UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL FORESTALES

516



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
15/04/08
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U. - PUCALLPA

Fundamento teórico para la elaboración de una regla de medición de diámetros de árboles en pie

Tesis para optar el título de

Ingeniero Forestal

David Tuesta Torres

PUCALLPA-PERU

2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA SUSTENTACIÓN DE TESIS

87/2008-CGyT-FCF-UNU

En la ciudad de Pucallpa a los ocho días del mes de febrero del año dos mil ocho, siendo las 12.15 a.m de acuerdo a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron en la Sala de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, los integrantes del Jurado Calificador, nombrado por la Comisión de Grados y Títulos, para proceder a la Sustentación Pública de la tesis titulado **"FUNDAMENTO TEORICO PARA LA ELABORACION DE UNA REGLA DE MEDICION DE DIAMETROS DE ARBOLES EN PIE"** por el **Bachiller David Tuesta Torres**, ante los docentes miembros del Jurado:

Ing. M.Sc. OSCAR BARRETO VASQUEZ	**: Presidente**
Ing. M.Sc. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS	**: Miembro**
Ing. Mg. GABRIEL MERCADO JAUREGUI	**: Miembro**

DEJAMOS CONSTANCIA QUE EL ING IVAN SALVADOR CARDENAS UNO DE LOS MIEMBROS DE JURADO NO ESTUVO EN LA SUSTENTACION, POR ENCONTRARSE DE VIAJE.

Finalizada la sustentación se procedió a la evaluación respectiva. Durante la deliberación, el jurado calificador llegó a la siguiente conclusión:

La Tesis fue aprobada por **Mayoría** quedando el sustentante expedito para gestionar el diploma de **Ingeniero Forestal,** previo levantamiento de las observaciones realizadas.

Siendo las 13.30 p.m. el acto se dio por concluido.

.....	.....
Ing. M.Sc. Oscar Barreto Vásquez	**Ing. Gabriel Mercado Jáuregui**
Presidente	**Miembro**

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por darme la vida;
a mi esposa Rosa Isabel Gratelli Sánchez
por brindarme su apoyo en mi
formación como profesional y ser humano;
y a mis adorados hijos por ser la fuente
primordial de este esfuerzo.

A mis padres José Roberto y
Natividad porque siempre me
aconsejaron a ser una persona
perseverante y darme el amor y
calor de padres.

A los padres de mi esposa Marcelo Armando
y Luisa Belmira por brindarme
su amor sublime hacia mí, por tenerme
mucha paciencia y sobre todo por brindarme
su apoyo incondicional durante mi formación
profesional.

AGRADECIEMENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a las siguientes personas:
Ing. Forestal Marco Chota Isuiza, asesor de la presente tesis.
Ing. Forestal M.Sc. Iván Salvador Cárdenas, por haberme brindado su apoyo incondicional y coasesoramiento para realizar la tesis.

Al Bach. Hérval Gratelli Sánchez por su incondicional apoyo en la realización de la presente tesis y a la Bach. Tania Magnolia Cenepo Chávez, por su colaboración en el tipeo de la misma.

Al Bach. Clovis Ramírez, por su apoyo en el fundamento matemático de la tesis.

