

MANUAL DE LABORATORIO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL Y DASOMETRÍA



Sexto Semestre 2,026

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	Práctica 1: Introducción a fundamentos del aprovechamiento forestal
Martes	08:00-12:00	Práctica 2: Utilización de aparatos de medición forestal y medición de árboles individuales.
Miércoles	08:00-12:00	Práctica 3: Cubicación de árboles y trozas
Jueves	08:00-12:00	Práctica 4: Cubicación de otros productos maderables.

La evaluación virtual estará habilitada del 26 de octubre de 2026 a las 8:00 al 30 de octubre de 2026 a las 18:00.

Para tener derecho al examen final y aprobar el curso, es obligatorio asistir a las prácticas presenciales, realizar las tareas, hojas de trabajo y completar la evaluación en línea dentro del período establecido

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiantes de máximo 5 personas debe de traer el material que se le indica en la siguiente tabla, según el día junto con los materiales de limpieza (un rollo de papel mayordomo y una bolsa para basura).

No.	Materiales
1	Libreta de campo 10 estacas o varas para señalar 1 rollo de rafia o pita 2 varas de madera de 1.5 m de alto. 1 teléfono inteligente con aplicación de GPS 1 nivel de burbuja 1 metro o cinta métrica
2	1 pliego de nylon Calculadora Libreta de campo 1 transportador 1 tornillo pequeño (se utilizará para plomo) Hilo Pajilla o popote 1 alfiler 1 cinta métrica de costurero o metro de costurero
3	Calculadora Cuaderno Lápiz
4	Calculadora Cuaderno Lápiz

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas **del 26 de octubre de 2026 a las 8:00 al 30 de octubre de 2026 a las 18:00.**

Para tener derecho al examen final y aprobar el curso, es obligatorio asistir a las prácticas presenciales, realizar las tareas, hojas de trabajo y completar la evaluación en línea dentro del período establecido

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a) Resultados
- b) Resumen de la práctica
- c) Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- b. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano CON LETRA CLARA Y LEGIBLE, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio SIN EXCEPCIONES. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA No. 1

INTRODUCCIÓN A FUNDAMENTOS DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Comprender los términos relacionado a un aprovechamiento forestal
- 1.2. Diseñar y realizar un sistema de aprovechamiento forestal conforme las etapas para plantaciones forestales.

2. Marco Teórico:

2.1. Bosque

Ecosistema caracterizado por una cubierta arbórea más o menos densa y extensa, consistente de rodales que varían en composición de especies, estructura, clase de edad, y procesos asociados.

2.1.1. Tipos de bosque en Guatemala

a. Bosque latifoliado de baja elevación.

En la región norte del país, en los departamentos de Petén, Izabal, Alta Verapaz y parte del Quiché se encuentra el bosque latifoliado de baja elevación (hasta 600 msnm), algunas especies que acá se hallan son: *Swietenia macrophylla* (caoba del norte), *Cedrela odorata* (cedro), *Calophyllum brasiliense* (santa maría), *Vochysia guatemalensis* (san juan), *Pithecolobium arboreum* (cola de coche), *Brosimum alicastrum* (ramón blanco), *Terminalia amazonia* (canxán, naranjo de montaña), *Lonchocarpus castilloi* (manchiche), *Aspidosperma Platymiscium dimorphandrum* (hormigo, palo de marimba) *Manilkara zapota* (chicozapote, chicle), *Pouteria amygdaliana* (selillón), *Vitex gaumeri* (yaxnic), *Sebastiania longicuspis* (chechén blanco), *Dialium guianense* (tamarindo de montaña) y *Myroxylon balsamum* (bálsamo), entre otras. Las especies como *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro). (Melgar, 2003)

b. Bosque de coníferas

La región central del país es la región montañosa. Se extiende desde los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, colindantes con la República de México, hasta los departamentos de Chiquimula y Zacapa, los cuales colindan con las Repúblicas de Honduras y El Salvador. La cadena montañosa de la Sierra Madre, que se extiende desde la frontera con México y luego se extiende a oriente a través de la Sierra de Chuacús y Chamá, y desciende hasta las montañas de Santa Cruz y Sierra de Las Minas en el nor-oriental del país. La cadena está compuesta de conos volcánicos y mesetas que se conoce como el altiplano de Guatemala. Es en esta región en donde se concentran el mayor número de coníferas. Se reportan siete géneros, siendo ellos: *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Taxodium* y *Taxus* (Veblen, 1985, Citado por Melgar, 2003).

c. Bosque mixto

Es el bosque compuesto por especies de hoja ancha y coníferas en una distribución espacial, cuya proporción puede variar desde: 31% de coníferas y 69% de latifoliadas hasta 31% de latifoliadas y 69% de. Las latifoliadas que comúnmente se encuentran creciendo en asociación con las coníferas son: *Quercus spp* (roble, encino), *Alnus spp* (aliso, ilamo), *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar), *Arbutus xalapensis* (madroño), *Fraxinus uhdei* (fresno), *Curatella americana* (lengua de vaca) y *Byrsonima crassifolia* (nance).

d. Bosque latifoliado de altura

En elevaciones arriba de los 2 000 msnm se encuentra el bosque latifoliado de altura, cuyas principales especies son: *Quercus spp.* (roble, encino), *Persea donnell-smithii* (aguacatillo), *Persea schiedeana* (chupte), *Magnolia guatemalensis* (yoroconte), *Alfaroa costaricensis* (almendrillo), *Brunellia mexicana* y *Cedrela pacayana*, entre otras.

e. Bosque fragmentado y árboles dispersos de la costa sur

Éstos son remanentes de la vegetación arbórea que, en su mayor parte, fue transformada para desarrollar actividades agrícolas y de ganadería de forma intensiva, debido a sus magníficos suelos. Muchas de las especies existentes en esta región son bien cotizadas por la calidad de su madera. Las especies más importantes son: *Cybistax donnell-smithii* (palo blanco), *Swietenia humilis* (caoba del sur), *Terminalia oblonga* (volador), *Sickingia salvadorensis* (puntero), *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste), *Sterculia apetala* (castaño), *Zanthoxylum preserum* (chonte) y *Maclura tinctoria* (palo de mora).

f. Bosque manglar

El área manglar se encuentra ubicada en el litoral del Pacífico del país y forma una franja discontinua que es interrumpida por la actividad humana. Las principales especies que se encuentran en este tipo de bosque son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erecta* (botoncillo).

g. Monte espinoso

Este tipo de vegetación se encuentra al oriente del país en los departamentos de Chiquimula, Zacapa y El Progreso. Es un valle cuya precipitación varía entre 400 a 600 mm anuales. La mayor parte de vegetación son arbustos y plantas espinosas como: *Acacia farnesiana* (subín), *cactus spp* (cactus), *Jaquinia aurantiacea* (luruche), pero también se encuentran especies arbóreas como: *Caesalpinia velutina* (aripín), *Leucaena spp.* (yaje), *Bucida macrostachya* (roble de montaña), *Thouinidium decandrum* (zorriño), *Bursera graveolens* (palo jiote), *Simarouba glauca* (aceituno), *Cordia dentata* (upay), *Ceiba aesculifolia* (ceibillo), *Pithecolobium dulce* (guachimol) y *Guaicum sanctum* (guayacán), entre otros.

2.1.2. Clasificación de las especies forestales por tipo de uso

Especies maderables	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus caribaea</i> , <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus tecunumanii</i> , <i>Cupressus lusitanica</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Cybistax donnell smithii</i> , <i>Calophyllum brasiliense</i> , <i>Virola sp.</i> , <i>Pseudobombax ellipticum</i> , <i>Terminalia amazonia</i> , <i>Vatairea lundellii</i> , <i>Lonchocarpus castilloi</i> , <i>Bucida buceras</i> , <i>Aspidosperma megalocarpum</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Symphonia globulifera</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> .
Especies para leña	<i>Quercus spp.</i> , <i>Alnus spp.</i> , varias especies del género <i>Pinus</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Leucaena spp.</i> , <i>Caesalpinia velutina</i> , <i>Acacia spp.</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Inga spp.</i> , <i>Acacia riparioides</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Diphysa robinoides</i> , <i>Grevillea robusta</i> , <i>Eucalyptus spp.</i>

Especies de consumo humano	<i>Brosimum allicastrum, Gliricidia sepium, Erythrina berteroana, Chrysophyllum cainito, Pouteria mammosa, Persea spp., Mangifera indica, Spondias spp., Simarouba glauca, Lycania platypus. Pimienta dioica.</i>
Especies forrajeras	<i>Gliricidia sepium, Leucaena leucocephala, Acacia farnesiana, Crescentia alata, Brosimum allicastrum, Enterolobium cyclocarpum, Guazuma ulmifolia.</i>
Especies medicinales	<i>Simarouba glauca, Cedrela odorata, Salix humboldtiana, Psidium guajaba, Jacaranda mimosifolia, Liquidámbar styraciflua, Eucalyptus spp.</i>
Especies ornamentales	<i>Tabebuia rosea, Cybistax donnell smithii, Tabebuia chrysantha, Tecoma stans, Taxodium mucronatum, Cassia grandis, Jacaranda mimosifolia, Delonix regia, Spathodea campanulata, Eucalyptus torrelana</i>
Especies producen látex	<i>Manilkara zapota, Hevea brasiliensis, varias de las especies del género Pinus, Liquidambar styraciflua.</i>

Melgar, 2003

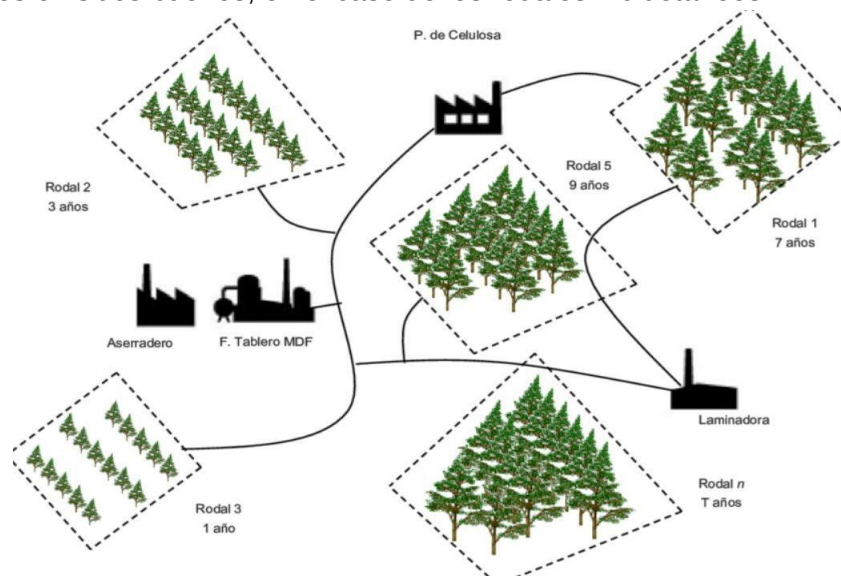
2.2. Rodal

En silvicultura, se define como un grupo continuo de árboles, suficientemente uniforme en edad, composición, y estructura. Estos árboles crecen en sitio calidad uniforme para constituirse en una unidad distinguible.

El rodal es la unidad mínima de evaluación y gestión del bosque (Inventarios y Planes Manejo Forestal se dirigen a los rodales), cada rodal es un polígono de superficie conocida y código único. De acuerdo a las especies que lo componen se distinguen rodales puros y mixtos, siendo habituales las plantaciones y las especies colonizadoras en el primer caso y los bosques naturales en sitios de buena calidad, en los segundos.

De acuerdo a la edad, los rodales se pueden agrupar en rodales coetáneos y multietáneos; los **rodales coetáneos** son aquellos que se han establecido en un período de tiempo relativamente breve, lo que permite que durante la rotación -o período en que el rodal alcanza la madurez- los árboles alcancen tamaños relativamente uniformes. Por su parte los **rodales multietáneos** son aquellos en que los individuos se originan en distintos períodos de tiempo, razón por la cual presentan distintos tamaños.

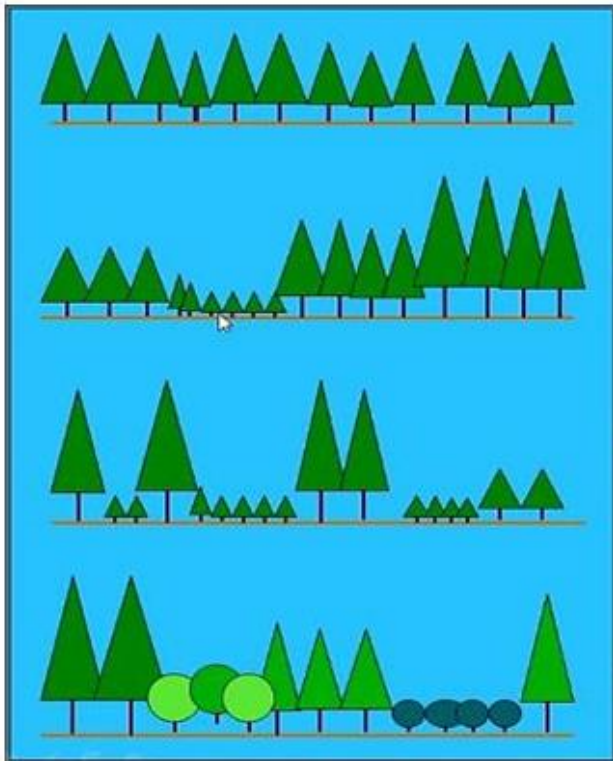
Los casos extremos se presentan en las plantaciones uniformes o rodales originados por la corta a tala rasa en el caso de los rodales coetáneos y, en los bosques mixtos y de especies tolerantes en rodales ubicados en sitios buenos, en el caso de los rodales multietáneos.



