, que se localizan en ranuras previamente hechas en las maderas que constituyen la Junta. El anillo esta seccionado en forma de machihembra, de tal manera que al ser introducido en la ranura sus caras interior y exterior ejercen presión contra las superficies de las maderas. Los anillos se fabrican con diámetros de 2.5 y 4", con alturas de 3/4 y 1" respectivamente, según las secciones de las maderas para unir. Adicionalmente se introduce un perno central para mantener la junta cerrada.

EL CONECTOR DE PLACA GANG NAIL :

El conector de placa fué inventado en California en la década de los 50 por el arquitecto A. Caron Sanford. Actualmente existen en Estados Unidos 17 patentes de placas con clavos integrales. Los fabricantes de conectores de este tipo han creado el Truss Plate Institute TPI entidad sin animo de lucro encargada de codificar y coordinar las normas de fabricación de cerchas y estructuras de madera.

Patentada en 1959, la placa GANG NAIL fué el primer conector que no requería el uso de clavos, pernos, tornillos, pegantes y otro elemento auxiliar para lograr una union a tope, rígida y confiable sin disminución alguna de la sección de la madera. En su fabricación se utilizan zunchos de lámina de acero galvanizado calidad estructural, - calibre 20 y 18.- Los clavos se obtienen por medio de estampado en prensas troqueladoras de gran capacidad. El conector se produce normalmente en anchuras desde 1" a 6" y en longitudes hasta de 50". El conector GANG NAIL se coloca a ambos lados de la junta y puede introducirse por impacto (martillo de caída libre) o por presión (rodillos laminadores, prensas hidráulicas). Los clavos tienen longitudes de 3/8" o 3/4" y deben penetrar completamente en la madera.

La compresión o tracción presente en las fibras de la madera se transmite por esfuerzo cortante a la placa, la cual no estando totalmente perforada por los clavos, conserva una capacidad resistente en función de sus dimensiones y del número de clavos por unidad de área. De esta manera la selección y espesor del conector depende de la magnitud de los esfuerzos presentes en cada nudo de la estructura y del tipo de madera utilizado.

Las uniones ejecutadas con este conector son de fácil y rápida ejecución y al permitir cortes y ensamblajes en cualquier ángulo facilita la realización de cerchas de muy variadas formas. Una ventaja adicional es que todos los elementos de la estructura, al ser coplanares, están libres de las excentricidades de otros sistemas. Finalmente, su costo es comparativamente más bajo que el de pernos y platinas, consecuencia de una producción masiva y eficiente.

En razón de que los ensamblajes de la cercha deben ejecutarse en taller, el conector GANG NAIL resulta ideal para cerchas y estructuras prefabricadas livianas.

LAS MADERAS :

Salvo contadas excepciones, puede decirse que nunca ha existido en el país una tecnología apropiada para la explotación de la madera en general y de la madera estructural en particular. Como se sabe, la explotación de nuestros bosques naturales está en manos de colonos, transportadores y negociantes con muy escasos conocimientos técnicos. Prácticamente sin ningún control estatal los bosques se talan indiscriminadamente para dar paso a la agricultura y ganadería de subsistencia. Muy pocas especies se aprovechan y el resto se quema, perdiendo el país con ello su riqueza maderera y poniendo en peligro la fauna, las fuentes de agua y empobreciendo las tierras por la erosión ocasionada. Es de advertir que este proceso irreversible se remonta a la Conquista como lo demuestra las citas de Juan de Castellanos refiriéndose a la región de Tunja (4) y al final de la Colonia, según decir de Humboldt (5). Así por deforestación se han perdido miles de hectáreas de uno de los más preciosos recursos naturales.

El manejo y la distribución de las maderas aserradas no puede ser más irracional. Basta echar una mirada a los centros madereros como Tumaco, Buenaventura o Barranca para verificar el incalculable desperdicio por falta de inmunización, por apilamiento y medio de transporte inadecuados, por falta de vías de comunicación y en fin, por falta de protección de la lluvia y del sol. El secamiento cuando se realiza, es un proceso empírico y sin control, normalmente al aire.

La madera tampoco se libra de la cadena de intermediarios colono-aserrio-transportador-mayorista-minorista. Tal es la situación que la madera colombiana es la más cara de las Américas. Así por ejemplo, en Colombia se paga por la madera estructural el doble de lo que cuesta en Canadá y ello también explica por que se extinguió hace algunos años el comercio de exportación de maderas de la zona del Pacífico.

La madera estructural que se puede adquirir en Colombia presenta grandes problemas :

1. No existe selección por especies. Aunque algunos estudios fijan el número de especies comercialmente explotables en 800, no pasan de una veintena las especies conocidas que cuentan con un suministro regular a los centros de consumo.
2. La investigación de propiedades físicas y mecánicas es muy limitada. Los primeros estudios sistemáticos fueron realizados por los hermanos Robledo de Antioquia hace apenas 45 años. Los trabajos realizados posteriormente han tenido poca divulgación y es sobre este punto donde se centró la primera fase de la investigación del PADT-REFORT, con el estudio de 105 especies de maderas de países del Pacto Andino (6), 24 de ellas

correspondientes a Colombia (7). Cabe advertir que el comportamiento de las maderas duras del trópico, es diferente a las maderas coníferas de Europa y Norteamérica.