INDICE DEL CONTENIDO

Pág

INTRODUCCIÓN. ----------01

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO----------02

1.1 Antecedentes----------02

1.2 Diámetro normal de árboles en pie----------02

1.3. Instrumentos de medición----------04

1.3.1. Forcípula----------05

1.3.2. Forcípula de arco articulado----------06

1.3.3. Forcípula finlandesa----------06

1.3.4. Horqueta----------06

1.3.5. Regla Biltmore----------07

1.3.6. Horqueta de arco Bitterlich (Bitterlich´s sector fork)----------07

1.3.7. Cinta de diámetros----------08

1.4 Elementos geométricos para el diseño del instrumento----------08

CAPITULO II: METODOLOGÍA----------10

2.1. Descripción del lugar donde se desarrolló el estudio.....10

2.2. Instrumentos de recolección de datos----------10

2.2.1. Materiales----------10

2.2.2. Instrumentos----------11

2.3. Método de Investigación. ----------11

2.3.1. Primera fase---------- 11

2.3.2. Segunda fase----------11

2.3.3. Tercera fase----------12

2.4. Tratamiento de datos----------12

CAPITULO III: RESULTADOS.----------13

3.1. Fundamento matemático de la regla----------13

3.2. Diseño y construcción---------- 15

3.3. Validación de la nueva regla----------22

CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS ----------22

4.2. Fundamento matemático de la nueva regla----------23

4.2.1. Cálculo del ángulo fijo de la regla----------23

4.2.2. Cálculo de la longitud del brazo extensible----------23

4.2. Diseño y construcción de la nueva regla----------23

4.3. Validación de la nueva regla en función de la forcípula y cinta métrica---25

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES----------27

5.1. Conclusiones ----------27

5.2. Recomendaciones ----------28

BIBLIOGRAFÍA. ---------- 29

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Pág

Cuadro 1: Relación de la varilla graduada con el diámetro del árbol en escala de 1:2----------22

Cuadro 2: Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las mediciones de diámetros de árboles normales en pie con tres tipos de reglas----------23

Cuadro 3: Comparación de medias (T Studen para datos pareados) de la nueva regla versus la forcípula y la cinta métrica----------23

INDICE DE FIGURAS

Pág

Figura 1: Relación entre los lados de un triángulo rectángulo con 30° de ángulo agudo----------11

Figura 2: Determinación del diámetro en función al seno de 30°----------14

Figura 3: Determinación de la longitud brazo ----------15

Figura 4: Diseño del cabezal del nuevo instrumento----------16

Figura 5: Esquema de la varilla graduada de la nueva regla----------17

Figura 6: Esquema del brazo extensible de la nueva regla----------18

Figura 7: Diseño del nuevo instrumento----------19

Figura 8: Medición del diámetro con el nuevo instrumento,
Vista en un plano----------20

Figura 9: Medición del diámetro con el nuevo instrumento
Vista en tres dimensiones---------- 21

ANEXOS

Anexo 1: Casos prácticos en la medición del diámetro normal de los árboles en pie.

Anexo 2: Medición en árboles con anomalías, abultamientos, deformaciones.

Anexo 3: Instrumentos de medición de uso más generalizado

Anexo 4: Elementos geométricos que se utilizan en el diseño del instrumento

Anexo 5: Medidas de diámetros con cinta métrica y la nueva regla y su diferencia

Anexo 6: Medidas de diámetros con la forcípula y la nueva regla y su diferencia

RESUMEN

El presente investigación, consintió en crear un nuevo instrumento de medición del diámetro de árboles en pie, de diseño sencillo, preciso, de fácil manejo y que se adapte a nuestra zona; para ello la investigación se ejecutó en tres fases, siendo la primera, el fundamento matemático del nuevo instrumento. La segunda, el diseño y construcción del nuevo instrumento y la tercera fase, la medición del diámetro para su validación respectiva.

Los objetivos de la investigación consistieron en: fundamentar, diseñar, construir y validar un nuevo instrumento para la medición del diámetro, comparándola con la cinta métrica y la forcípula en la medición del diámetro del árbol en pie. Para ello se basó en:

1. La nueva regla (Regla David) se fundamenta en el radio de la troza y la función Seno del ángulo formado por la varilla y el brazo del instrumento.

2. El principio de la regla David, está dado por la relación entre la varilla graduada de la regla y el diámetro del árbol, que están en escala de 1:2, pudiéndose medir hasta un máximo de 180cm de diámetro con una varilla de 90cm.

3. La validación de la regla se realizó tomándose al azar una muestra de 150 árboles en un rango diametrico de 30cm. a 180cm. El análisis de los resultados de los tres instrumentos revela que no existe diferencia significativa entre ellos. En consecuencia la regla David cumple con las exigencias de precisión para su uso corriente en la medición forestal.