Distribución de rodales para una planta de celulosa.

2.2.1 Tipos de Rodal

a. Tipos de Rodal de Acuerdo a su estructura vertical y composición de especies



← Rodal coetáneo, puro - Árboles de edad uniforme. Un solo piso. Una sola especie.

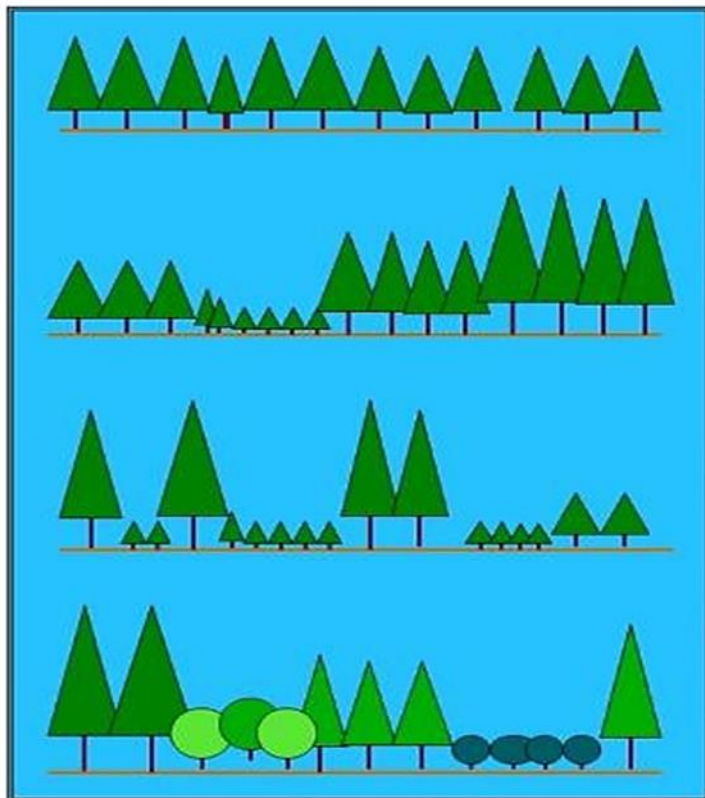
← Rodal incoetáneo balanceado, puro - Árboles con diferentes clases de edad, cada clase ocupando áreas de tamaño similar. Una sola especie. Varios pisos.

← Rodal incoetáneo irregular - Árboles con diferentes clases de edad. Las clases de edad no están balanceadas.

← Rodal coetáneo, estratificado, mixto - misma edad. Varias especies.

(Sanches, 2017)

b. Tipos de Rodal de acuerdo a la composición de especies



← Rodales Puros - Una sola especie

← Rodales Mixtos - Varias sp.

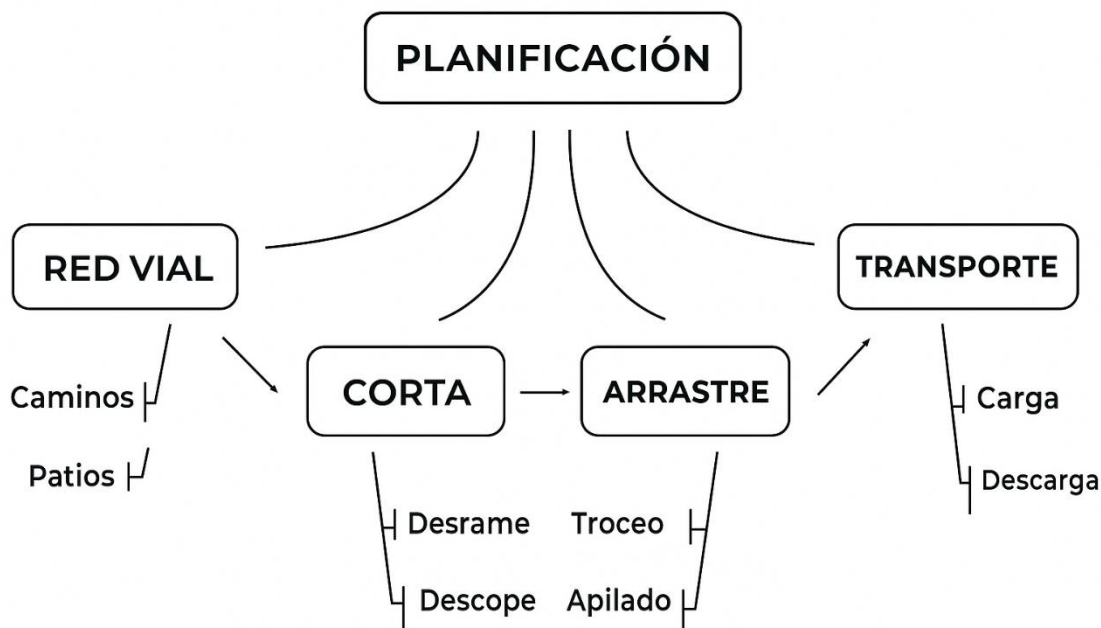
(Sanches, 2017)

2.3. Sistema de aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal es una operación silvicultural que inicia con la planificación de las diferentes etapas del mismo en; corta de los árboles, extracción o arrastre de los fustes comerciales a un lugar de carga (patios y/o orillas de caminos), troceo y apilado de las trozas, carga de trozas (preferiblemente de igual longitud), y transporte de las trozas en camiones, para su posterior industrialización y comercialización.

El objetivo de un sistema de aprovechamiento forestal es obtener materia prima para un proceso de transformación de la madera, se puede definir un sistema de aprovechamiento forestal como un conjunto de tareas o actividades ordenadas que se realizan en el bosque para convertir los árboles en pie en materia prima utilizable por la industria. El objetivo es, entonces, abastecer de madera a la industria forestal.

Es importante conceptualizar el aprovechamiento forestal como un sistema de producción, compuesto de varias etapas, cada una de las cuáles cumple una función indispensable para el éxito técnico y financiero del proyecto. (RGISA, 2017)

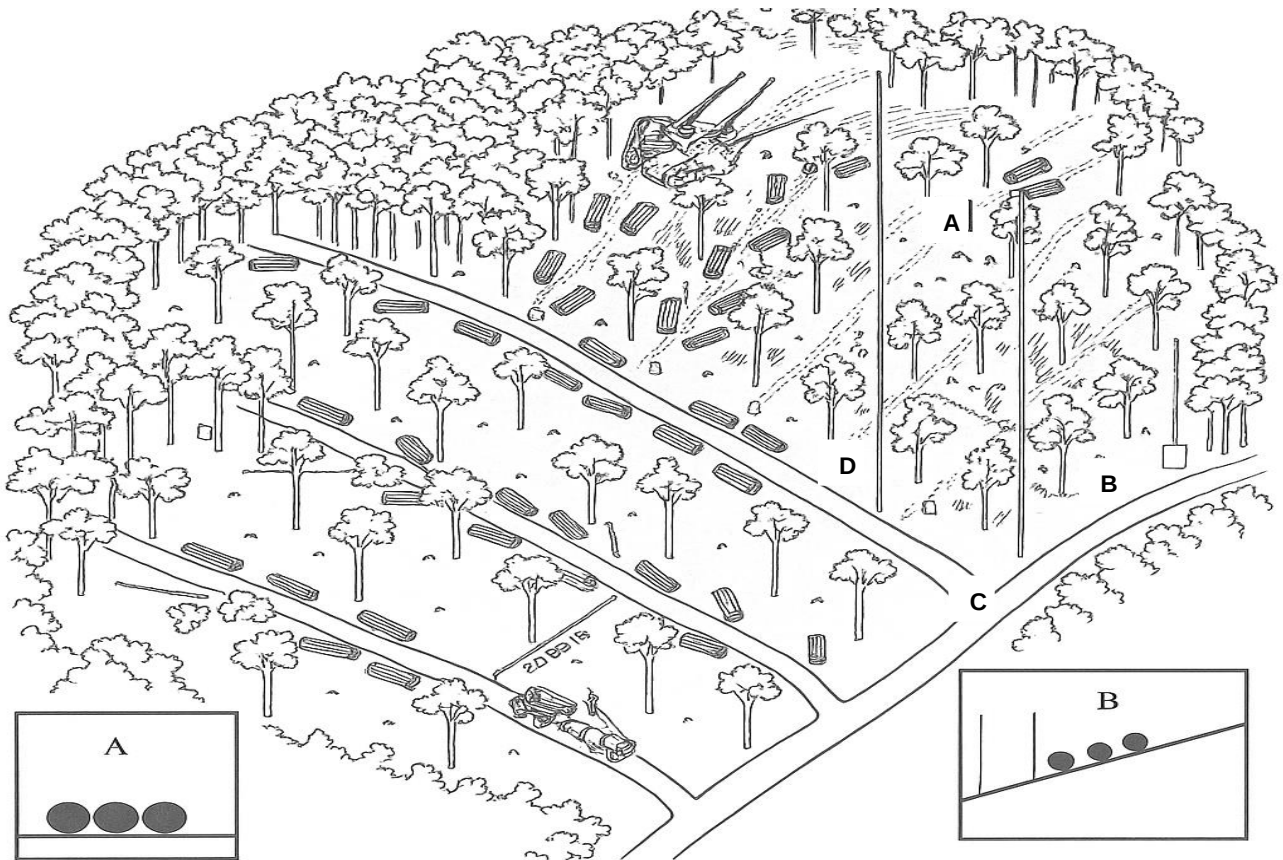


2.3.1. Planificación

La planificación es el proceso de determinar objetivos y definir la mejor manera de alcanzarlos. La misma tiene como fin dar dirección, reducir el impacto del cambio, minimizar el desperdicio y la redundancia y fijar los estándares para facilitar el control. Los principales aspectos a considerar en la etapa de planificación son los siguientes:

- a) **Mapa base del aprovechamiento forestal:** el poder contar con un mapa base para el aprovechamiento (curvas de nivel, red vial, patios de acopio, uso del suelo, etc.) facilita mucho la programación de las actividades.

- b) **Red vial:** es la primera etapa operativa del sistema de aprovechamiento y está compuesta por todos aquellos caminos y pistas de extracción que están entre los árboles y la industria. Su objetivo es hacer el transporte de los productos de la plantación a la industria.
- c) **Las pistas de arrastre:** son trochas temporales que se establecen con fin que no tengan distancias de arrastre superiores a 100-150 metros. Deben establecerse antes de iniciar la corta ya que la corta debe dirigirse con base en estas pistas y la red vial de caminos existente. Las pistas de arrastre deben de marcarse en función de una serie de elementos como: Tipo de raleo; sistemático (en hileras) o selectivo, concentración de la madera, forma del terreno, dirección del arrastre, método de arrastre a utilizar (manual, animal, mecanizado). deben ser del ancho del método de extracción (bueyes, tractor agrícola) y deben estar libres de obstáculos como; troncos, ramas grandes, piedras.
- d) **Pistas de saca:** (sólo la carga viaja por la pista-como en los métodos de arrastre que usan el cable del winch) pueden ser más delgadas que las pistas de arrastre ya que éstas pueden ser del ancho de la carga.
- e) **Las pistas de extracción** se deben establecer en dirección a la pendiente quedando lo más planas posibles (A), para evitar que las trozas o fustes se recuesten a árboles (B) causando daños y atrasos innecesarios. Esquema de pistas de arrastre (C) y pistas de saca (D).
- f) **Patios de acopio:** dado que la red de caminos internos, generalmente, es de tipo "parte alta de la loma o cima", es decir, sobre las partes altas y más planas del terreno, los patios en su mayoría se deberían establecer en las orillas de los caminos y tomando en cuenta los siguientes aspectos:
- Sistema de carga
 - **Tractor agrícola con pinzas:** necesita más espacio para poder maniobrar (juntar las trozas y moverse), pero es el que tenemos propio de la empresa y el más utilizado en la zona.
 - **Draga con grapa:** dado el alcance y la facilidad de movimiento puede cargar en lugares con cierto grado de pendiente y en espacios reducidos.
 - **Manual:** no necesita de un apilado eficiente, pero se ve fuertemente afectado por el tamaño de las trozas, o sea, funciona para trozas cortas (no más de 2,6m) y no muy gruesas (diámetros < a 20 cm). Además, se requiere de personal bien entrenado y el riesgo de accidentes laborales se incrementa. (RGISA, 2017)



• 2.3.2. Corta

La operación inicia con la corta (raleo), la cual consiste en derribar o tumbar el árbol, y se realiza con motosierra y en función de los árboles en pie, pistas de arrastre y posibles obstáculos, es decir se corta el árbol en forma dirigida (dirección de caída), con el objeto de facilitar la labor de arrastre, y de no dañar los árboles que se mantienen en pie. En este trabajo se deben cortar únicamente los árboles marcados previamente por personal de la empresa.

El corte del árbol debe realizarse lo más bajo posible, de manera que la altura del tocón o tronco sea mínima (5 cm.), o preferiblemente a ras de suelo.

