

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MADERA

Los árboles están formados por tres partes: la raíz, el tronco y la copa. Los dos primeros elementos son los que diferencian, fundamentalmente, a un árbol de un arbusto. Los arbustos son más pequeños y no tienen un único tallo sino que están formados por varios.

Aliso

Familia

Betulaceae

Nombre Científico

Alnus acuminata

Nombre Común

Aliso

Árbol

Árbol monoico, inerme, de 6-15 m. de altura, 20-50 cm. de diámetro.

Distribución

En el valle de Oyacachi Cantón del Chaco Provincia del Napo, junto a los ríos como en las laderas, entre los 2500 y los 3200 m.s.n.m, particularmente en zonas de grandes deslizamientos de tierra crece abundantemente el Aliso.

Canelo Amarillo

Familia

Lauraceae

Nombre Científico

Ocotea javitensis

Nombres Común

Canelo Amarillo

Árbol

Alcanza hasta 30 m de altura y 100 cm de diámetro; letones 3 a 5, hasta de 1.5 m de altura, 10 cm de grosor y 1 m de ancho en la base. Copa redondeada.

Distribución

En Ecuador y Perú, a menudo se encuentra, como un elemento muy importante de los bosques entre 600 y 1300 m.s.n.m. donde alcanza su mayor desarrollo. En las zonas bajas, a menos de 600 m.s.n.m. es un árbol pequeño con flores y frutos más cortos, en manojos cortos.

Manzano Colorado

Familia

Meliaceae

Nombre Científico

Guarea kunthiana

Nombres Común

Manzano colorado, Manzano, tucuta.

Árbol

Alcanza hasta los 35 m de altura y 100 cm de diámetro; tronco bien formado; Aletones hasta de 2.5 m de altura, 10 a 18 cm de grosor y 1.8 m ancho de la base. Copa globosa, densa.

Distribución

Desde Costa Rica hasta los trópicos de Sudamérica incluyendo la costa atlántica de Brasil. En Ecuador se le encuentra de las zonas bajas hasta 2500 m.s.n.m. con una amplia variación en sus características morfológicas.

Roble

Familia

Combretaceae

Nombre Científico

Terminalia oblonga

Nombres Común

Roble, volador, guayabón

Árbol

Es un árbol grande de 35 m de alto y 50 cm de diámetro en el tronco, con raíces tablares altas y agudas. La corteza escamosa, tiene muchas fisuras longitudinales de 1 cm, de color café oscuro. angostas.

Distribución

Centro América desde Guatemala y El Salvador hasta Panamá y Sudamérica hasta Ecuador, Perú y Brasil.

PROPIEDADES FÍSICAS

Ensayo

Alcance

Contenido de humedad para los ensayos mecánicos de maderas nativas del Ecuador anteriormente elegidas: Aliso, Canelo amarillo, Manzano colorado, Roble

Cabe recalcar que este ensayo se realiza después de la ejecución de cada ensayo mecánico.

Objetivo

Determinar la pérdida de peso, en porcentaje, de las probetas en pruebas, secadas en horno a masa constante de las maderas: de acuerdo a las Normas Técnicas Panamericanas, COPANT, ASTM.

Cálculos

El contenido de humedad de cada probeta de prueba se calcula, como la pérdida de masa expresada en porcentaje de la masa seca al horno, mediante la fórmula siguiente:

$$CH(\%) = \frac{(P_i - P_o)}{P_o} \times 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad en porcentaje

Pi: Peso húmedo de la probeta en gramos

Po: Peso en estado anhidro (al horno) de la probeta en gramos

Ensayo

Alcance

Densidad (Masa por volumen) para los ensayos mecánicos de maderas nativas del Ecuador anteriormente elegidas: Aliso, Canelo amarillo, Manzano colorado, Roble

Cabe recalcar que este ensayo se realiza después de la ejecución de cada ensayo mecánico.

Objetivo

Determinar la densidad de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado y Roble.

Cálculos

Mediante el peso específico, conocido y constante de la parafina (9.00 gr/cm³), se puede obtener el volumen de la parafina adherida a la muestra, restando este volumen del volumen total de la muestra más parafina se obtiene el volumen de la muestra.