3. No se ha puesto en práctica una clasificación por calidad. En ausencia de un código obligatorio muchas de estas especies se identifican con nombres genéricos, de muy diferente comportamiento estructural. En cuanto a la clasificación visual, la madera adolece de muchos defectos de abarquillado, alabeo, rajaduras nudos, fibra encontrada, ataque de hongos e insectos, rodaduras y dimensiones reales muy alejadas de las dimensiones nominales. La gran mayoría de especies solo se comercializa en 3 mts. de longitud y la gama de secciones preferenciales es muy limitada.
4. No se consigue con facilidad madera secada artificialmente para los contenidos de humedad apropiados al uso y a la localidad. Existe un número muy limitado de secadoras de madera y los sistemas de secado al natural se hacen con técnicas poco apropiadas y sin control.
5. Normalmente el precio de los fungicidas e insecticidas es muy alto, en parte debido a que se fabrican con materias primas importadas. No se inmuniza la madera para protegerla de hongos e insectos.
6. No se ha unificado el sistema de medidas del país. Mientras que en las costas Atlántica y Pacífica se comercializa la madera en Pies-tablas, en los Santanderes se hace en Pies y varas cúbicas, en la zona de Urbá en pulgadas cuadradas y en Bogotá en piezas de 30.000 cmts³ o en metros cúbicos.

MANO DE OBRA :

El oficio de carpintero de armar es prácticamente desconocido en el país. A él se llega en las obras sin entrenamiento, bien como una derivación de la ebanistería o como especialización de la albañilería. En ambos casos no tiene conocimientos sólidos de geometría que le permitan leer planos, hacer cálculos sencillos de pendientes, cubillaje de madera, subdivisión de elementos o trazado correcto de ejes. Tampoco conoce cabalmente la madera en sus propiedades físicas y mecánicas y desconoce muchas de las herramientas modernas para trabajar la madera y las normas de seguridad durante el montaje de las estructuras. En el curso de los trabajos realizados se observa que muchas obras que podían ejecutarse más económicamente con madera ensamblada en el sitio terminan construyéndose en acero o en concreto por falta del personal adecuado. A pesar de lo anterior, la experiencia ha demostrado que en muy corto tiempo y con poco entrenamiento se obtienen buenos resultados con personal no calificado. Esta situación se ha expuesto ante el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y existe el interés de incluir dentro de su programa la especialización de carpintero armador.

TECNOLOGIA PROPIA O IMPORTADA :

Mucho se ha discutido sobre los costos y peligros de la importación de tecnologías en los países menos desarrollados. En el caso de la madera estructural era evidente la inexistencia de una tradición valdeera que hubiera permitido el desarrollo de una tecnología propia. La decisión se encaminó a importar la tecnología más avanzada del momento y conseguir paulatinamente, con tanteos, evaluaciones e inventiva, su adaptación a las condiciones del país. Se espera a largo plazo el desarrollo de una tecnología que, aunque dependiente de la tecnología original, desarrolle su propio lenguaje y soluciones.

Dentro de ese orden de ideas pueden señalarse algunas características locales que marcan los resultados hasta ahora obtenidos. Son ellos : El paso relativamente bajo de la gran mayoría de los tejados que se utilizan; la inexistencia de nieve, huracanes, vientos de gran velocidad; la frecuencia de movimientos sísmicos; la falta de equipos en las obras; la mano de obra inexperta; el tipo de vehículos disponibles; las malas carreteras; la ausencia de códigos y normas; el suministro irregular de maderas diversas en estado verde y sin inmunizar; el gusto de los diseñadores y usuarios por dejar las armaduras a la vista; la deficiente calidad de máquinas, herramientas, puntillas y tornillos de fabricación nacional.

Así se obtienen, comparadas con las estructuras realizadas en los Estados Unidos o Canadá, separaciones mayores, pendientes usuales menores, cargas totales de diseño bajas, mayor valor agregado de las piezas prefabricadas, mejores empalmes y buena calidad en la ejecución. Por otro lado, a diferencia de otros países industrializados, las cerchas más empleadas en Colombia se destinan en mínima parte a la vivienda y en su gran mayoría a edificios representativos de servicio público, a centros comerciales, centros culturales y galpones agrícolas.

ACEPTACION DE LA NUEVA TECNOLOGIA :

Hasta hace pocos años las estructuras de madera no figuraban en el repertorio de ingenieros y arquitectos colombianos, salvo como curiosidad o exigencia expresa de algún propietario.

Con no pocas reticencias se aceptan hoy las estructuras de madera como alternativa de estructuras de acero o de concreto, habida cuenta de los problemas enumerados anteriormente y de otros más evidentes como su limitada resistencia, su combustibilidad y su vulnerabilidad. A pesar de los anteriores inconvenientes, la madera ofrece enormes ventajas como material estructural por su poco peso, por la facilidad con que se trabaja, por la ausencia de corrosión, por ser un recurso renovable y sobre todo por su belleza.

Como la popularización de las estructuras de madera depende del conocimiento que los diseñadores y constructores tengan del material, conviene insistir

en la necesidad de apoyar las investigaciones sobre maderas colombianas y de introducir el diseño estructural de madera como un curso regular de nuestras facultades de Arquitectura e Ingeniería.

Igualmente importante para el país es la tecnificación y control de la explotación maderera, la adopción de normas y códigos que permitan un empleo más racional del material. Estos aspectos así como el de la reforestación requieren un esfuerzo conjunto del gobierno, de las asociaciones profesionales y de la industria privada a fin de organizar y obtener un mayor productividad del recurso maderero.

APORTE TECNOLÓGICO :

La reciente aparición de técnicas modernas de carpintería de armar ofrece a los ingenieros y arquitectos del país otra herramienta de trabajo y un diferente código estético.

Rescata asimismo un material abundante y renovable que se venía empleando con técnicas inapropiadas de secamiento e inmunización y con enormes desperdicios.

La nueva tecnología ha establecido una calidad de obra nunca antes alcanzada en carpintería de armar y que sitúa los componentes de madera en condiciones competitivas con los prefabricados de acero y concreto, dentro de similares normas de estabilidad y duración.

La fabricación milimétrica e idéntica de componentes estructurales de madera elimina los alistados y ajustes de obra, de manera que es posible instalar directamente los materiales de cubierta, cielo-raso y pisos.