Todos los árboles se deben cortar efectuándoles la boca entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ del diámetro, y luego ejecutar el corte de caída, al lado contrario de la boca para provocar la caída del árbol. Cuando el tamaño de los árboles es superior a 20 cm., y el entrecruzamiento de copas es alto, se debe contar con equipo adicional (cuñas, etc). (RGISA, 2017)

a. Regulación de corta

El proceso de regulación de la corta se implementará con la aplicación secuencial de la selección del criterio de regulación, la determinación de la corta anual permisible o la posibilidad silvícola de corta y la planificación del aprovechamiento. Se reconocen los criterios de regulación de la corta por área, volumen, área/volumen y turno, recomendando su aplicación de la siguiente manera:

1. Los criterios de área, volumen y área/volumen, se aplicarán en bosques con extensiones grandes y las condiciones del bosque lo permitan.
2. El criterio de turno es recomendable su aplicación en bosques pequeños, en donde la actividad

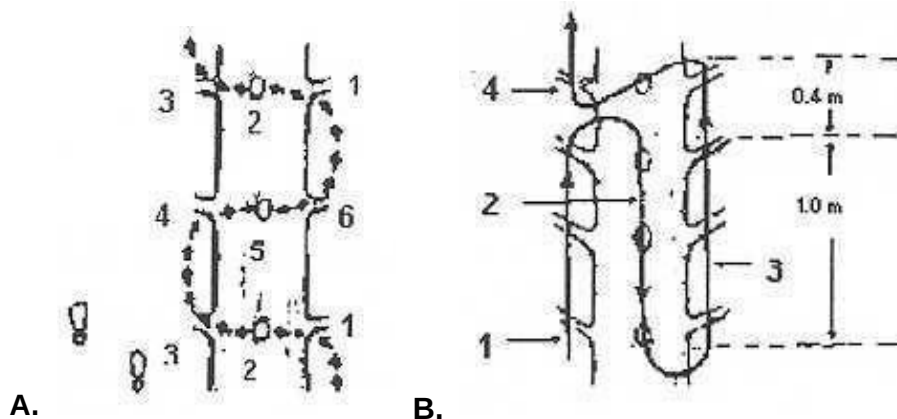
forestal es solamente una de las actividades productivas que puedan aplicarse, o en donde el total del área forestal es tan pequeña, que no tiene ningún sentido económico no social, la aplicación estricta de los principios del manejo forestal sostenible, pero si es importante intervenir los rodales, con base en la condición biológica y ecológica existente en el área a manejar. (1) (INAB,2014)



2.3.3. Desrame y Descope

Posterior a la corta se realiza el desrame, que consiste en eliminar todas las ramas, con motosierra, que se encuentran en el fuste o tronco a extraer. Los cortes deben realizarse al ras de fuste para una mejor manipulación en las labores de arrastre, transporte e industrialización.

Principios básicos de las técnicas; (A) palanca y (B) péndulo.



Como labor complementaria al desrame, se aplica el descope y pica de toda la copa, para que se integre como materia orgánica al suelo, y no sea material combustible en la época seca y pueda generar incendios forestales.

En esta actividad lo que se pretende es bajar las ramas, es decir que estén en contacto con el suelo; no es necesario picar toda la rama. El desrame y despunte debe hacerse en la misma operación y en el mismo sitio (lugar de corta). (RGISA, 2017)

2.3.4. Arrastre

El arrastre o extracción de la madera de la plantación consiste en movilizar las trozas desde el sitio de corta; junto al tocón, hasta orilla de camino o patio de acopio para su posterior transporte o industrialización dentro de la finca. Esto porque en algunas fincas se puede realizar el corte en cuatro caras a las trozas, con equipo que se traslada hasta la plantación, para su posterior carga dentro de la misma finca.

El arrastre se realizará preferiblemente con la utilización de yuntas de bueyes, en combinación con el tractor agrícola (con wincher y algunas veces en forma manual, cargando al hombro. (RGISA, 2017)

Según INAB en el año 2014 en los lineamientos menciona las siguientes recomendaciones para el proceso de arrastre:

- Utilizar las vías de arrastre planificadas.
- Evitar el arrastre en sentido a la pendiente, suavizando el angulo de pendiente.
- Evitar el arrastre cerca de cuerpos de agua, para que no impida su libre circulación.
- Evitar el menor impacto al sotobosque y árboles remanentes o jóvenes.
- Realizar la extracción de las trozas con uno de los extremos levantados.
- En caso de utilizar tracción mecánica, se debe circular con la pala levantada.
- Si dispone de tecnología apropiada podrá operar en época lluviosa, siempre y cuando se establezca en el plan de manejo.

2.3.5. Troceo

El troceo se hará posterior al arrastre, en la orilla de camino o patio de acopio, y consiste en dividir el fuste en trozas de largo variable de acuerdo al producto final a obtener, método de transporte o las necesidades de la industria, y que será determinado por la Gerencia Forestal y personal a cargo de la industria (aserradero).

En la labor de troceo también se realiza un saneo a la troza, cuando lo requiera, y que consiste en eliminar picos o abultamientos, que no se realizan en el desrame. (RGISA, 2017)

El diámetro mínimo de corta y las dimensiones de las trozas se determinan con anterioridad en función del producto a elaborar. Por el momento el diámetro mínimo de corta es de 11 cm con corteza en la cara menor, para cualquiera de las especies que se esté aprovechando

2.3.6. Apilado

El apilado se realiza posterior al troceo y consiste en agrupar las trozas que posean los mismos largos, para facilitar las labores de carga y transporte.

El apilado o acomodo de trozas se hace en función del espacio y ubicación de los patios de acopio, y sobre todo en función del sistema de carga a utilizar. (RGISA, 2017)



2.3.7. Carga

El sistema de carga se realiza en función del espacio y ubicación de los patios de acopio y el largo de las trozas. Los métodos de carga más utilizados en esta Región son los siguientes;

Tractor agrícola con pinzas; necesita más espacio para poder maniobrar (juntar las trozas y moverse), pero es el que tenemos propio de la empresa y el más utilizado en la zona. Este método requiere al menos de 2 personas en la plataforma del camión

Draga con grapa: dado el alcance y la facilidad de movimiento puede cargar en lugares con cierto grado de pendiente y en espacios reducidos.

Manual: no necesita de un apilado eficiente, pero se ve fuertemente afectado por el tamaño de las trozas, o sea, funciona para trozas cortas (no más de 2,6m) y no muy gruesas (diámetros < 20 cm). Además, se requiere de personal bien entrenado y el riesgo de accidentes laborales se incrementa. (RGISA, 2017)



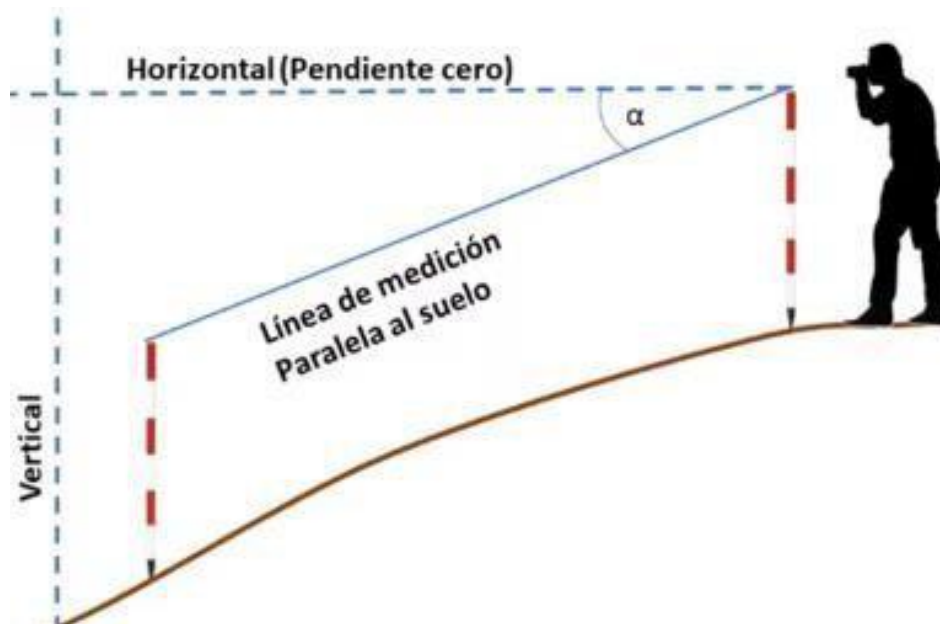
3. Procedimiento

3.1. Delimitación y descripción de un rodal

- Los estudiantes deben ir a un área donde se encuentre variedad de especies forestales.
- Delimitar el área de estudio utilizando estacas, tomando en cuenta el concepto de rodal, con una cinta métrica medir el área total del rodal. Se pueden apoyar de un GPS o una aplicación.
- Realizar un reconocimiento del área de estudio y caracterización de los componentes biofísicos (Fisiografía, suelo, zona de vida, hidrografía, clima, etc.)
- Delimitar con estacas y medir las pistas de arrastre, pistas de extracción y patios de acopio propuestas por los estudiantes,
- Realizar un croquis a escala del rodal.

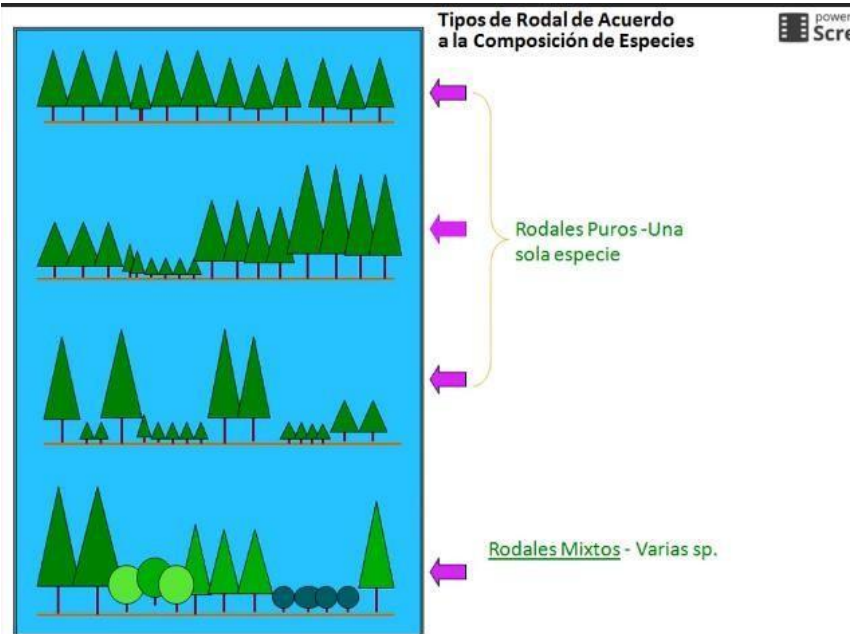
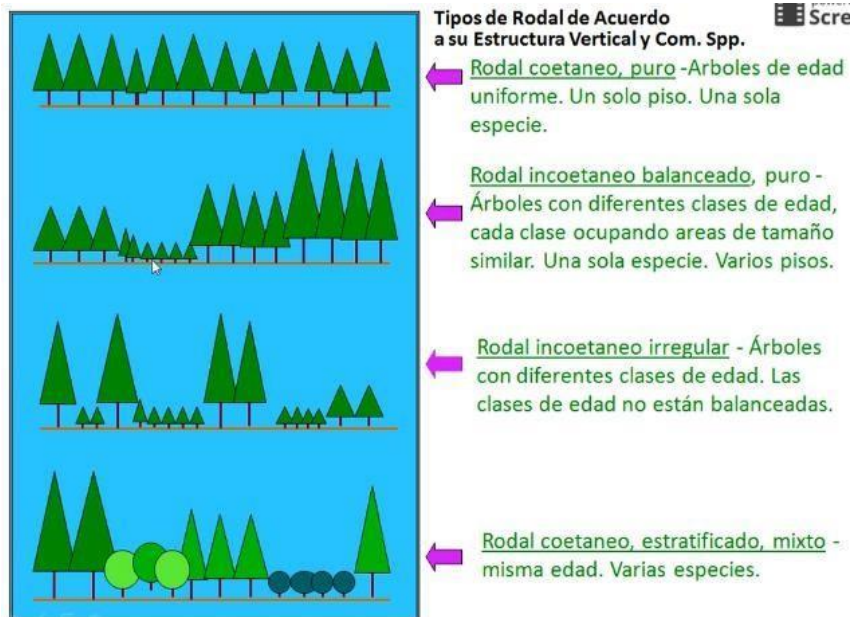
3.2. Determinación de la pendiente del rodal

- Seleccionar 3 transectos a lo largo del rodal.
- Sembrar dos varas de un alto de 1.50 cm a 10 cm de profundidad, una al inicio del rodal (a) y una al final del rodal (b), debe quedar alineada.
- Ubicarse a 30 cm de la primera vara para tener una visual de las 2 varas.
- Con el clinómetro alinear la punta de la primera vara con la de la segunda vara y tomar lectura de la pendiente en los 3 transectos y promediar.



3.3. Determinación del tipo de rodal

- Realizar un conteo del número de árboles en el área.
- Determinar las especies que se encuentran en el área y el número de árboles por especie.
- Estimar la edad de cada árbol (árbol joven, árbol viejo)
- Concluir que tipo de rodal se tiene según su estructura vertical y su composición de especies.



3.4. Cálculo de la densidad del rodal

- Realizar el conteo del número total de árboles.
- Medir el área del rodal.
- Dividir el número de árboles dentro del área total del rodal.