La densidad de las probetas se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$sp_{gr} = \frac{KW}{V}$$

Donde:

- sp_{gr} = Densidad, en gr/cm³.
- W: peso de la Probeta con el contenido de humedad deseado, en gramos
- V: volumen de la probeta con el contenido de humedad deseado, en cm³.
- K: constante igual a 1, cuando W se expresa en gr. y V en cm³

PROPIEDADES MECÁNICAS

Compresión paralela a la fibra

Ensayo

Alcance

Obtención del esfuerzo último para compresión paralela a la fibra y módulo de elasticidad que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar los esfuerzo últimos para compresión paralela a la fibra y módulo de elasticidad de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

El esfuerzo último se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_u = \frac{Fu}{A}$$

Donde:

- σ_u = Esfuerzo último a compresión paralela (Kg/cm²)
- Fu = carga de rotura (Kg)
- A = Área de la sección transversal de la probeta (cm²)

$$\sigma = E * \varepsilon$$

Donde:

- σ = Esfuerzo a compresión paralela (Kg/cm²)
- E = Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)
- ε = Deformación Unitaria

Compresión perpendicular a la fibra

Ensayo

Alcance

Obtención de esfuerzo último para compresión perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar el esfuerzo último para compresión perpendicular a la fibra de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

Para el cálculo de la resistencia al límite proporcional se utilizará la siguiente expresión:

$$RLP = \frac{P}{S}$$

Donde:

- RLP: Resistencia al límite proporcional (Kg/cm²)
- P: Carga al límite proporcional (Kg)
- S: Área impresa por la placa de acero sobre la probeta (Cm²)
- Para el cálculo de la resistencia unitaria máxima se utilizará la siguiente expresión:

$$RUM = \frac{P}{S}$$

Donde:

- RUM: Resistencia unitaria máxima (Kg/cm²)
- P: Carga necesaria obtener la penetración de 2.5 mm (Kg)
- S: Superficie impresa por la placa de acero sobre la probeta (Cm²)

Tracción paralela a la fibra

Ensayo

Alcance

Obtención de esfuerzo último para tracción paralela a la fibra y módulo de elasticidad que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar el esfuerzo último para la tracción paralela a la fibra, y módulo de elasticidad de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

Esfuerzo unitario máximo

Se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

- σ_{max} : Esfuerzo unitario máximo (Kg/cm²)
- P_{max}: Carga máxima (Kg)
- A: Área de la sección mínima de la probeta (cm²)

Esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma_1 = \frac{P}{A}$$

Donde:

- σ_1 : Esfuerzo unitario en el límite de proporcionalidad (Kg/cm²)
- P: Carga en el límite de proporcionalidad (Kg)
- A: Área de la sección mínima de la probeta (Cm²)

Módulo de elasticidad

Se calcula con la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sigma_2}{\varepsilon}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad (Kg/cm²)
- σ_2 : Esfuerzo correspondiente a la deformación (Kg/cm²)
- ε : Deformación unitaria

Tracción perpendicular a la fibra

Ensayo

Alcance

Obtención de esfuerzo último para tracción perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar el esfuerzo último para tracción perpendicular a la fibra de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

Para obtener el esfuerzo último aplicamos la siguiente fórmula:

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo máximo (Kg/cm²)

Pmax: Carga máxima de rotura (Kg)

A: Área de la sección mínima de la probeta (cm²)

Corte

Ensayo

Alcance

Obtención de esfuerzo último para corte paralelo a la fibra que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar el esfuerzo último para el corte paralelo a la fibra de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

Para el cálculo del esfuerzo máximo cortante se utilizará la siguiente expresión:

$$\tau_{ult} = \frac{V_{ult}}{A}$$

Donde:

τ_{ult} : Esfuerzo último cortante (Kg/cm²)

Vult: Carga última cortante (Kg)

A: Superficie de la sección que falla por corte (Cm²)

Flexión estática

Ensayo

Alcance

Obtención de esfuerzo último para flexión estática y el módulo de elasticidad de que soportan las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble. Controlando factores importantes en su resistencia los cuales son:

- Temperatura ambiental
- Humedad en el ambiente
- Dimensiones de las probetas

Objetivo

Realizar los ensayos de laboratorio tomando como referencia las normas COPANT y ASTM para la obtención de datos necesarios y con estos determinar el esfuerzo último para el corte paralelo a la fibra de las maderas: Aliso, Canelo Amarillo, Manzano Colorado, Roble.