El poco peso de los elementos estructurales de madera produce economías integrales en la construcción, no solamente por las menores secciones, sino porque al ser colocados a cortas distancias generan cargas repartidas sobre los muros reduciendo de esta manera las secciones de vigas, columnas y cimientos. Lo anterior tiene particular importancia en suelos de baja capacidad portante.

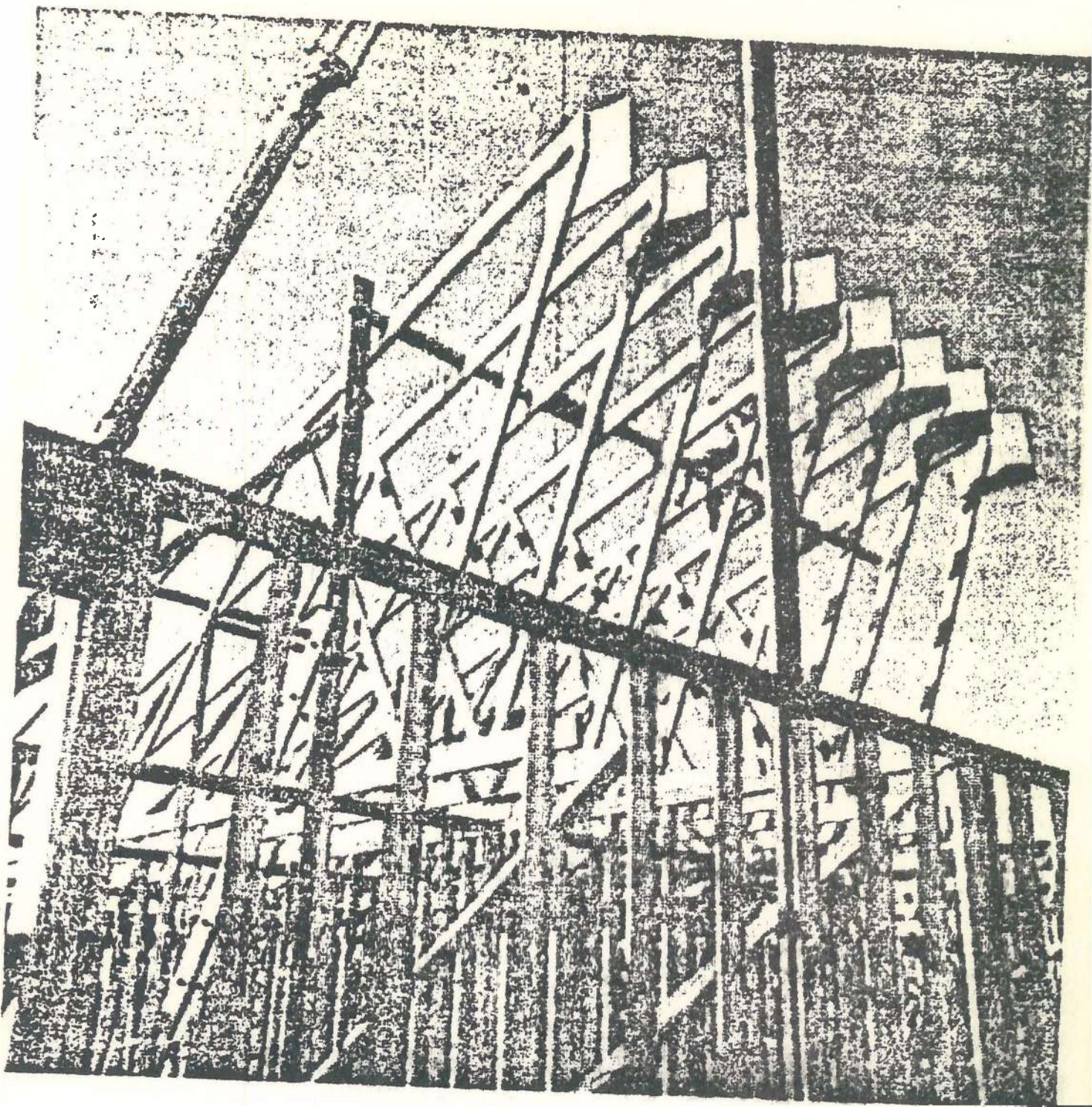
Con armaduras ligeras de madera es posible alcanzar en forma económica luces de 10 mts, sin apoyo central, logrando con ello flexibilidad en el diseño arquitectónico.

Las estructuras de madera se fabrican y montan en tiempo muy corto, sin equipo y con personal no calificado.

Para el constructor las ventajas de utilizar elementos livianos prefabricados estriban en la eliminación de desperdicios, reducción en el tiempo de construcción y mayor seguridad en el montaje.

NOTAS :

- (1) Avianca Hangar de la base Aerea de Soledad, Atlántico
Feria Internacional de Bogotá, varios pabellones
Embotelladora Postobón, Bogotá.
- (2) Bridges and their builders. David Steineman, Sarah Ruth
Watson Dover Publications N.Y. Cap. 7
- (3) Tiempo, Espacio y Arquitectura. Sigfried Giedion. Oxford
University Press. Tercera Edición 1954 pga. 345.
- (4) Elegías de varones ilustres de Indias : Juan de Castellanos
- (5) Memoria razonada de las salinas de Zipaquirá, Agosto del año
1801 Alejandro von Humboldt.
- (6) Descripción general y anatómica de las maderas del Grupo
Andino PADT-REFORT 1981.
- (7) Tablas de propiedades físicas y mecánicas de 24 especies
de Colombia. PADT-REFORT 1981.