Determinación de la pendiente

Transecto	Pendiente
1	
2	
3	
Promedio	

Determinación del tipo de rodal

Tipo de rodal de acuerdo a su estructura vertical y composición de especie	
Estructura vertical	
Composición especies	
Descripción	
Conclusión	
Tipo de rodal de acuerdo a su composición de especies	
Composición de especies	
Descripción	
Conclusión	

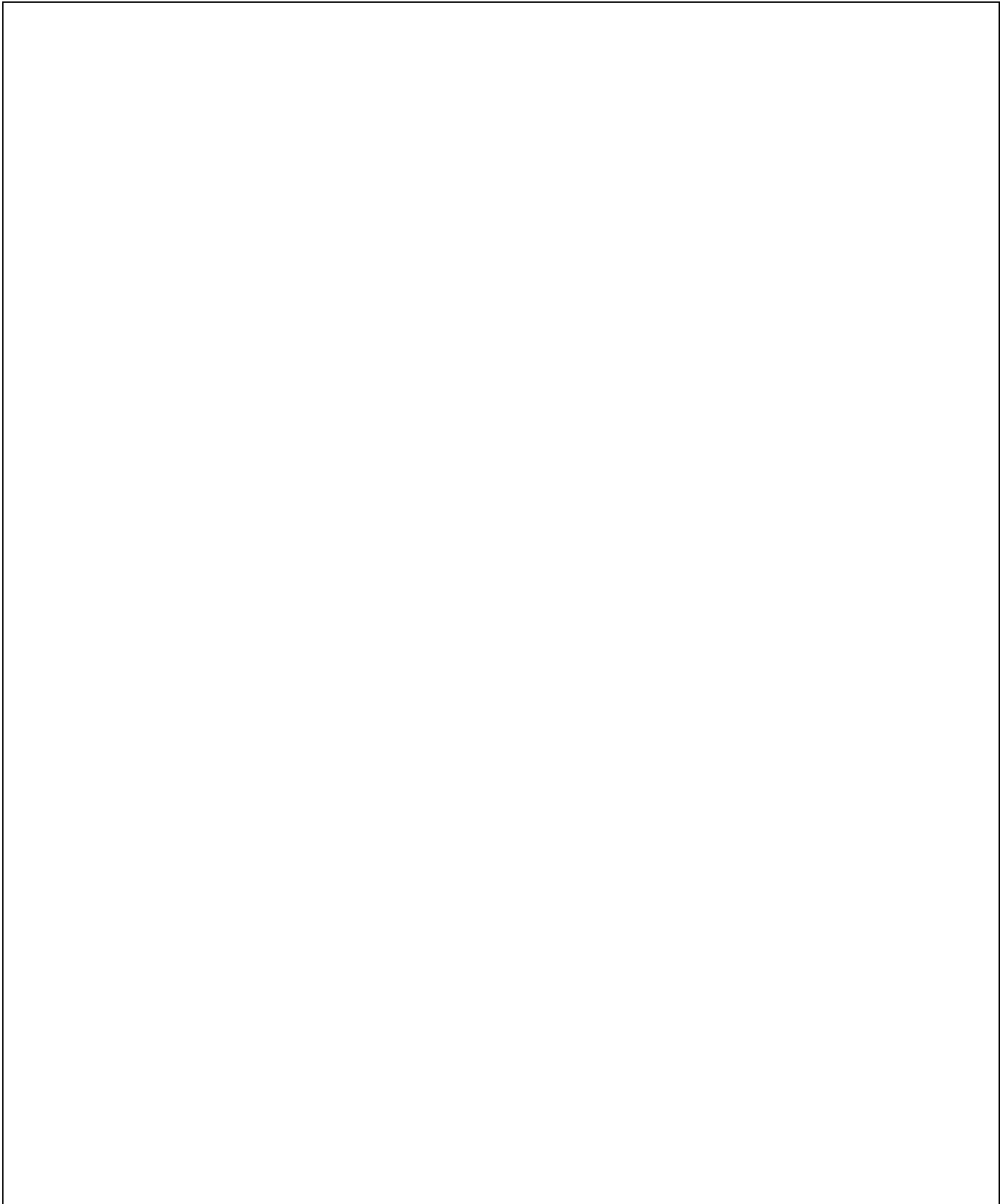
HOJA DE TRABAJO No. 1

Complete los siguientes cuadros

Nombre Científico	Nombre Común	Tipos de usos	Descripción
<i>Sterculia apetala</i>			
<i>Cupressus lusitanica,</i>			
<i>Cedrela odorata</i>			
<i>Quercus spp</i>			
<i>Alnus spp</i>			

Nombre Científico	Nombre Común	Tipos de usos	Descripción
<i>Brosimum allicastrum</i>			
<i>Gliricidia sepium</i>			
<i>Hevea brasiliensis</i>			
<i>Simarouba glauca</i>			
<i>Cedrela odorata</i>			

Realice un esquema indicando los pasos y la descripción para elaborar un sistema de aprovechamiento forestal.

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to draw a flowchart or diagram illustrating the steps and descriptions for developing a forest management system.

PRACTICA No. 2

UTILIZACIÓN DE APARATOS DE MEDICIÓN FORESTAL Y MEDICIÓN DE ARBOLES INDIVIDUALES

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Comprender los principios que fundamentan el diseño y uso de los instrumentos más empleados en medición forestal.
- 1.2. Aprender a realizar mediciones de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), altura de árbol y utilizando distintas metodologías.

2. Marco Teórico:

2.1. Dasometría

Parte de la Dasonomía, que se ocupa de las mediciones de árboles y masas forestales, así como del estudio de las leyes métricas que rigen su evolución (crecimiento).

La DASOMETRÍA se divide en tres partes:

2.1.1. La Dendrometría:

Trata de la medida de las dimensiones del árbol como “ente individual”, del estudio de su forma y de la determinación de su volumen.

2.1.2. La Estereometría:

Trata de las cuestiones relacionadas con las estimaciones métricas y el cálculo del volumen (cubicación) de la “masa forestal”, entendida esta como conjunto de árboles que conviven en un espacio común.

2.1.3. La Epidometría:

Trata las técnicas de medición y las leyes que regulan el crecimiento y producción de los árboles y masas forestales

2.2. Medidas utilizadas

En las tablas, a continuación, según Vaides en el año 2014 se presentan algunas conversiones básicas del sistema métrico decimal con otros sistemas como el inglés, con el fin de poder convertir cualquiera de estas.

2.2.1. Medidas de longitud

UNIDAD	EQUIVALENTE A	UNIDAD	EQUIVALENTE A
1 milla	1,609 metros	1 pie	12 pulgadas
1 kilómetro	1,000 metros	1 pulgada	2.54 centímetros
1 metro	100 centímetros	1 vara	0.835 metros
1 centímetro	10 milímetros	1 yarda	3 pies

2.2.2. Medidas de superficie

UNIDAD	EQUIVALENTE A	UNIDAD	EQUIVALENTE A
1 hectárea	10,000 m ²	1 manzana	10,000 varas ²
1 kilómetro ²	100 hectáreas	1 acre	4,047 m ²
1 caballería	64 manzanas	1 cuerda	*

* Las cuerdas son unidades de medición de superficie muy utilizadas en Guatemala, pero depende su tamaño del número de varas que tenga por lado; por lo que para estimar su equivalencia hay que calcular previamente cuantas varas cuadradas tiene.

2.2.3. Medidas de volumen

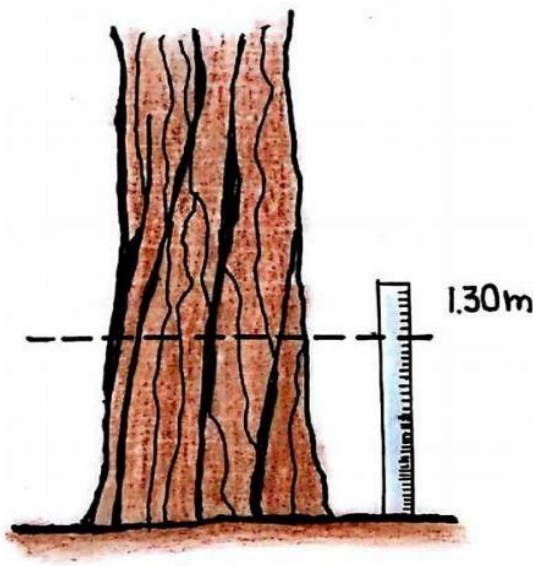
UNIDAD	EQUIVALENTE A	UNIDAD	EQUIVALENTE A
1 metro ³	1 m * 1 m * 1 m	1 pie tablar	1 pie * 1 pie * 1 pulgada
1 pie ³	1 pie * 1 pie * 1 pie		

2.3. Diámetro árboles en pie

Diámetro a la Altura del Pecho (DAP): tomada a 1.30 m. de altura sobre el suelo en la parte superior del terreno. Conocido como diámetro normal o estándar. Se conoce como diámetro altura pecho (DAP) a la altura en que se debe tomar la medida del diámetro del tronco. Dentro de la biometría forestal se ha convenido que sea a 1.30m del suelo, debido a que esta es la altura promedio en la que se encuentra el pecho de una persona.

Fuste: el eje o tallo central del árbol; donde se concentra mayor proporción de madera o biomasa arboles maduros. Se le dice fuste al tronco o tallo de los árboles desde la base hasta el ápice o punta, sin incluir las ramas.

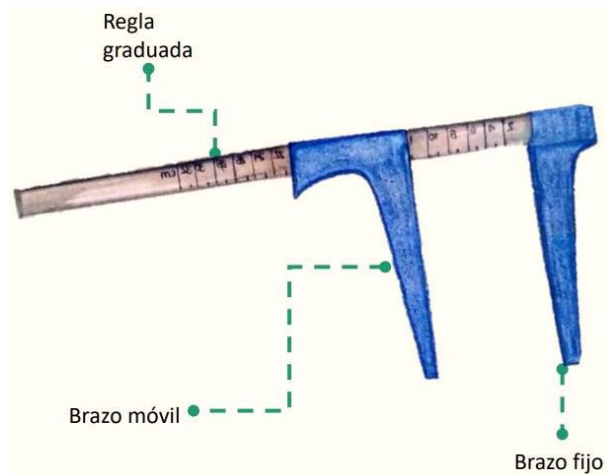
Ramas: Forman la copa, es la parte del árbol o arbusto en la que crecen las hojas. Se trata de una estructura de madera conectada al tronco central.



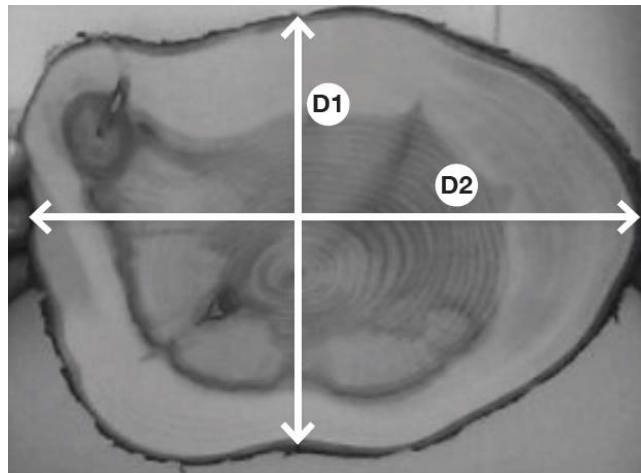
2.3.1. Instrumentos para medición de DAP

a. Forcípula:

El instrumento más adecuado para tomar medidas de diámetro en troncos de hasta 80cm de diámetro. La forcípula es una regleta graduada en milímetros, centímetros y metros, mide aproximadamente 1.20 m y tiene dos brazos, uno fijo y uno móvil.



Si se utiliza la forcípula, los árboles con perímetros diamétricos no circulares hay que medirlos en dos diámetros perpendiculares, situados lo más próximos posibles al menor y al mayor diámetro en dicho punto. Hay que calcular el promedio de los dos



b. Cinta diamétrica:

La cinta diamétrica es una herramienta que nos ayuda a estimar el diámetro de un árbol, usualmente, la cinta viene graduada por uno de sus lados en metros y centímetros, el mismo que nos va a permitir medir el largo de la línea que une un punto a otro, y por el otro lado una escala que nos va a indicar la medida del diámetro de un árbol, dicha escala está construida tomando en cuenta la relación geométrica entre perímetro y diámetro de un círculo



Si se utiliza una cinta diamétrica, asegurarse de que no esté torcida y que esté bien ajustada alrededor del árbol en una posición perpendicular al tronco. Nada debe evitar el contacto directo entre la cinta y la corteza del árbol a medir.

c. Cinta métrica

Es la herramienta más común. La cinta se envuelve alrededor del árbol, midiendo su circunferencia y utilizando fórmula de circunferencia de un círculo determinamos el diámetro.

Ejemplo de aplicación

Un árbol tiene una circunferencia de 65.5 cm, determinar el diámetro del árbol.

$$C = 2\pi r$$

C= circunferencia
 π = Pi
 r= Radio

$$D = 2 r$$

D = diámetro
 r=radio

Despeje:

$$C = D * \pi$$

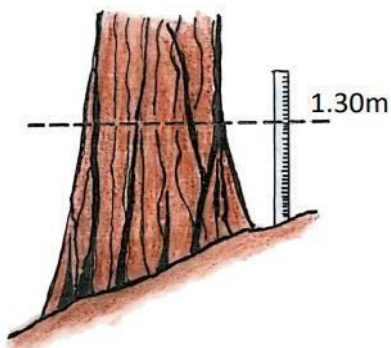
$$65.5 \text{ cm} = D * \pi$$

$$D = \frac{65.5 \text{ cm}}{\pi} = 20.84 \text{ cm}$$

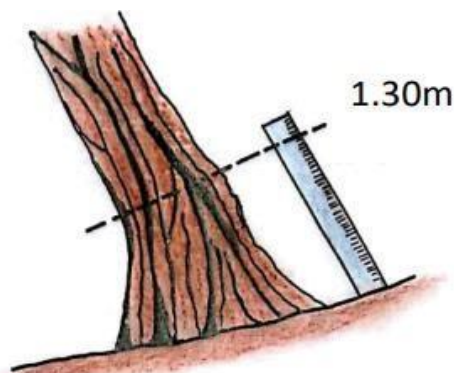
El árbol tiene un diámetro de 20.84 cm.