Cálculos

Cálculo del esfuerzo unitario en el límite de proporcionalidad

Se aplica la siguiente expresión:

$$ELPf = \frac{3 * P_2 * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

- ELPf: Esfuerzo unitario en el límite de proporcionalidad (Kg/cm²)
- P2: Carga en el límite de proporcionalidad (Kg)
- L: Luz libre de la probeta (Sep. entre apoyos) (cm)
- b: Base de la probeta (cm)
- h: Altura de la probeta (cm)

Cálculo del esfuerzo unitario máximo

Se lo obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$EMf = \frac{3 * P_m * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

- EMf: Esfuerzo unitario máximo (Kg/cm²)
- Pm: Carga máxima obtenida (Kg)
- L: Luz libre de la probeta (Sep. entre apoyos) (cm)
- b: Base de la probeta (cm)
- h: Altura de la probeta (cm)

Cálculo del módulo de elasticidad

Para este cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$MOEf = \frac{P_2 * L^3}{4 * d_1 * b * h^3}$$

Donde:

- MOEf: Módulo de elasticidad (Kg/cm²)
- P2: Carga en el límite de proporcionalidad (Kg)
- L: Luz libre de la probeta (Sep. entre apoyos) (cm)
- d1: Deformación (Flecha) de la probeta en el límite de proporcionalidad (cm)
- b: Base de la probeta (cm)
- h: Altura de la probeta (m)

Módulo de elasticidad

Se calcula con la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sigma_2}{\varepsilon}$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad (Kg/cm²)

σ_2 : Esfuerzo correspondiente a la deformación (Kg/cm²)

ε : Deformación unitaria

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos admisibles se determinan en base a los resultados de los ensayos. Estos ensayos se realizaron en base a las normas COPAN y ASTM.

Para la obtención de los esfuerzos admisibles se modificaron las resistencias últimas mínimas con la siguiente expresión:

$$\text{Esfuerzo Admisible} = \frac{F.C. * F.T.}{F.S. * F.D.C.} * \text{Esfuerzo último}$$

Donde:

F.C.: Factor de reducción por calidad.

F.T.: Factor de reducción por tamaño.

F.S.: Factor de servicio y seguridad.

F.D.C.: Factor de duración de la carga.

	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Tracción paralela	Tracción perpendicular	Corte	Flexión
F.C.	1	1	1	1	1	0.8
F.T.	1	1	1	1	1	0.9
F.S.	1.6	1.6	2	2	4	2
F.D.C.	1.25	1	1.15	1.15	1	1.15

Relación humedad – resistencia

Este método se basa en porcentajes de reducción de resistencia por unidad de contenido de humedad dependiendo del tipo de esfuerzo, es decir que por cada unidad de contenido de humedad que se dese aumentar la resistencia deberá ser reducida un porcentaje de su total.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de reducción de esfuerzos en función de la variación unitaria del CH, para cada sollicitación.

PROPIEDAD	% DE VARIACIÓN
COMPRESIÓN PARALELA	4-6
TRACCIÓN PARALELA	3
CORTE	3
FLEXIÓN	4
MODULO DE ELASTICIDAD	2

CAPITULO V: DISEÑO

Criterios generales de diseño

Códigos y normas aplicables

Para este En el Ecuador las normativas de vigentes para el diseño de estructuras y elementos en obras civiles son:

- CEC 2001 (Código Ecuatoriano de la Construcción).
- Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.
- Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD 1993

Métodos de diseño

Todos los elementos estructurales de madera serán diseñados para cargas de servicio con el MÉTODOS DE ESFUERZO ADMISIBLE.

Requisitos de resistencia

Los elementos estructurales deben diseñarse para que los esfuerzos producidos por las cargas de servicio, sean menores o iguales que los esfuerzos admisibles del material

$$\text{ESFUERZOS DE SERVICIO} < \text{ESFUERZOS ADMISIBLES}$$

Requisitos de rigidez

Las deformaciones deben considerarse para las cargas de servicio tomando en cuenta las deformaciones permanentes producidas con el tiempo debido a cargas aplicadas de forma continua.