ARMADURAS LIGERAS PREFABRICADAS

URBANO RIPOLL

A pesar de haber contado Colombia, al igual que otros países latinoamericanos con enormes bosques tropicales, no se detecta una tradición ni un conocimiento profundo en el manejo de estructuras de madera. Lo que es peor, no tenemos siquiera una industria organizada de explotación de bosques. La madera que se emplea en construcción y en ebanistería es el producto de una colonización errática, cuando no de la simple tala de zonas boscosas para dar paso a la agricultura y ganadería de subsistencia. Con ello se pierde la riqueza maderera, se empobrece el suelo y se agotan las fuentes de agua.

No es raro entonces que los arquitectos colombianos desconozcamos el lenguaje elemental de la carpintería de armar y que si alguien nos habla de soleras, canes, cabios, jabalcones, montantes, brochales, tornapuntas, pendolones, pie-de-amigos, contrapares y parhileras, sólo podamos apreciar la sonoridad y belleza de las palabras sin precisar su significado.

Tampoco es de dominio del profesional corriente el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas colombianas, los sistemas de preservación y de secado, los criterios de diseño estructural, los tipos de uniones y las configuraciones más usuales.

Como por otra parte existe entre los propietarios y los diseñadores un creciente interés en el uso de estructuras de madera, las soluciones propuestas se limitan a vigas simplemente apoyadas en muros de carga o sistemas triangulados elementales que acusan poca habilidad en el tratamiento de los miembros interiores y de las uniones. Si a lo anterior se suma la ausencia de cálculos estructurales y el empleo de maderas verdes, no inmunizadas o inmunizadas deficientemente, no debiera extrañarnos los frecuentes problemas de hundimientos de las cubiertas, de excesivas deflexiones de los cielos-rasos, de maderas alabeadas, de grietas en los pañetes y de empujes en los muros de apoyo.

DESARROLLO HISTORICO :

La rica tradición europea de entramados de cubierta hechos con mortajas, espigas, clavos y platinas de hierro forjado se vió enriquecida a comienzos del siglo pasado con la fabricación industrializada de clavos y puntillas a base de alambres. En 1835 aparece en Chicago el "Balloon Frame", sistema integral de maderos livianos y prefabricados que se unen con puntillas para formar entramados. El siglo XIX fué prodigo en estructuras triangulares de madera, especialmente los puentes realizados por ingenieros norteamericanos para el ferrocarril. El mayor desarrollo va hasta 1848, época en que se comenzó a usar extensivamente el acero.

Después de la primera Guerra Mundial, y debido a la baja de las reservas de acero y a la destrucción de bosques maderables, se inició en Europa la investigación para utilizar maderas de secciones pequeñas por medio de empalmes económicos. Las uniones de pernos roscados y planas de acero laminado, que hasta el momento constituían los métodos más populares, perdieron importancia frente a novedosos sistemas de anillos partidos, anillos dentados, cartelas de madera contrachapada, grapas de uña y placas planas perforadas.

Todos estos elementos de unión recibieron el nombre Genérico de Conectores y resultaron ser más económicos y eficientes por no requerir grandes perforaciones o disminuciones de la sección útil de la madera.

Dice Harry Parker "en los métodos que se usaban en el pasado, las juntas en las armaduras eran con frecuencia la parte más débil de la estructura. Con los conectores es posible desarrollar todo el esfuerzo permisible de la madera".

Los conectores de madera dieron origen a las llamadas Armaduras Ligeras de Cubierta, cuyas ventajas en relación con las armaduras tradicionales se refieren a economía total de madera, posibilidades de prefabricación en taller, rapidez en el montaje, mayores luces y cargas repartidas en los apoyos.

En 1933, después de masivas investigaciones emprendidas por universidades y entidades oficiales, los nuevos sistemas fueron adoptados en los Estados Unidos, en donde tuvieron enorme acogida. De particular importancia son los trabajos realizados por el Laboratorio de Productos Forestales y la Timber Engineering Company, TECO, que desarrolló el conector de anillo partido. Muchas estructuras fueron hechas con los conectores de anillo partido pero su uso ha ido decreciendo en favor de sistemas más económicos en madera y en mano de obra.

- Los paneles prefabricados se entregan bien terminados para recibir el estuco.
- Los muros en ladrillo necesitan ser pañetados y posteriormente estucados.
- La prefabricación es sencilla y con el mismo molde se pueden hacer todas las piezas.
- Es factible colocar los tabiques interiores de un apartamento en 8 horas.

ENTREPISO PREFABRICADO :

- El elemento vigueta se prefabrica simplemente armado con formaleta metálica con la sección del bloque de escoria utilizado para las placas de entrepiso.
- Por la forma de la vigueta, se agiliza a su colocación.
- Al armar el entrepiso con los elementos viguetas y bloques de escoria,

tendremos un entrepiso antiacústico con superficie interior plana económica para darle el acabado deseado.

- Unicamente para la viga de soporte de las gualderas de escalera se usará formaleta de madera, pues el resto de la placa de entrepiso no requiere formaleta.
- El entrepiso de 1 Apto. se puede armar en 8 horas.
- Programando racionalmente el proceso constructivo se podrá armar un apartamento en 2 días.

CONCLUSION :

Los tiempos estimados requieren que las instalaciones eléctricas sanitarias sean coordinadas con el sistema constructivo para demostrar la bondad del sistema lo mismo que la industrialización de ventanas, puertas, muebles, etc. con lo cual los costos y tiempos de ejecución se reducirán notablemente. Si resumimos los datos obtenidos en los cuadros, tenemos que, podemos entregar los muros y entrepisos de un apartamento tipo por \$ 150.000.00 más un 20% de gastos generales e imprevistos lo cual da \$ 180.000.00. Estimamos que esta cifra corresponde a un 30% del costo de obra X apto., lo cual da \$600.000. Como este costo es el 50% del valor de venta, incluyendo el valor del lote, notariales, etc., obtendremos un valor de venta de \$ 1.200.000.00 por apartamento.