SUMMARY

This research, consented to create a new instrument for measuring the diameter of trees standing, design simple, accurate, easy to handle and that suits our area; for this research was carried out in three phases, the first, the mathematical foundation of the new instrument. Second, the design and construction of the new instument and the third phase, measuring the diameter of respectively for validation.

The objectives of this research were: base, design, build and validate a new instrument for measuring the diameter, compared with a tape measure and Forcípula in the measurement of the diameter of the tree stands. To do so was based on:

1. The new rule (rule david) is based on the radius of the log and sinus fuction of the angle formed by the rod and the arm of the instrument.

2. The principle of the rule david, is given by the relationship between the gauge of the rle and the diameter of the tree, wich are in scale 1:2, could measure up to 180cm in diameter with a rod 90cm.

3. The validation of the rule was conducted taking a random sample of 150 trees in a range diametrico 30cm. to 180cm. analysis of the results of the three instuments reveals that ther is no significant diference between them. Accordingly david rule complies with the requirements of accuracy for the measurement commonly used in forestry.

INTRODUCCIÓN

El bosque de la amazonía es muy complejo en cuanto a la diversidad de especies forestales, existiendo múltiples formas de fuste del árbol, motivo por el cual se hace difícil la medición del diámetro y de la altura.

Existe en el Perú una serie de reglas ópticas y directas para la medición del diámetro de árboles en pie, pero todas ellas de un manejo muy complicado que en nuestra zona es poco aplicable, siendo dos instrumentos de medición los que más se adaptan: la cinta diamétrica y la forcípula.

También existe en nuestro medio otra regla, la denominada "Regla Moreno", que es más práctico en su manejo que las otras dos reglas (cinta diamétrica y forcípula), pero de limitada medición del tamaño del diámetro, siendo la medida del diámetro (75 cm) el triple de la cuerda del cabezal (25 cm).

Frente a este problema en el siguiente estudio se plantea la construcción de una regla que mida el diámetro normal de árboles en pie más grande (hasta 180 cm) que justamente es aquí donde la Regla Moreno tiene cierta deficiencia, que al no ser superada la cuerda para diámetros mayores, ya no es posible medir el DAP. Entonces se tuvo que diseñar otra regla con una cuerda mayor y con un manejo más fácil y que se adapte a nuestra zona para que el trabajo sea más eficiente y que sirva a profesionales y a las personas dedicadas al trabajo de inventario forestal.

Por estas consideraciones, los objetivos del presente trabajo consistieron en:

1. Fundamentar el principio en el radio de la troza para la elaboración de la nueva regla.
2. Diseñar y construir una nueva regla de fácil manejo y confiabilidad para la medición del diámetro normal de árboles pie.
3. Validar la nueva regla comparándola con la cinta métrica y la forcípula en la medición del diámetro normal de árboles en pie.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes

Moreno (2001) diseña y construye una regla para medir el diámetro normal de árboles en pie y lo compara su eficiencia con la forcípula y la horqueta en tres tipos de plantaciones: bosque tropical heterogéneo, bosque tropical homogéneo "aguajal" (*Mauritia sp)* y plantación de shiringa (*Hevea brasilensi*) y llegó a la conclusión que la nueva regla es similar en cuanto a sus mediciones a la forcípula y la horqueta.

Pero esta regla tiene una limitación, solo sirve para medir árboles de diámetro pequeño.