Las deformaciones de los elementos estructurales y de la estructura en conjunto deben ser menores a las deformaciones admisibles de los elementos.

$$\text{DEFORMACIONES} < \text{DEFORMACIONES ADMISIBLES}$$

Tipos de carga

Para la estructura propuesta se deben analizar los siguientes tipos de cargas:

- Carga Muerta (D)
- Carga Viva o Sobrecarga (L)
- Carga Sísmica (E)
- Carga de Viento (W)

Combinaciones de carga

- $1.4 D + 1.7 L$
- $0.75 * (1.4 D + 1.7 L \pm 1.87 E)$
- $0.75 * (1.4 D + 1.7 L) \pm 1.43 W$
- $0.9 D \pm 1.43 E$
- $0.9 D \pm 1.43 W$
- $0.75 * (1.4 D + 1.7 L) \pm 1.43 E$

Como se puede observar en las combinaciones propuestas, la carga de sismo y la carga de viento no actúan simultáneamente.

Análisis de la estructura con el programa ETABS

El diseño estructural del convento espíritu santo, a ubicarse en el Cantón Quito, ha sido realizado por medio del programa ETABS. Se respetaron las siguientes hipótesis.

La modelación de la estructura se ha realizado de manera tridimensional, tomando en cuenta todas las características geométricas, y los diferentes estados de carga.

Todos los elementos estructurales fueron considerados empotrados.

Se tomó los elementos más esforzados para verificar que su capacidad este dentro de un rango aceptable, tomando en cuenta que se está trabajando con el criterio de cargas admisibles.

En el programa ETABS seguiremos un procedimiento determinado de definición de materiales, asignación de cargas y chequeo.

Diseño estructural

Vigas y correas

Flexión

Los esfuerzos de compresión o tracción producidos por flexión, no deben exceder el esfuerzo admisible, para el grupo de madera especificado.

Con las hipótesis mencionadas anteriormente, el máximo esfuerzo normal se produce en la fibra más alejada del plano neutro. Para elementos cargados en la dirección de uno de los ejes principales de la sección.

$$\sigma_m = \frac{6 * M}{b * h^2} < f_m$$

Donde:

- b: base de la sección transversal
- h: altura de la sección transversal

Corte

Los esfuerzos cortantes no deben superar el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras. La resistencia al corte perpendicular al grano es mucho mayor y por lo tanto no requiere verificación alguna.

El esfuerzo de corte en una sección transversal de un elemento sometido a flexión y a una cierta distancia del eje neutro se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{3}{2} * \frac{V}{b * h} < f_v$$

Donde:

- V: Fuerza cortante de la sección
- b: Ancho de la sección a la altura de estas fibras
- I: Momento de inercia de la sección

Si b es constante el máximo esfuerzo de corte ocurre en el plano neutro. Para una viga de sección rectangular el máximo esfuerzo de corte resulta:

Columnas

Longitud efectiva

El diseño de elementos sometidos a compresión o flexo – compresión deben hacerse tomando en cuenta la longitud efectiva L_{ef} . La cual es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. Esta longitud de la columna doblemente articulada es la que interviene en la determinación de la carga máxima de pandeo que puede soportar una columna. La longitud efectiva se obtiene multiplicando la longitud no arriostrada, L, por un factor de longitud efectiva, K, que considera las restricciones o el grado de empotramiento que sus apoyos extremos le proporcionan.

$$L_{ef} = K * L$$

Como medida de esbeltez se adopta la siguiente relación:

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

Donde:

- d: es la dimensión de la sección transversal en la dirección considerada.

Clasificación de columnas

Las columnas se clasifican en función de su esbeltez:

- Columnas cortas $\lambda < 10$
- Columnas intermedias $10 < \lambda < Ck$ $Ck = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}}$
- Columnas largas $Ck < \lambda < 50$

Cimentación

La cimentación para la estructura del convento, será diseñado de acuerdo a las características del suelo, y las esfuerzos transferidas desde la estructura a la cimentación

- Tipo de suelo: Limo-arcilloso
- Capacidad portante (q_a): 8.00 T/m²
- Nivel de cimentación: -1.10 m

Conexiones

Las estructuras de madera se realizan uniendo dos o más elementos independientes, que concurren en un mismo punto. Estas intersecciones de elementos estructurales dan origen a nudos, los cuales son los sectores más vulnerables estructuralmente.