CARACTERISTICAS DE PLANTA DE PREFABRICACION :

1. El tipo es: "Prefabricación liviana".
2. No es necesario importar equipos especiales.
3. Con 4 mesas vibratorias para 200 kilogramos de concreto, se pueden prefabricar los elementos de un apartamento por día.
4. La planta se puede instalar en el mismo sitio de la obra con el objeto de abaratar el transporte y agilizar el proceso.
5. Para colocar los elementos, únicamente será necesario utilizar 4 plumas (grúas) de 250 kilogramos para armar un apartamento por día.

Usualmente se emplean maderas de densidades bajas e intermedias, esto es, entre 0.40 y 0.60 grs/cm³, ya sean coníferas o latifoliadas. Entre estas últimas se recomienda el sajo (*Camnosperma Panamensis*), el sande (*Brosimun utile*), el amarillo Caquetá y el abarco (*Caryniana Pyriformis*). Naturalmente es aconsejable el uso de maderas secadas hasta un contenido de humedad cercano al punto de equilibrio higroscópico local e inmunizadas con fungicidas e insecticidas apropiados.

Con el conector GANG NAIL se pueden fabricar armaduras livianas de cualquier configuración geométrica, particularmente útiles para cubiertas y entrepisos. Se ha comprobado que para luces intermedias, esto es, entre 6 y 10 mts., se logran sustanciales economías en relación con las mismas armaduras de acero. Además se obtiene elementos más livianos y de mejor apariencia, lo que permite dejarlos a la vista.

Las armaduras realizadas en el conector GANG NAIL se diseñan siguiendo el código del Truss Plate Institute (TPI), entidad que normaliza el cálculo, la fabricación y el montaje de estructuras livianas que emplean conectores de placa.

Dentro de las aplicaciones más comunes de las armaduras prefabricadas con conectores GANG NAIL, se señalan los entrepisos y cerchas para viviendas, edificios multifamiliares, bodegas, escuelas, construcciones provisionales y toda clase de galpones para las industrias agrícolas y ganaderas. También es posible fabricar con este conector armazones para paneles así como cimbras y encofrados para fundir elementos de concreto.

El conector GANG NAIL fué patentado en los Estados Unidos en 1959, habiendo sido el primer sistema que no requería el uso de clavos, pernos, tornillos, pegantes o cualquier otro elemento auxiliar para lograr una unión rígida y confiable. El sistema fué introducido en Colombia en 1980.

ARMADURAS LIGERAS PREFABRICADAS :

En los sistemas de entramados tradicionales se colocan cerchas maestras a distancias regulares, las cuales reciben viguetas de menor sección que a su vez se cargan con correas o cuchillos para sostener el tejado o el cielo-raso. En las armaduras ligeras se sustituye la jerarquía de elementos estructurales por un solo elemento, la "correa triangulada" o "trussed rafter", colocada a corta distancia una de otra. La separación usual de correas trianguladas es de 0.60, 0.90 y 1.20 mts., lo que produce pequeñas cargas repartidas en los muros y una situación óptima en suelos de baja capacidad portante. Con la relativa corta distancia entre armaduras se pueden usar muros portantes de 15 cms., de espesor y se pueden aplicar directamente los materiales de techo y cielo-raso sin necesidad de alistados.

Con las armaduras ligeras se puede llegar a luces de 10 a 12 mts., sin apoyo intermedio, lo que ofrece gran flexibilidad al proyecto arquitectónico.

Las armaduras se calculan, se fabrican y se montan en muy corto tiempo, lo que se traduce en reducciones considerables de algunas operaciones de la ruta crítica y en la posibilidad de iniciar acabados con anticipación a lo programado en sistemas convencionales.



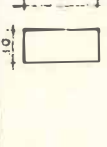
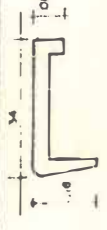
Las cerchas prefabricadas ofrecen la ventaja de reducir mano de obra en el sitio de trabajo y de eliminar totalmente los desperdicios de obra.

El conector GANG NAIL :

El conector es una lámina de acero galvanizada provista de clavos integrales que se obtienen por proceso de estampado en troqueladoras de alta capacidad. El ensamble de maderas se logra introduciendo por impacto o por presión un conector a lado y lado de las piezas colocadas a tope.



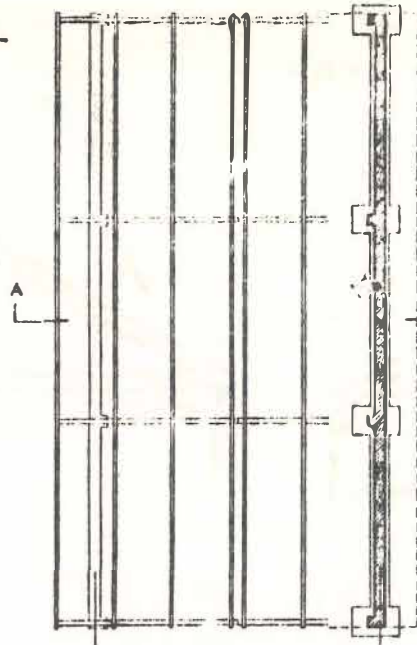
ANALISIS DE COSTOS Y RENDIMIENTOS ENTREPISO PREFABR. APTO TIPO

ELEMENTO TIPO	COSTO Y CANTIDADES ELEMENTOS				COSTO MANO DE OBRA Y RENDIMIENTO				EQUIPO NUMERO PLUMAS	COSTO PLUMA			
	LONG: *UD	P.M. ³	PESO EKG.	CANTIDAD	D.M. ³	TOTALES	VALOR ELEMENT	VALOR TOTAL			NUMERO DE HOMBROS	TIEPO COLOC.	TOTAL M.H.
 	3.00	48	115.2	49	2.400	480*	\$ 23520*	2	25	0.5	24.5	90650	
	1.80	23.3	69.12	16	4608	288	4608*	2	25	0.5	8	296	\$1.00*
 GUALDERA SECCION PROMEDIO	2.00	60	144	2	60	600	1200*	3	8	24	24	888	
 PASO	1.20	24	57.6	7	168	240	1680	2	2	4	4	148	
CONCRETO FUNDIDO EN OBRA - VIGAS DE AMARRE Y RIGIDEZ HORIZONTAL	83.10				2.000	5000*	10.000	3	8	24	24	888	
TOTALES							\$ 58,916*			53.05		4633*	\$ 2,300