2.3.2. Casos particulares en la toma de diámetros al fuste del árbol.

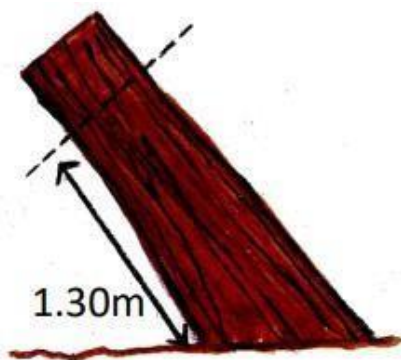
El árbol se localiza en un terreno inclinado. Se toma la medida en la parte superior de la ladera



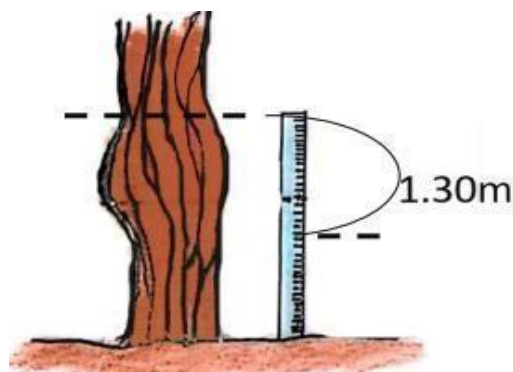
El árbol está inclinado y en pendiente. La medida se toma por el lado en que se inclina el árbol.



Árboles inclinados La medición del diámetro se realiza a 1,3 m. La altura del tronco se mide donde se encuentran la base del tronco y el terreno formando un ángulo



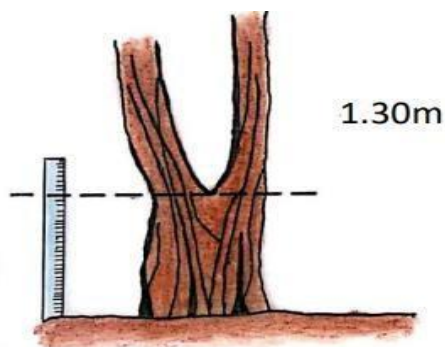
Árboles con troncos irregulares situados a 1,3 m. Los árboles con protuberancias heridas, huecos, ramas, etc. a la altura del pecho, deben medirse justo por encima del punto irregular, allí donde la forma irregular no afecte al tronco.



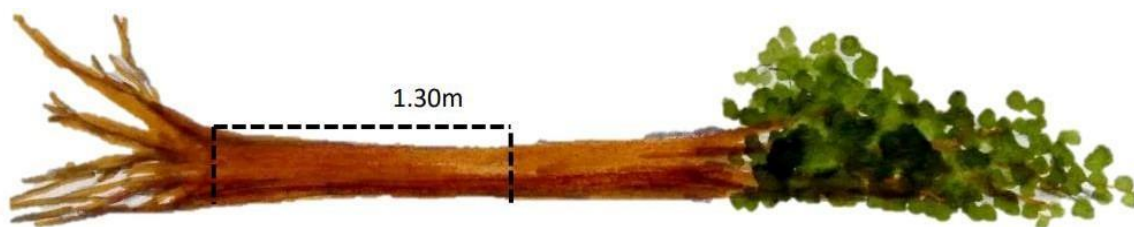
Árbol se encuentra bifurcado por debajo de 1.30m Se consideran como dos ejemplares diferentes y se mide el diámetro de los dos fustes (d).



Árbol se encuentra bifurcado por arriba de 1.30 m Se considera que existe un único árbol, haciendo la medición a la altura convenida



Árbol caído: La medición del diámetro se realiza a 1,3 m. desde el punto de transición entre el tronco y la raíz



2.4. Medición de alturas

La variable altura del árbol puede ser evaluada de varias formas, dependiendo del objetivo del evaluador. La variable más común evaluada en mensura forestal es la altura total, comprendida como la altura desde la base del fuste hasta el ápice del árbol. También, se puede dividir esta altura total en altura del fuste y altura de la copa; en algunos casos la altura del fuste se conoce como altura comercial, cuando el fuste principal pierde su eje único. (Vaides, 2014)

Para poder medir estas alturas, podemos basarnos en principios geométricos o relaciones de triángulos para estimar estas alturas. Las alturas de los árboles, se pueden medir de forma directa cuando tienen dimensiones pequeñas, donde pueden ser medidas con cintas métricas o varas telescópicas

2.4.1. Aparatos de medición de altura

a. Clinómetro

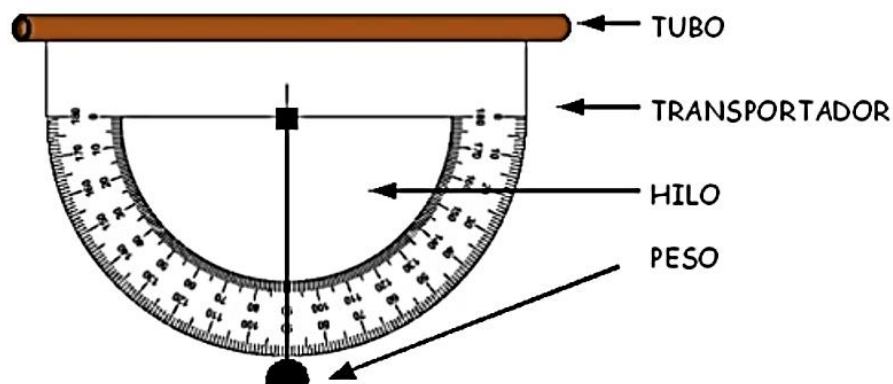
Es un instrumento utilizado para medir ángulos de inclinación o pendiente, especialmente en aplicaciones forestales. En la práctica, se usa para determinar la altura de árboles, la pendiente del terreno y otros elementos verticales, empleando principios de trigonometría.

El clinómetro ya establece la distancia que debe estar el operador del árbol para tomar una medida precisa.



b. Clinómetro hechizo

Mediante la trigonometría el clinómetro nos permite calcular la altura de cualquier objeto, usando un triángulo rectángulo, para ello necesitamos conocer el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal.



2.4.2. Medición de alturas basada en principios trigonométricos.

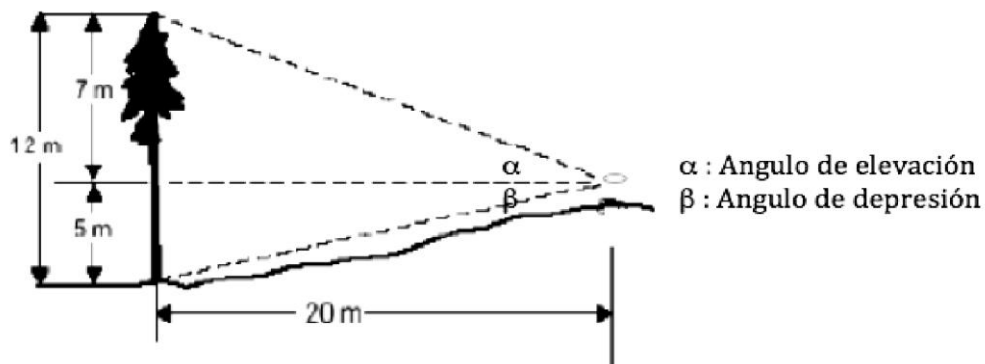
Existen algunos instrumentos que permiten medir la apertura de un ángulo positivo (ángulo de elevación) o negativo (ángulo de depresión). Estos aparatos se conocen como Clinómetros y dan la medición en grados de apertura o en porcentaje de pendiente del ángulo.

Para medir la altura de un árbol con estos aparatos basados en principios trigonométricos, podemos encontrar 3 escenarios específicos, siendo estos:

1. Cuando el observador se encuentra al mismo nivel del árbol
2. Cuando el observador se encuentra por debajo del árbol y
3. Cuando el observador se encuentra por arriba del árbol a medir.

a. Escenario 1.

Para el primer caso, tenemos ejemplificado en el esquema de la figura, donde podemos apreciar que el ángulo con valor 0, está diagramado por la línea horizontal; luego el ángulo alfa " α " es un ángulo con valor positivo y el ángulo beta " β " tiene un valor negativo.



Con base en el diagrama, si el observador conoce la distancia que hay de él hacia el árbol, con las relaciones trigonométricas, puede obtener la altura del árbol relacionando los catetos. Correspondiendo al cateto opuesto al ángulo de la altura del árbol.

Ejemplo:

Un técnico forestal, mide la altura de un árbol con la ayuda de un clinómetro hechizo, ubicándose al mismo nivel del árbol; para lo cual hace una lectura de un ángulo de elevación, con valor positivo de 30 grados y una lectura de un ángulo de depresión, con valor negativo de 5 grados. Si él se ubica a 20 metros del árbol ¿Cómo obtiene la altura total del mismo?

Resolución:

En las dos visiones que hace el observador, forma dos triángulos rectos, uno con el ángulo positivo y otro con el ángulo negativo.

Lo que permite relacionar este ángulo con los catetos es la tangente, porque relaciona el cateto opuesto (altura del árbol) y el cateto adyacente (distancia del observador al árbol). La ecuación a despejar sería la siguiente:

$$Tga = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}}$$

Si sustituimos las variables tendríamos:

$$Tga = \frac{Altura\ 1\ (m)}{Distancia\ Horizontal}$$

$$Tg(30^\circ) = \frac{Altura\ 1\ (m)}{20\ m}$$

Despejamos:

$$Altura\ 1(m) = Tg(30^\circ) * 20\ m = 11.55\ m$$

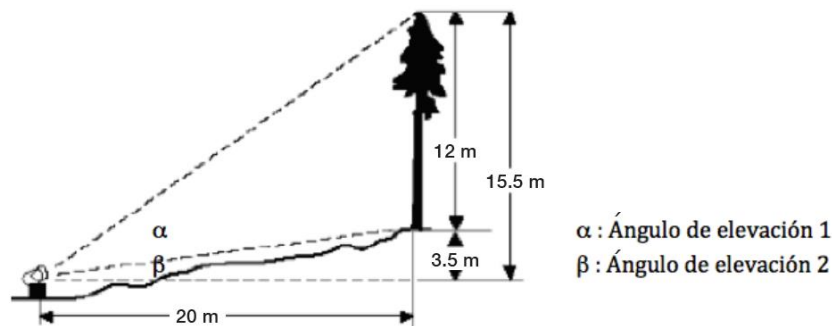
Aplicamos mismo procedimiento para obtener la Altura 2:

$$Altura\ 2(m) = Tg(5^\circ) * 20\ m = 1.75\ m$$

Para obtener la altura total del árbol sumamos los valores y tendríamos un valor de **13.3 m** de altura total del árbol.

b. Escenario 2

Para este caso, tenemos ejemplificado en el esquema de la figura, donde se aprecia que el ángulo con valor 0, está diagramado por la línea horizontal; luego el ángulo alfa “α” es un ángulo con valor positivo y el ángulo beta “β” tiene también un valor positivo. Este caso muestra el ejemplo de cuándo la vista del observador se encuentra por debajo de la base del árbol.



Para este caso, como tenemos dos ángulos con el mismo signo, ángulos de elevación, para lograr la altura total del árbol, debemos restar las alturas resultantes.

Ejemplo:

Un técnico forestal, mide la altura de un árbol con la ayuda de un clinómetro hechizo, encontrándose el árbol por arriba de la vista del observador. Hace una primera lectura de un ángulo de elevación, con valor positivo de 35 grados y una segunda lectura de un ángulo de elevación, con valor positivo de 7 grados. Si él se ubica a 20 metros del árbol ¿cómo obtiene la altura total del mismo?

Resolución:

En las dos visiones que hace el observador, forma dos triángulos rectos, los dos con el ángulo positivo, formando un triángulo interno.

La relación que permite relacionar este ángulo con los catetos es siempre la Tangente, por lo que las relaciones siguen siendo las mismas del caso anterior.

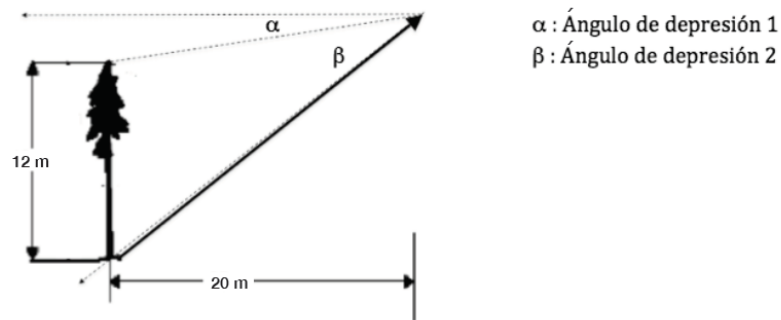
$$\text{Altura 1(m)} = \text{Tg}(35^\circ) * 20 \text{ m} = 14 \text{ m}$$

$$\text{Altura 2(m)} = \text{Tg}(7^\circ) * 20 \text{ m} = 2.46 \text{ m}$$

Para obtener la altura total del árbol restamos los valores y tendríamos un valor de **11.64 m** de altura total.

c. Escenario 3

Para este caso, tenemos ejemplificado en el esquema de la figura, donde se aprecia que el ángulo con valor 0, está diagramado por la línea horizontal; luego el ángulo alfa “ α ” es un ángulo con valor negativo y el ángulo beta “ β ”, también tiene un valor negativo. Este caso muestra ejemplificado cuando la vista del observador se encuentra por arriba del ápice del árbol.