1.2. Diámetro normal de árboles en pie.

Malleux y Montenegro (1971) afirman que el diámetro normal es uno de los parámetros más importantes en la medición forestal. Esta variable sirve para determinar la estructura del un rodal, el área basal, el volumen, el crecimiento y otras características del bosque. El diámetro a la altura del pecho, el más conocido en la dasometría, se define como el diámetro que se toma a 1.3 m desde el suelo a nivel de investigación y es sinónimo como diámetro normal o de referencia

Cailliez (1980), sostiene que el diámetro a la altura del pecho se evita usar esta expresión por su ambigüedad que presenta en algunos casos prácticos de medición de los diámetros, tal como se detalla a continuación y se observa en el anexo 1:

a) Árboles verticales en terreno plano. Sin aletones o con aletones menores de 1 m, la medición se toma a 1.3 m del suelo (anexo 1a).

b) Arboles verticales en terreno inclinado. Como norma, la base del árbol es el nivel marcado por X – Y. Por razones prácticas la medición se hace a 1.3 m por el lado superior de la pendiente (Anexo 1b).

c) Arboles inclinados en terreno plano. La sección de medición debe ser perpendicular al eje del fuste, a 1.3 m medido en el lado hacia donde se inclina el árbol (Anexo 1c).

d) Arboles inclinados en terreno inclinado. La sección de medición debe ser perpendicular al eje del fuste, a 1.3 m medido por la parte superior de la pendiente (Anexo 1d).

e) Arboles con raíces aéreas mayores de 1 m. La medición se realiza sobre 0.3 m del fin de las raíces aéreas (Anexo 1e).

f) Arboles con aletones mayores de 1 m. La medición se realiza sobre 0.3 m del fin de los aletones (Anexo 1f).

g)Arboles bifurcados. Inicio de la bifurcación debajo de 1.3 m considerándose como dos árboles (Anexo g).

h) Arboles bifurcados. Inicio de la bifurcación arriba de 1.3 m realizándose una sola medición a 1.3 m (Anexo 1h).

Este mismo autor ilustra anomalías a 1.3 m tales como nudos, abultamientos y deformaciones, e indica que las mediciones en estos casos tienen que hacerse fuera de la parte deformada. Si es posible, hacer dos mediciones a igual distancia del nivel 1.3 m y tomar el promedio. A veces sólo será posible hacer una medición (Anexo 2).

Cuando se emplea la palabra diámetro significa según Bruce y Schumacher (1965), que los árboles son de sección circular, aunque no exactamente. Si la desviación o excentricidad de la forma circular es ligera, no hay dificultad alguna. Pero, frecuentemente, la sección mucho más ancha en

un sentido que en otro. En esos casos, se acostumbra medir los "diámetros" o ejes, largos y cortos, y promediar los resultados. Cuando la sección es de forma irregular, a veces es difícil decidir dónde debe aplicarse el instrumento. En esos casos, un procedimiento conveniente es encontrar y medir primero el eje máximo, y luego medir el eje más grande que quede en ángulo recto con el primero.

1.3. Instrumentos de medición

La mayoría de obras consultadas para este acápite coinciden en presentar los mismos instrumentos de medición del diámetro, existiendo pocas excepciones. En lo que se refiere a instrumentos manuales de diseño relativamente sencillo, como el que se presenta en este trabajo. Los instrumentos ópticos, de mayor complejidad y elevado costo parecen ser los que actualmente desarrollan las naciones más adelantadas. Sin embargo, la poca accesibilidad a estos instrumentos dado su costo y manejo, hace que los instrumentos manuales de fácil construcción sigan operando en forma eficiente.

Los instrumentos según Cailliez (1980), se clasifican en dos grupos: los de medición manualmente accesible y los instrumentos comerciales para mediciones ópticas.

Según el Ministére de la Cooperation (1978), se denomina "eclímetros" a los instrumentos ópticos graduados en ángulos y "clisímetros" a los instrumentos ópticos graduados en forma tangencial. Menciona a los más conocidos:

a) Plancheta dendrométrica.
b) Dendrómetro Blume Leiss.
c) Dendrómetro Méridian Nº 1732.
d) Relascopio de Bitterlich.
e) Dendrómetro Topochaix type Universelle.