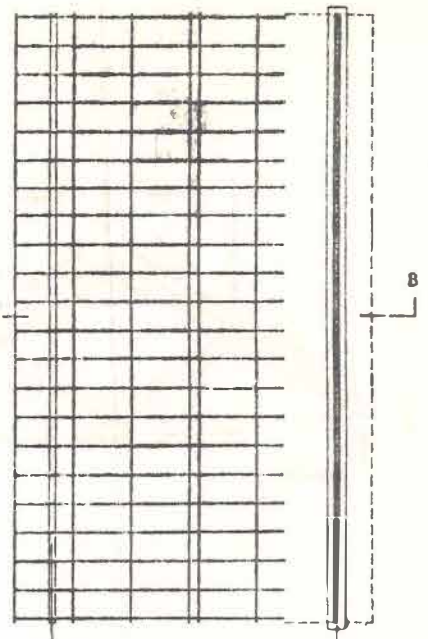
COSTO TOTAL ENTREPISO APARTAMENTO TIPO _____ \$65.549 =

ANALISIS DEL COSTO HORA/HOMBRE

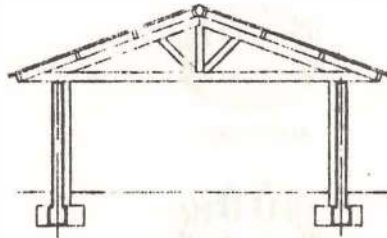
1-CONTRAMAESTRE	\$ 300 = DIARIOS C/U	\$ 300 =
2-O FICIALES	\$ 250 = DIARIOS C/U	\$ 500 =
7-A YUDANTES	\$ 150 = DIARIOS C/U	\$ 1.050 =
SUB-TOTAL		\$ 1.850 =
PRESTACIONES SOCIALES 6%		\$ 111.0 =
COSTO DIARIO CUADRILLA		\$ 2.960 =
JORNAL PROMEDIO		\$ 296 =
VALOR HORA-HOMBRE		\$ 34 =



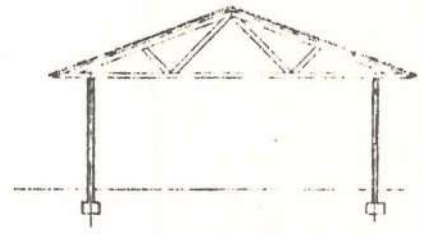
Planta de cubierta y cimentación



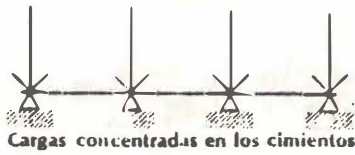
Planta de cubierta y cimentación



Corte AA



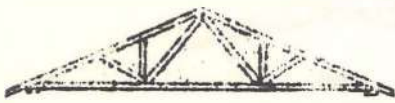
Corte BB



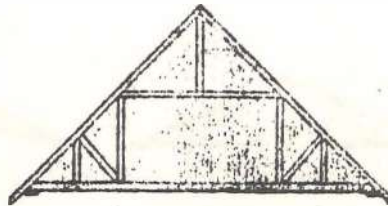
Cargas concentradas en los cimientos



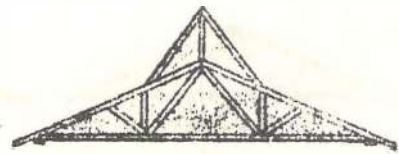
Cargas repartidas en los cimientos



Abanico



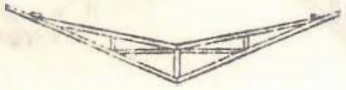
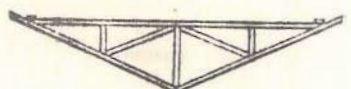
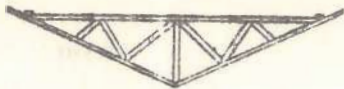
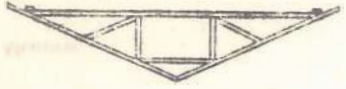
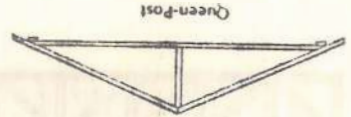
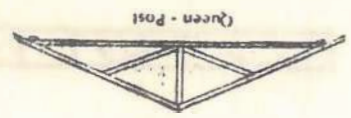
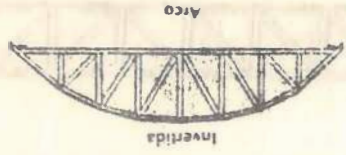
Desvan