Para este caso, al igual que el caso 2, tenemos dos ángulos con el mismo signo; ángulos de depresión para lograr la altura total del árbol. Debemos restar las alturas resultantes.

Ejemplo:

Un técnico forestal, mide la altura de un árbol con la ayuda de un clinómetro hechizo, encontrándose el árbol por debajo de la vista del observador. Hace una primera lectura de un ángulo de depresión, con valor negativo de 3 grados y una segunda lectura de un ángulo de depresión, con valor negativo de 28 grados. Si él se ubica a 20 metros del árbol ¿cómo obtiene la altura total del mismo?

Resolución:

En las dos visiones que hace el observador, forma dos triángulos rectos, los dos con el ángulo negativo, formando un triángulo interno.

La relación que permite relacionar este ángulo con los catetos es siempre la Tangente, por lo que las relaciones siguen siendo las mismas de los casos anteriores

$$\text{Altura 1(m)} = \text{Tg}(28^\circ) * 20 \text{ m} = 10.63 \text{ m}$$

$$\text{Altura 2(m)} = \text{Tg}(3^\circ) * 20 \text{ m} = 1.05 \text{ m}$$

Para obtener la altura total del árbol restamos los valores y tendríamos un valor de **9.58 m** de altura total.

2.4.3. Medición con clinómetro

Debe de investigar cual es la medida de la distancia que debe estar el operador con relación al árbol para realizar la medición de forma correcta. Se encontrará con las siguientes situaciones:

Situación 1: Árbol sobre terreno plano. SUMAR las dos lecturas (a la base: símbolo - y al ápice: símbolo +). Caso más usual.

Situación 2: Árbol en alto (observador en depresión del terreno): Restar la lectura a la base de la lectura al ápice.

Situación 3: Árbol en depresión y lector en parte alta del terreno: Restar la lectura al ápice de la lectura a la base.

Síntesis: signos diferentes se SUMAN, signos iguales se RESTAN.

Para el uso del clinómetro como instrumento ya no es necesario realizar cálculos de trigonometría debido a que el aparato esta diseñado para dar alturas de forma directa.

3. Procedimiento

3.1. Medición de DAP con forcípula

- 3.1.1. Marcar 15 árboles con nylon y numerarlos dependiendo del caso medir los 1.30 m de alto para realizar la medición
- 3.1.2. Asegurarse que la forcípula se coloque de forma ajustada al tronco, con la finalidad de evitar que los brazos de la forcípula al cerrarse compriman la corteza
- 3.1.3. La forcípula debe estar en una posición perpendicular al tronco
- 3.1.4. Nada de evitar el contacto directo entre la forcípula y la corteza del árbol al medir.

3.2. Medición de DAP con cinta diamétrica

- 3.2.1. Utilizando los 15 arboles previamente enumerado, colocar la cinta diamétrica alrededor de la marca del os 1.30 m
- 3.2.2. Ubicar el 0 de la cinta como punta de referencia
- 3.2.3. La cinta se debe de cruzar el cero o guía debe de quedar en la parte de abajo y la numeración en la parte de arriba como se muestra en la imagen.



3.3. Medición de DAP con cinta métrica

- 3.3.1.** Utilizando los 15 árboles previamente enumerado, colocar la cinta métrica alrededor de la marca del os 1.30 m
- 3.3.2.** Ubicar el 0 de la cinta como punta de referencia
- 3.3.3.** La cinta se debe de cruzar el cero o guía debe de quedar en la parte de abajo y la numeración en la parte de arriba, el dato que adquiere es la circunferencia del árbol.
- 3.3.4.** Calcular el diámetro de cada uno de los árboles utilizando la formula explicada con anterioridad.

3.4. Medición de altura de un árbol con clinómetro casero

- 3.4.1.** Hacer el clinómetro casero pasando el hilo por el centro del transportador y haciendo un nudo, luego pegar un popote o pajilla en el lado horizontal del transportador con el masking tape y amarrar el tornillo como contra peso del otro extremo del hilo
- 3.4.2.** Marcar 10 árboles con nylon y numerarlos.
- 3.4.3.** Colocarse a una distancia donde con el clinómetro pueda observar hasta la punta del árbol.
- 3.4.4.** Con una cinta métrica o con un distanciómetro tomar la distancia entre el árbol y el observador.
- 3.4.5.** Verificar en el clinómetro el ángulo de elevación y el ángulo de depresión
- 3.4.6.** Calcular la altura del árbol según la situación en la que se encuentre.

3.5. Medición de altura de un árbol con el clinómetro suunto

- 3.5.1.** Colocarse a 15 o 20 m del árbol dependiendo de la graduación del clinómetro
- 3.5.2.** Realizar la vista arriba y anotar el dato de altura del clinómetro
- 3.5.3.** Realizar la vista abajo y anotar el dato de altura del clinómetro
- 3.5.4.** Ingresar los datos a la siguiente formula **Altura del árbol = vista arriba + vista abajo**
- 3.5.5.** Debe tomar en cuenta que los dos datos que obtenga en el clinómetro los debe trabajar como positivos

HOJA DE REPORTE PRÁCTICA No. 2

INTEGRANTES			GRUPO
1. 2. 3. 4. 5.			
Medición de DAP (cm)			
Árbol	Forcípula	Cinta diamétrica	Cinta métrica
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Medición de altura (m)		
Árbol	Clinómetro casero	Clinómetro suunto
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

HOJA DE TRABAJO PRÁCTICA No. 2

Complete el siguiente cuadro

Instrumento	Uso y descripción	Ilustración
Cinta diamétrica		
Clinómetro		
Forcípula		
Hipsómetro Haga		
Hipsómetro Suunto		
Barreno de incrementos		
Medidor de corteza		
Regla Biltmore		
Bastón de Krieger		

Resuelva los siguientes problemas

1. En un bosque natural de coníferas, donde predominan árboles del género *Pinus*, se desea evaluar el diámetro de 5 árboles. En el campo solo se cuenta con una cinta métrica, por lo que se procede a efectuar la medición de la circunferencia de los fustes a la altura de 1.30 metros sobre este.

Utilizando la fórmula de la circunferencia, calcule el diámetro correspondiente para los cinco árboles dejando constancia de su procedimiento.

Árbol No.	1	2	3	4	5
Circunferencia (cm)	65.5	70.8	50.2	62.6	85.0
DAP (cm)					

2. En una plantación forestal de Teca (*Tectona grandis L.f.*), de 10 años de edad, se desea evaluar la altura de 5 árboles por parcela (parcelas de 500 metros cuadrados). En el campo se midieron los ángulos al ápice y base de los árboles, asignándoles los signos a las lecturas de acuerdo si son de elevación o de depresión.

En el cuadro, a continuación, se muestran los ángulos tomados para cada árbol, con el fin que se obtenga la altura total de los árboles y la altura promedio para esta parcela. El observador se alejó 15 metros del árbol para tomar las lecturas. Recuerde dejar constancia de sus procedimientos

Árbol No.	1	2	3	4	5
Ángulo al ápice	-45	30	35	28	-50
Ángulo a la base	-5	-10	5	-12	-10
Altura total (m)					

PRACTICA No. 3
Cubicación de árboles y trozas

1. Propósito de la práctica:

- 1.1.** Adquirir conocimientos generales sobre las diferentes situaciones para cubicación: de árboles pie, trozas, m³ o Pies.
- 1.2.** Calcular el volumen de madera de un árbol en pie y árboles derribados (trozas) mediante la cubicación.

2. Marco Teórico:

2.1. Área Basal

Es la superficie de una sección circular, en este caso la superficie de los puntos en que se mide el diámetro en trozas, para su cálculo se emplea la siguiente formula:

$$AB = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

D = diámetro (m)

Ejemplo

¿Cuál es el área basal de un árbol con DAP de 59,3 cm?

$$AB = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$AB = \frac{\pi \times 0.593^2}{4} = 0.2762 \text{ m}^2$$

2.2. Cubicación

Es un procedimiento en el cual el técnico forestal toma datos reales de las dimensiones de los árboles en pie (diámetro altura pecho en metros y altura en metros), trozas (diámetro mayor, diámetro menor y largo) o madera aserrada (ancho, largo y espesor), utilizando un instrumento de medida como una cinta métrica. Esto con el fin determinar el volumen de los árboles y productos forestales que se encuentran en una determinada parcela o terreno.

2.2.1. Aplicación: pago impuestos, obtención licencias aprovechamiento forestal del gobierno (legal = m³) y compra/venta productos (comercial = pies tabla).

Interesa cubicar: árboles en pie, sus productos (trozas, leña, postes) diferenciados por dimensiones y luego madera aserrada.

2.3. Cubicación árbol en pie (con factor de forma)

Este caso se da cuando el árbol aún se encuentra en pie es decir en su forma natural en el bosque, para conocer el volumen de madera de un árbol en pie se utiliza la siguiente fórmula

$$V = \frac{\pi}{4} \times (DAP^2) \times H \times f$$

Donde:V= Volumen (m³)

DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho (m)

H = Altura del árbol (m)

F= *Factor de forma = 0.45

*el valor del factor de forma puede variar según la especie que se esté trabajando.

Ejemplo:

Un técnico forestal realizó la medida de un árbol en pie obteniendo un DAP de 25 cm y una altura total de 15 m. Determine cual es el volumen en pie utilizando un factor de forma de 0.45

$$V = \frac{\pi}{4} \times (0.25^2) \times 15 \times 0.45 = 0.331 \text{ m}^3$$

2.4. Volumen árbol en pie con modelos para distintas especies

Existen modelos específicos para el cálculo de volumen de las diferentes especies, en la siguiente tabla se presentan 3 modelos según la especie.

Especie	Ecuación	Observación
<i>Pinus maximinoi</i>	$-0.0044177 + 0.0000285 * (d^2 * h)$	Diámetros a utilizar en centímetros y altura total en metros.
<i>Pinus oocarpa</i>	$0.0268287659 + 0.0000287215 * (d^2 * h)$	
<i>Cupressus lusitánica</i>	$0.013451922 + 0.0000289134 * (d^2 * h)$	

Ejemplo:

Determinar el volumen de un árbol de *pinus oocarpa* utilizando su modelo matemático generado, utilizando los siguientes datos:

DAP: 25 cm

Altura: 15 m

$$0.0268287659 + 0.0000287215 * (d^2 * h)$$

$$0.0268287659 + 0.0000287215 * (25^2 * 15) = 0.2961 \text{ m}^3$$

Se tiene que tener en cuenta la jerarquía en el orden de las operaciones a realizar en este tipo de fórmulas.

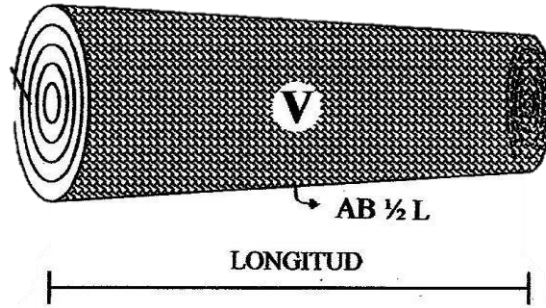
2.5. Trozas comerciales

Se consideran como tales las secciones del fuste que pueden aserrarse y tienen como mínimo 8 pies de longitud.

2.6. Cubicación de trozas comerciales

Esta puede hacerse utilizando metros cúbicos (oficial en Guatemala), pies tablares (comercial) o por el peso.

2.7. Fórmulas más utilizadas para la cubicación de trozas



2.7.1. Huber

$$vol = (AB \frac{1}{2} L) \times L$$

Donde:

$AB \frac{1}{2} L$ = área basal a la mitad del largo de la troza L = Largo de la troza

Se debe considerar:

- Requiere una sola medición
- Difícil su empleo cuando las trozas están apiladas
- No permite obtener diámetros sin corteza
- Huber supone la forma del cono truncado (diámetro medio se ubica al centro longitud de troza)

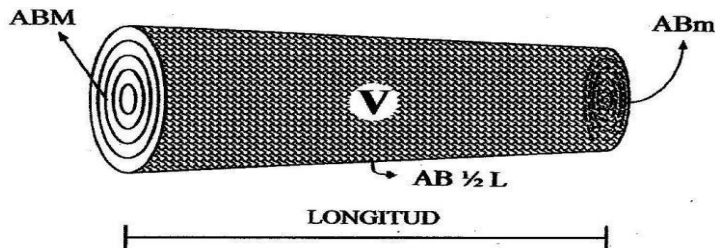
Ejemplo:

$$AB \frac{1}{2} L = 0.5 \text{ m}^2$$

$$L = 1.5 \text{ metros}$$

$$vol = (AB \frac{1}{2} L) \times L$$
$$vol = 0.5 \times 1.5 = 0.75 \text{ m}^3$$

2.7.2. Smalian



$$Vol = \left(\frac{ABM + ABm}{2} \right) \times L$$

Donde:

ABM = Área basal extremo mayor

ABm = Área basal externo menor

L = Largo de la troza.

Se debe considerar:

- Más fácil y barato, pero menos exacta en trozas basales con extremos acampanados ya que sobreestima
- Puede corregirse proyectando diámetro extremo menor.