En general, todos los elementos estructurales, deben ser capaces de soportar, la totalidad de las cargas y otras sollicitaciones, que se esperan pueda tener la estructura.

Conexiones metálicas

Son elementos metálicos, generalmente cilíndricos y de acero que se hincan, insertan o atornillan en las piezas de madera que constituyen la unión. El mecanismo de traspaso de fuerzas se materializa por medio de un trabajo en flexión, aplastamiento o cizalle del medio de unión y del aplastamiento, cizalle y hendimiento de la madera.

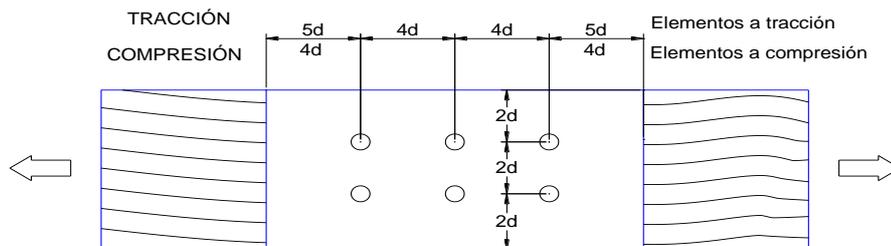
Las fijaciones deben ser sencillas, obtenerse con la mínima pérdida de material, dar una seguridad suficiente para su uso y ser de rápida ejecución.

Las fijaciones más utilizadas que cumplen con los requisitos antes mencionados y que permitirán obtener una estructura segura son: clavos, tornillos, tirafondos, pasadores, pernos, placas dentadas y conectores.

Espaciamientos mínimos

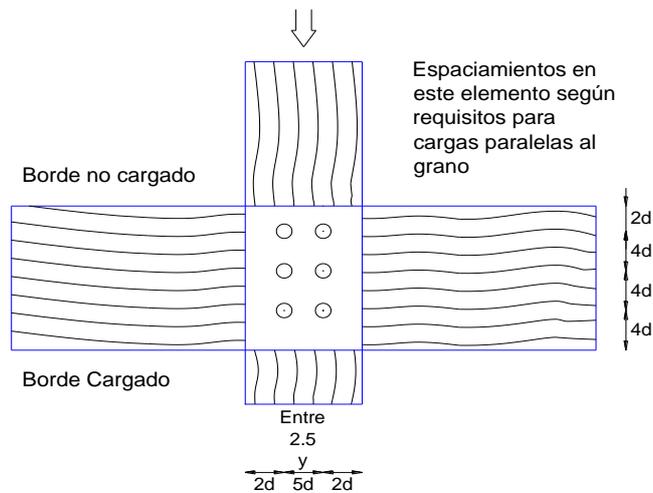
Cargas paralelas a la dirección del grano

En los elementos en los que las fuerzas aplicadas siguen la dirección del grano, la distancia entre pernos, separación entre filas y las distancias a los bordes y extremos deben ser mayores o iguales que las indicadas en la siguiente figura. Todas estas distancias deben ser medidas a partir del eje del perno.



Cargas perpendiculares a la dirección del grano

Para los elementos cargados perpendicularmente a la dirección del grano, los espaciamientos mínimos y distancias entre filas y a los extremos se presentan también en la siguiente figura.



PRESUPUESTO

Análisis de precios unitarios

Costos indirectos

El costo indirecto, relacionado específicamente en las empresas constructoras, es el costo adicional al costo directo, esto es, es la suma total de los gastos y beneficios que se agregan al costo directo, no contenido en éste, hasta integrar el precio total.

Costos directos

El costo directo se define como: "la suma de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo". El Costo Directo puede representarse por medio de una fórmula general como sigue:

$$(ax + by + cz + \dots + \lambda d) = C.D.$$

Donde se consideran variables: x, y, z, ...

Siendo variables condicionadas: a, b, c, ...

Como variables se considera el valor de los materiales, el valor de la mano de obra y el valor de los equipos; como variables condicionadas se considera las cantidades que se consumen de cada uno de estos integrantes, esto es, la parte que representan dentro de un Costo Directo.

Cronograma de avance de obra

Para la realización del cronograma del avance de obra nos ayudaremos de una herramienta indispensable como lo es el diagramas de Gantt. En gestión de proyectos, muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo.

Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método más eficiente.

Básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.