Lucarna



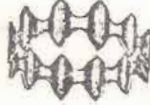
Cordones Paralelos



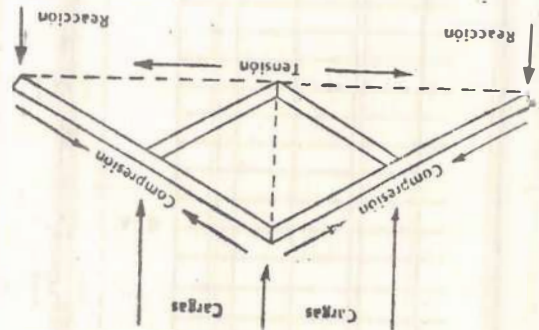
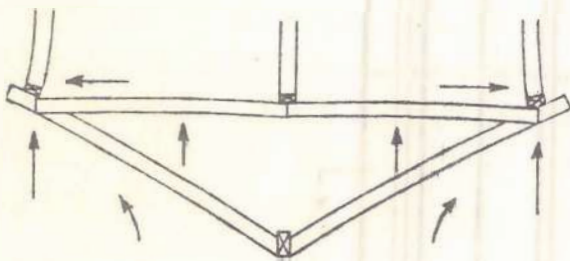
Carpas de Una



Anillo Dentado



Anillo Partido



ANOTACIONES SOBRE EL USO DE LA MADERA EN LA

CONSTRUCCION

Plantear el uso de la madera, define connotaciones de gran validez y contradicción. De por sí, la madera es un producto de gran nobleza por su facilidad de manejo y amables resultados, pero su uso extensivo e irracional ha generado problemas ambientales erosivos que origina el gradual empobrecimiento de nuestros suelos permitiendo vislumbrar un futuro desértico para las generaciones futuras.

Los árboles de origen natural o de reforestación, tienen funciones fundamentales que permiten la vida en nuestro mundo. Se trata de funciones protectora, reguladoras y productivas, que con la presencia transformadora del hombre toman validez equitativa. De su entendimiento depende que los seres humanos mantengan el equilibrio continuado, que evite que en nuestros países sucedan los vivos ejemplos de miseria humana que aún se creen lejanos y atribubles a países africanos o asiáticos, pero que bien pueden estar tocando a la puerta de nuestras ciudades.

Nuestros procesos de colonización desde la época hispánica se han caracterizado por ser devastadores, no sólo culturalmente, pues además impusieron modelos de tala y quema de bosques para luego implementar agriculturas muchas veces erosivas, destruyendo las características reguladoras de los bosques. Los países desarrollados y algunos latinoamericanos, tienen a veces la afortunada ascendencia de migrantes conocedores profundos de los recursos naturales, que supieron aprovecharlos, iniciando desde hace años un proceso industrial adecuado que permite al bosque cumplir con sus funciones vitales. Hoy nuestros países están en un desafortunado encarrilamiento al empobrecimiento sistemático, que aún puede ser modificado con la actitud consciente

de aquellas personas que forman parte, como eslabones, de una cadena de producción de madera, que afecta con igual intensidad al hombre del bosque y al usuario final (rural o urbano).

La alternativa del bosque para la producción, específicamente para ser usado en la construcción, debe superar inconciencias estructurales o económicas, pues se trata de un ciclo vital que afecta o depende de muchos seres humanos y que no se va a detener hasta extinguir los recursos existentes, si estos no se regeneran.

La formación del conocimiento del uso de la madera, es en su gran mayoría empírico, fortalecido actualmente con la invaluable participación de grupos o personas interesadas en la dimensión científica del problema. De su coherencia en los planteamientos y de un apoyo político a largo plazo depende fundamentalmente el futuro de los procesos productivos del bosque.

De por sí, la decisión de utilizar madera en un objeto arquitectónico, exige al diseñador conocer con precisión las características físicas y mecánicas de la materia prima que va a utilizar. Las dimensiones de las trozas en el bosque, el tipo de madera, las condiciones de secado, la preservación y el mercadeo definen el éxito de una obra. No así sucede con el concreto, para el cual su origen no determina con tanta incidencia la posición que debe tomar el profesional.

Se requiere de la articulación de universidades, sociedades profesionales, centros de investigación, Institutos normativos, etc., para crear un ámbito adecuado para el uso racional de la madera, que dé garantías al inversionista, a las compañías aseguradoras y al usuario sobre las bondades de una construcción resuelta total o parcialmente con este material.

Para que una edificación de madera ofrezca todas las garantías, atribuidas con errónea exclusividad a los materiales denominados tradicionales, requie-

re con igual cuidado: garantizar la calidad de la madera; proteger la edificación por medio del diseño y construir con el rigor que el planificador determine.

La calidad de la madera depende de las características del tipo o especie que se utiliza, del secado adecuado y de la preservación artificial utilizada contra los hongos y los insectos, que atacan el material. Aunque existen especies maderables denominadas de alta durabilidad, sus costos son mayores, además que una forma de proteger el bosque es usando aquellas especies más comunes, de fácil reforestación, que con un adecuado tratamiento ofrecen iguales índices de calidad que las comúnmente conocidas como maderas duras o preciosas.

El diseño permite el manejo de las determinantes ambientales, tanto a nivel de todo el edificio como de aquellos detalles constructivos que evitan el deterioro de los componentes. El mayor enemigo de la apariencia y la estructura de un edificio es la humedad. Otras determinantes tales como el fuego, el viento, los sismos, el clima, la soleación, el ruido, etc., son manejables con el conocimiento de las características mecánicas y físicas de las especies de madera que se utilicen, y con su aplicación rigurosa al diseño detallado de la obra arquitectónica.

Del diseño participa íntimamente la planificación de la construcción de la obra. Se trata de decisiones que se van tomando conjuntamente y que definen el tamaño de los componentes constructivos, su peso y el trabajo realizado en fábrica o en obra.

Los sistemas constructivos van desde el uso vernacular de la madera rolliza, pasando por la fabricación de elementos para ser ensamblados en la obra, hasta la prefabricación total donde el trabajo se limita a montar elementos volumétricos.