Ejemplo:

$$ABM = 0.6 \text{ m}^2$$

$$ABm = 0.45 \text{ m}^2$$

$$L = 1.1 \text{ m}$$

$$Vol = \left(\frac{ABM + ABm}{2} \right) \times L$$

$$Vol = \left(\frac{0.6 + 0.45}{2} \right) \times 1.1 = 0.5775 \text{ m}^3$$

2.7.3. Newton

$$Vol = \left(\frac{A1 + 4A + A2}{6} \right) \times L$$

Donde:

A1 = Área basal extremo menor

A2 = Área basal externo mayor

A = Área basal mitad largo de troza

L = Largo de la troza.

Se debe considerar:

- Newton corresponde a formula del neiloide truncado
- Más exacta pero menos práctica uso limitado a investigación.

Ejemplo:

$$A1=0.085 \text{ m}^2$$

$$A2= 0.159 \text{ m}^2$$

$$A = 0.125 \text{ m}^2$$

$$L = 3.5 \text{ m}$$

$$Vol = \left(\frac{A1 + 4A + A2}{6} \right) \times L$$

$$Vol = \left(\frac{0.085 + 4(0.125) + 0.159}{6} \right) \times 3.5 = 0.434 \text{ m}^3$$

3. Procedimiento

3.1. Cubicación de árboles en pie.

3.1.1 Los estudiantes procederán a realizar el cálculo de volumen para árboles en pie con la fórmula de factor de forma utilizando 10 árboles

3.1.2 Calcular el DAP y la altura de los 10 árboles.

3.1.3 Calcular el área basal y volumen con la fórmula de factor de forma 0.45

INTEGRANTES				GRUPO
1. 2. 3. 4. 5.				
Árbol	DAP	Altura	Área Basal	Volumen
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

HOJA DE TRABAJO PRACTICA 3

Ejercicio 1.

En la Comunidad San Juan Bautista en el departamento de Suchitepéquez, se aprobó la venta de un árbol de cedro, para lo cual deben realizar la respectiva cubicación. El agricultor se dirige al bosque y obtiene las siguientes medidas.

Dap = 50 cm

H = 5 m

f = 0.75

Obtenga el volumen del tronco y por último convierta el resultado a pies tablares para obtener el rendimiento de la troza (tome en cuenta que un metro cúbico equivale a 270 pies tablares.)

Ejercicio 2.

En la finca Los Sapitos se encuentran cubicando árboles de *Cupressus lusitánica* (ciprés común) por lo que se le encarga a usted como ingeniero que realice los cálculos de volumen con el modelo respectivo para la especie, a continuación, se presentan los datos de cada árbol:

	Dap	Altura	Área basal	Volumen
Árbol 1	45 cm	8 m		
Árbol 2	0.57m	7.8 m		
Árbol 3	40 cm	670 cm		

Ejercicio 3

El propietario de un bosque mide el DAP y la altura total de un árbol de *Pinus maximinoi* H.E. Moore. cuál es su volumen si utiliza la siguiente ecuación de INAFOR-FAO:

$$-0.0044177 + 0.0000285 * (d^2 * h)$$

Con los siguientes datos de mediciones de árboles de Pino candelillo (*Pinus maximinoi*), estime el volumen total, empleando factores de forma 0.45 y 0.5, ecuaciones generadas por el proyecto PROCAFOR

Árbol No.	1	2	3	4	5	6	7	8
DAP (cm)	23	28	32	35	40	45	48	52
Altura total (m)	18	22	24	24	25	28	29	30

1. Elabore un cuadro comparativo con los resultados obtenidos por las 3 ecuaciones (2 con factor de forma y 1 con la ecuación generada para Guatemala),
2. Grafique los volúmenes utilizando el DAP como eje "x" y el volumen total como eje "y", para los 3 métodos de estimación del volumen, en el mismo gráfico.
3. Haga un análisis de los resultados obtenidos y discuta en función de las diferencias que se obtienen en los resultados.

PRACTICA No.4

Cubicación de otros productos leñosos

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Conocer la relevancia y los métodos de medición de Productos energéticos: Leña y Carbón Vegetal.
- 1.2. Aplicar las fórmulas para la cubicación de otros productos leñosos.

2. Marco Teórico:

2.1. Leña

Madera destinada a ser quemada (combustible) para fines domésticos o industriales (ladrilleras, tortillerías, generación electricidad).

2.2. Relevancia de la biomasa como combustible en Guatemala

La biomasa es la principal fuente de energía en las zonas más pobres y sin electricidad (rurales) 2.1 millones familias cocinan con fogones abiertos.

El 85% de la demanda de leña es por parte de los hogares rurales, mientras que el 13% es por parte de los hogares urbanos y sólo un 2% para el área industrial. Esto se debe a que factores como pobreza, fluctuaciones de precio y pobre infraestructura limitan un mayor uso gas propano o GLP (derivado petróleo)

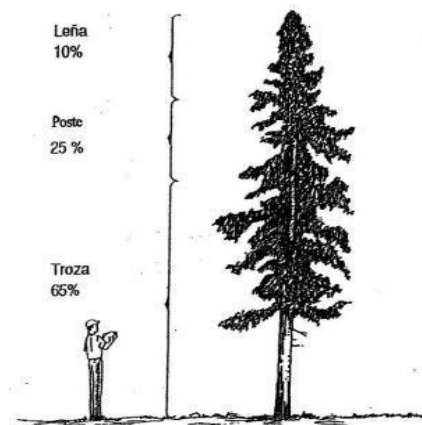
2.3. Impacto del consumo de leña

En la salud: Aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardiacas o respiratorias ya que aspirar el humo de la cocina todos días equivale a fumar 2 cajetillas de cigarros diarios.

En el medio ambiente: incremento emisiones CO₂ a la atmósfera. También el alto consumo de leña conduce a mayor presión hacia bosques: deforestación y degradación forestal.

2.4. Cubicación de leña

Normalmente se usa como leña aquella madera que no tiene uso industrial esta puede obtenerse de partes del árbol como puntas fustes gruesos, ramas y árboles de diámetros menores a 10 cm (4 pulgadas); esto varía

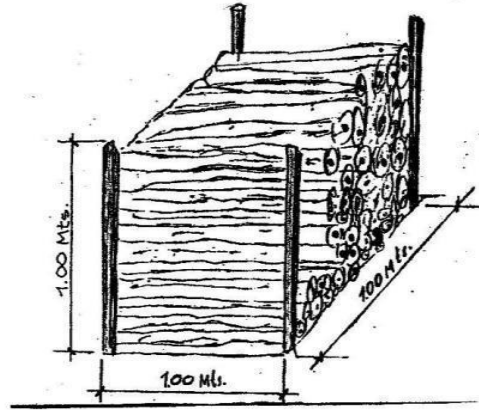


2.5. Clasificación de la leña

- **Rajada:** resulta de seccionar trocillo. Es el tipo más usual y con mayor valor al requerir más proceso y posibilidad de uso.
- **Trocillo:** leña rolliza de diámetros superiores a 2 pulgadas, usualmente resultantes de ramas gruesas o puntas de trozas.
- **Palito:** leña rolliza de los diámetros menores posibles, usualmente 1-2 pulgadas.

2.6. Medición de la leña

La leña se mide al estar apilada como se muestra en la siguiente imagen:



2.6.1. Volumen estéreo es el espacio que ocupa la madera apilada incluyendo el espacio entre leños (poros)

2.6.2. Metro estéreo es la madera en pilas que quepa en un metro cúbico. El volumen estéreo tiene menor contenido de madera por los espacios entre leños. Esta diferencia varía de acuerdo al grosor del leño y la forma de apilarla; esto ha dado lugar a la creación del Coeficiente de apilamiento (k).

2.7. Cubicación de leña

2.7.1. Cálculo de coeficiente de apilamiento (k)

Su valor oscila entre 0.45 – 0.80 y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$k = \frac{\text{volumen de madera (leños)}}{\text{Volumen estéreo (leños + poros)}}$$

2.7.2. Ejemplo para estimar el factor de apilamiento.

Se apiló leña rajada y leña rolliza en un metro estéreo (1m de ancho, 1m de alto y 1m de largo de los leños), para luego conocer qué volumen real tiene cada uno de estos metros estéreo.

Para la leña rajada: se llenó un tonel de agua de 1.5 m de alto y un diámetro de 50 cm, hasta una altura con agua de 1.20, para asegurarnos que se cubrieran el total de los leños cuando se sumergieron dentro de este. Se sumergieron por partes para conocer el volumen acumulado de los leños, siendo el resultado al final del ejercicio un volumen desplazado de 735 litros de agua.

Para la leña rolliza: se efectuó el mismo procedimiento, obteniendo como resultado final un volumen desplazado de 620 litros de agua.

¿Cuáles son los factores de apilamiento para estos dos casos?

Para el primer caso sabemos que $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lt}$, por lo tanto, el metro estéreo de leña rajada tiene un volumen real de 0.735 m^3 , siendo para este caso el factor de apilamiento de 0.735.

Para la leña rolliza tiene un volumen real de 0.62 m^3 , siendo el factor de apilamiento de 0.62.

2.7.3. Fórmula Nacional para cubicar leña en patio

$$V = L \times A \times H \times fe$$

Donde:

V= Volumen de leña en metros cúbicos

L= Largo de la pila de leña en metros

A= Ancho de la pila de leña en metros

H= Altura de la leña en metros

Fe= factor de espaciamento. (0.78)

2.7.4. Tarea de leña

Unidad de medida comercial para compra/venta leña en Guatemala, usualmente se utilizan las siguientes conversiones:

$$1 \text{ Tarea} = 1 \text{ vara de altura } (0.836\text{m}) \times 4 \text{ varas de largo } (3.344\text{m}) \times 0.5 \text{ m de ancho}$$

Resumiendo:

$$1 \text{ Tarea} = (0.836\text{m}) \times (3.344\text{m}) \times (0.5 \text{ m})$$

$$1 \text{ Tarea} = 1.3978 \text{ m}^3$$

2.8. Cubicación de madera en troza o rolliza en transporte

Para la estimación del volumen de madera en troza o rolliza en vehículos de transporte según la guía de cubicación del Instituto Nacional de Bosque (INAB) publicada en el año 2019 se procede de la siguiente manera:

2.8.1. Estimación del volumen aparente de vehículos de transporte.

a. Medición de alturas



Se realizan las mediciones de alturas (en metros) del bloque de la carga de vehículo, posteriormente se calculan los promedios de las alturas; **considerando tomar aquellas alturas del bloque que sean únicamente uniformes.**

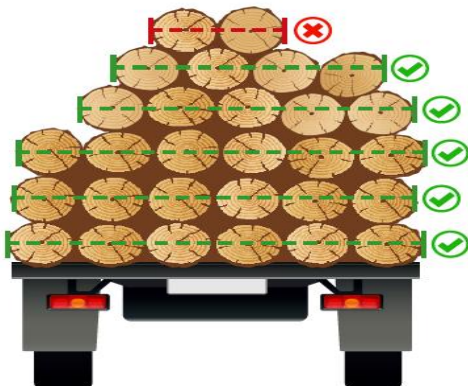
$$\frac{h1 + h2 + h3 \dots hn}{n}$$

Donde:

h=Altura

n= Número de medidas realizadas.

b. Medición de anchos



Se realizan las mediciones (en metros) del ancho del bloque de la carga del vehículo; posteriormente se calculan los promedios de los anchos. **Considerar NO tomar aquellos anchos del bloque, en donde se encuentren pocas trozas apiladas.**

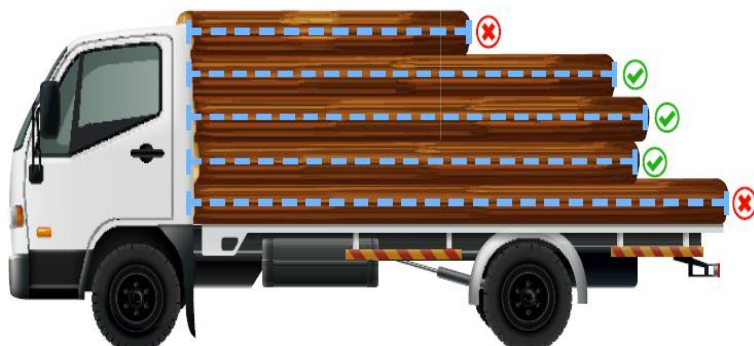
$$\frac{A1 + A2 + A3 \dots An}{n}$$

Donde:

h=Ancho

n= Número de medidas realizadas.

c. Medición de largos



Se realizan varias mediciones (en metros) de los largos de las trozas del bloque; posteriormente se calculan los promedios de los anchos, sin tomar en cuenta las trozas más largas y las cortas para no sobreestimar o subestimar la medición.

$$\frac{L1 + L2 + L3 \dots Ln}{n}$$

Donde:

h=Ancho

n= Número de medidas realizadas.

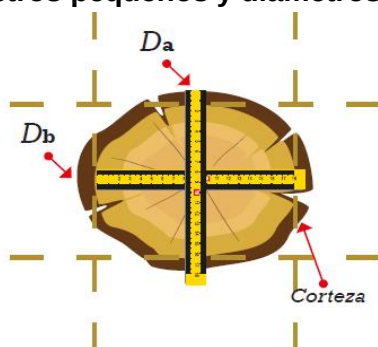
d. Cálculo de volumen aparente

Tomando los promedios que se calcularon para la altura, largo y ancho del bloque de madera, se calcula el volumen aparente del bloque de la manera siguiente:

$$V. \text{Aparente (m}^3\text{)} = \text{Promedio de Alturas (m)} \times \text{Promedio de Anchos (m)} \times \text{Promedios de Largos (m)}$$

2.8.2. Cálculo de diámetro promedio.

Se hace la medición del 75% de los diámetros de la cara visible del bloque, para luego hacer una estimación del diámetro promedio en centímetros. **La medición el diámetro se realiza sin corteza, considerando la mayor variabilidad de diámetros, es decir, tomar en cuenta diámetros pequeños y diámetros grandes.**



Donde:

D1 = diámetro promedio 1 (m)

Da = Medida a (m)

Db = Medida b (m)

2.8.3. Determinación del factor de apilamiento

Se busca en la tabla el rango donde se encuentra el diámetro promedio estimado en el numeral 2.8.2.