Globalizando estas ideas sintéticas de la participación de la madera en la construcción, podemos hacer un llamado sobre las múltiples posibilidades - que este material ofrece: sus características permiten que se utilice en estructuras, acabados, combinada con otros materiales, manteniendo siempre sus propiedades intrínsecas. Todas estas y otras bondades que los árboles y sus productos obsequian generosamente, exigen del ser humano una retribución que lo beneficia directamente. La respuesta no la puede dar la historia, si es que ella llega, debe ser una acción real y concreta del hombre de hoy.



RICARDO NAVARRETTI, J., Arquitecto
OFICINA DE PROGRAMAS ESPECIALES
BANCO CENTRAL HIPOTECARIO

15 años de trabajar estructuras con maderas mal aserradas, mal dimensionadas, cada vez más escasas, lejanas, ordinarias, caras y difíciles de conseguir, en largos mayores a 3 metros, me hicieron descubrir las dos maderas más abundantes del Occidente Colombiano; el mangle del Pacífico y la Guadua de las regiones cafeteras del Viejo Caldas y del Norte del Valle. El primero se consigue por encargo hasta de 18 metros de largo, su longitud comercial es de 10 metros, por ser la medida más empleada para postes de energía o teléfono. En la guadua la dimensión corriente es de 9 metros. Estas dos prodigiosas maderas rollizas y silvestres son actualmente la base de todos mis trabajos de construcción de estructuras.

Con la guadua tuve muchas dificultades mientras descubría como trabajarla. Al principio, solo podía emplearla en estructuras de compresión, como es el caso de los arcos que, por geometría, obligan a todos los miembros que lo forman a trabajar en sus uniones a compresión (verbo y gracia) los arcos de piedra o ladrillo de los Romanos.

Con un sistema de construcción y de uniones, que desarrollé para estructuras en arco, para cubiertas en leja de barro y cielo razos de concreto, en 4 centímetros de espesor, puedo cubrir luces hasta de 20 metros. Si empleara materiales de cubierta más livianos como asbesto - cemento o zinc, podría aventurarme hasta 30 o 35 metros. Uno de los ejemplos con que ilustro esta presentación tiene apenas 10 metros y considero que está sobrediseñado.

La Arquitectura popular del Viejo Caldas, está hecha con guadua, trabajando siempre de punta. Es la manera más obvia, limitada y elemental como solución constructiva porque está desaprovechando la cualidad más importante: su altísima resistencia a la tracción. Con las fibras de la guadua, los chinos y los Incas fabricaban cables para puentes colgantes. La Guadua a compresión es un desperdicio, pero es la forma más fácil de resolver el problema de las uniones.

Esto fue lo que resolví. Gracias a ello, La Guadua puede entrar a competir en igualdad de condiciones con el hierro y la madera aserrada para todo tipo de estructuras de cubiertas. Al cemento y al hierro les debo el haber podido desarrollar el sistema de uniones para tracción.

Los cañutos de la Guadua son huecos. Esto hace muy propensa a rasgarse si se perfora, por ejemplo, con un tornillo. Pero si el cañuto donde va perforado el tornillo se llena de cemento, este se adhiere al tornillo, que a su vez, recibe una platina por cada extremo, sujeta con tuercas. Estas pueden apretarse sin peligro de aplastar el cañuto. Sometiendo las platinas a tracción pasan el esfuerzo al tornillo, que confinado con el cemento lo transmite por

compresión a la tapa del cañuto y ésta a todas las fibras de la Guadua. En éste caso hay que tener en cuenta la resistencia del tornillo al cortante. Más fácil falla éste que la Guadua.

Tal clase de unión me ha permitido voladizos en Guadua hasta de 6 metros para cubiertas de concreto en 4 centímetros de espesor y teja de barro española. Ambos materiales son bastante pesados.

Los ejemplos que muestro en las transparencias tienen dos años de construcción, han resistido vientos huracanados que han elevado las tejas de barro y nos han obligado a reentejar sin que se hayan presentado deformaciones en las estructuras.

Con respecto al Mangle, no tuve que desarrollar un sistema constructivo especial como sí tuve que hacer con la Guadua, simplemente me atreví a usarlo y encontré también clientes que pagaran todas las inexperiencias hasta lograr demostrar lo increíblemente fino que es como madera estructural.

Muy pronto se habrán acabado en este País todas las maderas nativas de aserrío aptas para estructuras. Solo tenemos pinos patulas y eucaliptos, que en construcción no sirven sino para juegos infantiles en las zonas verdes de los multifamiliares.

La Guadua, El Arboloco (que próximamente comenzaré a trabajar) y El Mangle, han sido las maderas de los pobres, de donde son nativas. Los tugurios del Viejo Caldas son de Guadua y Arboloco. Los del Pacífico en Mangle. Unos y otros han encontrado la redención a sus problemas de vivienda en estos materiales. La pobreza forestal de este país nos llevará con seguridad a que si alguien en el año 2.000 quiere construir con madera, solo encontrará disponible y en abundancia estos materiales.

Ojalá los ingenieros forestales descubran que existen, para que aprendan a cultivarlas y a mejorarlas genéticamente.

Los trabajos y publicaciones de Oscar Hidalgo y Dicken Castro sobre la Guadua, han contribuido bastante a darle prestigio como material, y a motivar gente como yo a descubrir como utilizarla. Ojalá, también se motivaran los ingenieros y los colegas arquitectos, constructores de estructuras, a encontrarles nuevos usos y maneras de emplearlas para poderlas utilizar como maderas decentes.

AGRADECIMIENTOS

- AEROVIAS NACIONALES DE COLOMBIA "AVIANCA".
- CARTON DE COLOMBIA.
- COMPAÑIA NACIONAL DE CHOCOLATES.
- ESCUELA COLOMBIANA DE HOTELERIA Y TURISMO.
- INRAVISION.
- SECCION DE PUBLICACIONES SENA, DIRECCION GENERAL.
- PERIODICO EL TIEMPO.
- PIZANO S.A.