Promedio de diámetros por bloque (cm)	Factor Apilamiento (Decimales)
10-20	0.59
21-30	0.64
31-40	0.68
41-50	0.70
51-60	0.72
>61	Medir las trozas individualmente

Con la metodología propuesta se acepta un $\pm 10\%$ de variabilidad entre mediciones en carretera para el caso de especies coníferas y hasta un $\pm 15\%$ de variabilidad entre mediciones en carretera para el caso de especies latifoliadas.

2.8.4. Cálculo de volumen estimado del bloque de madera en troza.

Ya determinado el factor de apilamiento de la tabla, este factor se multiplica por el volumen aparente determinado en el numeral 2.8.1.

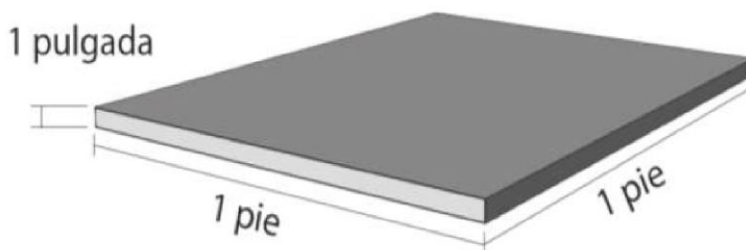
$$V. estimado (m^3) = Volumen Aparente \times Factor Apilamiento(m)$$

2.9. Cálculo de pie tablar

Los subproductos principales del bosque, después de la transformación primaria, son las piezas de madera aserrada, en cualquiera de sus dimensiones.

En Guatemala, es común expresar este volumen en el mercado como “pie tablar”, también conocido en otros países como pie maderero (boardfoot en Estados Unidos de Norteamérica).

El pie tablar, es el volumen de una pieza de madera de forma cuadrada de 1 pie por lado y una pulgada de espesor (Ver figura). Esto indicaría que un pie cúbico está compuesto por 12 pies tablares de madera



Haciendo la conversión al sistema métrico decimal, tendríamos que:

$$\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \times \frac{12 \text{ pulg}}{1 \text{ pie}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.3048 \frac{\text{m}}{\text{pies}}$$

$$\left(\frac{1 \text{ pie}}{0.3048 \text{ m}} \right)^3 \times \frac{12 \text{ pies tablares}}{1 \text{ pie cúbico}} = 423.776 \text{ pies tablares}/\text{m}^3$$

Ejemplo:

Si una pieza de madera aserrada tiene 10 pies de largo, 10 pulgadas de alto y 12 pulgadas de ancho, el volumen en pies tablares aplicando la fórmula sería:

$$V_{pt} = \frac{12 \text{ pulgadas} * 10 \text{ pulgadas} * 10 \text{ pies}}{12} = 100 \text{ pies tablares}$$

3. Procedimiento

3.1. Cubicación de leña rolliza apilada

Estimación de volumen aparente de una forma regular y uso de factor de espaciamiento. Estimación de volumen aparente de una forma regular y uso de factor de espaciamiento

$$VA(m^3) = Alto (m) \times Ancho (m) \times Largo(m)$$

$$V = VA (m^3) \times 0.5$$

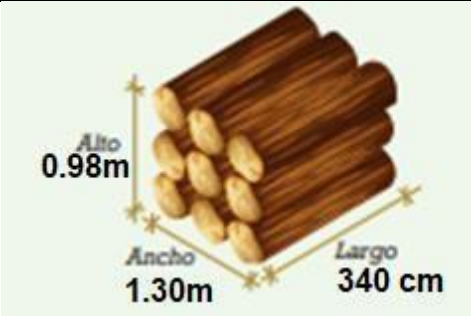
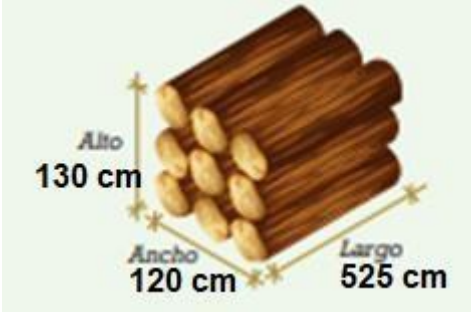
Donde:

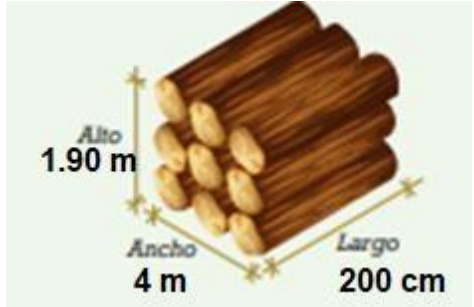
VA (m³)= Volumen aparente de un contenedor

V (m³) = Volumen total estimado

Factor de espaciamiento= 0.50

Realizar los siguientes cálculos de leña rollizada apilada mediante la formula anterior.

Leña		VA (M³)	V (M³)
			
			
			

Leña	VA (M³)	V (M³)
 Diagram of a wood pile with dimensions: Alto 0.83 m, Ancho 1.23 m, Largo 3.78 m.		
 Diagram of a wood pile with dimensions: Alto 130 cm, Ancho 2.4 m, Largo 6 m.		
 Diagram of a wood pile with dimensions: Alto 1.90 m, Ancho 4 m, Largo 200 cm.		
 Diagram of a wood pile with dimensions: Alto 3 m, Ancho 400 cm, Largo 455 cm.		

3.2. Cubicación de leña rajada apilada

Estimación de volumen aparente de una forma regular y uso de factor de espaciamiento

$$VA(m^3) = Alto (m) \times Ancho (m) \times Largo(m)$$
$$V = VA (m^3) \times 0.784$$

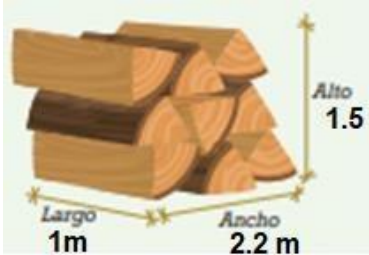
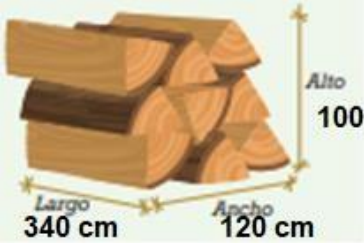
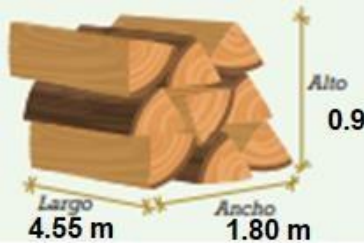
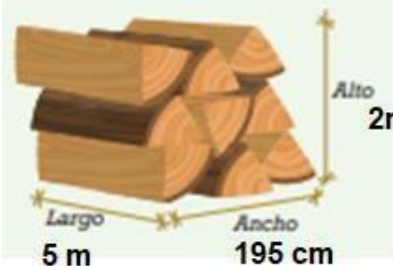
Donde:

VA (m³)= Volumen aparente de un contenedor

V (m³) = Volumen total estimado

Factor de espaciamiento= 0.784

Realizar los siguientes cálculos de leña rajada apilada mediante la formula anterior

Leña	VA (M³)	V (M³)
		
		
		
		

3.3. Cubicación de leña no apilada.

Estimación de volumen aparente de un cono y uso de factor de espaciamiento.

$$VA (m^3) = \left(\frac{C^2}{12\pi} \right) \times h$$

$$V (m^3) = VA(m^3) \times 0.624$$

Donde:

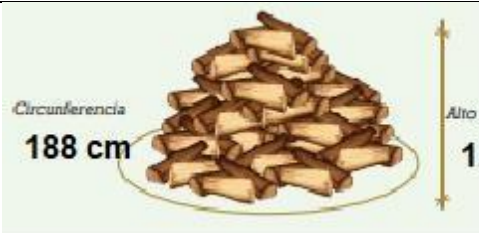
VA (m³)= Volumen aparente de un cono

C= Circunferencia (m)

h= Altura (m)

V= Volumen estimado (m³)

Factor de espaciamiento= 0.624

Leña	VA (M³)	V (M³)
 Circunferencia 2.5 m Alto 1.1 m		
 Circunferencia 300 cm Alto 0.90m		
 Circunferencia 188 cm Alto 1.45 m		
 Circunferencia 188 cm Alto 125 cm		

3.4. Cubicación de leña rajada apilada en vehículo

Estimación de volumen aparente de un cubo y uso de factor de espaciamento

$$VA(m^3) = Alto(m) \times Ancho(m) \times Largo(m)$$

$$V = VA(m^3) \times 0.624$$

Donde:

VA (m³)= Volumen aparente de un contenedor

V (m³) = Volumen total estimado

Factor de espaciamento= 0.624

Leña	VA (M³)	V (M³)
		
		
		
		

3.5. Cubicación de carbón a granel

Estimación del volumen aparente de un contenedor y uso de un factor de espaciamiento para determinar el volumen de carbón.

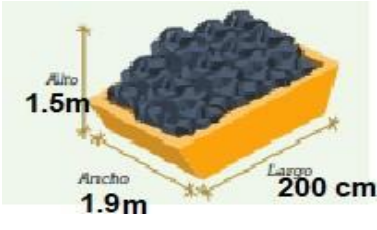
$$VA(m^3) = Alto\ (m) \times Ancho\ (m) \times Largo(m)$$
$$V = VA\ (m^3) \times 0.60$$

Donde:

VA (m³)= Volumen aparente de un contenedor

V (m³) = Volumen total estimado

Factor de espaciamiento= 0.60

Leña	VA (M³)	V (M³)
		
		
		
		

HOJA DE TRABAJO PRACTICA No.4

Realice los siguientes ejercicios

1. Estime el volumen de leña rolliza en un bloque de 550 cm de altura y 2 m de largo, considerando que la longitud promedio de la leña es de 0.43 m.
2. Estime el volumen de leña rajada en un bloque de 1.5 m de altura y 2 m de largo, considerando que la longitud promedio de la leña es de 0.45 m.
3. Estime el volumen de leña rajada que se transporta de forma desordenada en un Pick Up con una palangana de 1.3 m de largo, 0.65 m de altura y 1.76 m de ancho.
4. Estime el volumen de leña que está amontonada en un patio en forma de cono, que tiene una circunferencia de 15 m y una altura aproximada de 3m

4. Generación de factores de apilamiento de leña

El Ingeniero Ricardo Ismael, evaluó el volumen de leña apilado, tomando en cuenta rollizos de madera. Para este caso, midió el volumen de los trozos y le dio un total de 980,000 centímetros cúbicos. Procedió a apilar la leña y tomó las dimensiones de la pila de leña, teniendo un volumen aparente de 1.56 metros cúbicos. ¿Cuál es el factor de apilado que tiene este tipo de leña rolliza?

5. Calcular el volumen estimado de un camión con trozas largas como la figura siguiente:



Datos:

	Ancho	Largo	Altura
Medida 1	2.49	5.7	1.2
Medida 2	2.25	5.8	1.32
Promedio			

Diámetro promedio = 0.35

6. Si trabajará en una industria de transformación primaria, donde cortan troza a madera dimensionada, que volumen en pies tablares, tendrían las siguientes piezas cortadas:

Espesor (pulgadas)	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)	Pies tablares
2	4	16	
3/4	3 ¾	8	
4	4	10	

Bibliografía

- Anaya, H., & Christiansen, P. (1986). Aprovechamiento forestal: análisis de apeo y transporte (No. 76). Agroamerica.
- Aranda, U. D., Dorado, F. C., Anta, M. B., González, J. G. Á., Alboreca, A. R., & González, A. D. R. (2005). Prácticas de Dasometría.
- Castellano et al. (2000). Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Recuperado de <https://www.slideshare.net/JosEnriqueCabreraMed/inventarios-de-carbono>
- Dykstra, D. P., & Heinrich, R. (1996). Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Food & Agriculture Org..
- Imaña Encinas, J. (1998). Dasometría práctica.
- Instituto Nacional de Bosque -INAB-(2014). Lineamientos técnicos de manejo Forestal. Guatemala, Guatemala
- Instituto Nacional de Bosque -INAB-(2019) Grúa Práctica para la cubicación de productos forestales. Guatemala. Guatemala.
- Melgar, W. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/53S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito).
- Ramirez, et al.(2001). Inventario Forestal Global – GFSEstudio Piloto en Costa Rica. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Reforestation Group International RGI S.A (2017) Manual de aprovechamiento forestal- Proceso y Lineamientos. Costa Rica.
- Sanches, G. (2017) Conceptos básicos de silvicultura. INICAP Ciudad de México, México.
- Ugalde, L. A. (1981). Conceptos básicos de dasometría.
- Vaides, E. (2014) Cuaderno de trabajo Dasometría. Facultad de Ciencias Ambientales y agrícolas - DEPROAC- Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala.
- Wabo, E. (2002). Curso de biometría forestal. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata . Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.