Entre los instrumentos de medición manualmente accesibles de uso

mas generalizado, tenemos los siguientes:

1.3.1. Forcípula

Es similar al calibrador que se utiliza para medir objetos cilíndricos o grosores. Consta de una regla graduada y dos brazos perpendiculares a la misma. Un brazo es fijo y el otro móvil que se desliza a lo largo de la regla (Anexo 3a). Las caras interiores de los dos brazos deben formar ángulos de 90^0 con la regla, lo cual indica que en cualquier distancia de la regla, serán paralelos (Malleux y Montenegro, 1971).

Se recomienda una forcípula metálica a una de madera por su estabilidad climática y fácil de limpiar. Se debe sostenerla horizontalmente y no presionar los brazos en exceso contra el árbol (Cailliez, 1980).

En un análisis comparativo entre forcípula cinta diamétrica al estimar áreas basales, encontró que con cinta son mayores las áreas basal mensuradas que con forcípula, desestimando este último instrumento el área real; diferencia que es equilibrada con un factor de corrección (Vargas, 1975).

La forcípula, a pesar de ser muy usada en casi la mayoría de los inventarios forestales realizados en la Amazonía Peruana, tiene algunos inconvenientes (Villanueva y Jiménez, 1982):

a) Es un instrumento incómodo.

b) El brazo móvil se desliza con dificultad sobre la regla, por acción de suciedad, por la resina, por acción de la humedad.

1.3.2. Forcípula de arco articulado

Es una forcípula creada por el Servicio Forestal de Portugal. Consiste de dos brazos articulados con una inclinación de 45^0, uno de ellos se desliza sobre una regla graduada que registra lecturas directas hasta 43 cm e indirectamente puede medir diámetros hasta 1.2 m (Anexo 3b). Este instrumento es liviano, fácil de manejar y se aconseja para usarlo en bosques tropicales (Malleux y Montenegro, 1971).

1.3.3. Forcípula finlandesa.

Es un instrumento que consta de un brazo recto, un brazo curvo y mango (Anexo 3c). Las graduaciones son paralelas al borde interior del brazo recto. Se agarra el mango con la mano izquierda (el brazo izquierdo del operador debe estar completamente extendido) y se aplica la forcípula contra el árbol, ortogonal al eje del tallo. El diámetro se obtiene por una visual paralela a las marcas de la graduación (Cailliez, 1980).

Si se fija esta forcípula a una vara larga o telescópica, se pueden realizar mediciones de diámetros hasta aproximadamente 8 m del suelo (Parde, 1961).

1.3.4. Horqueta.

Es un instrumento práctico, que se puede utilizar en bosques homogéneos, como plantaciones de eucalipto o rodales de cetico *(Cecropia* sp.) y otras especies del bosque secundario. El instrumento consiste en dos reglas en forma de "V" cuyo ángulo puede calcularse al tamaño de los árboles que se quieren medir. Para un ángulo de 54^0 y largo de los brazos de 50 cm, los puntos se marcarán según la fórmula matemática (Anexo 3e). La distancia se marca a partir del punto "a". Las graduaciones se hacen sobre cada regla o brazos de la horqueta. Esto puede sustituirse por cartulinas impresas, las cuales se

fijan con dos pestañas metálicas o plásticas de medio centímetro de ancho. Cuando se trabaja en esta forma hay la ventaja de ir simplemente marcando con una raya el diámetro correspondiente a cada árbol y al final de cada muestra, en cada tira, prácticamente se tiene una tabla de composición de clases diamétricas que revela las condiciones del bosque (Malleux Montenegro, 1971).

1.3.5. Regla Biltmore.

Este instrumento consiste en una vara de madera recta, graduada de tal manera que la persona que la usa al sostenerla a la altura del pecho (DAP) y en forma horizontal contra el árbol, podrá hacer la determinación del diámetro del referido árbol en la siguiente forma: el extremo izquierdo de la regla deberá quedar junto con la línea de la visión tangencial al borde del árbol de dicho lado, procediendo luego a tirar otra línea de visión que deberá pasar tangencial al otro borde del árbol. Leyendo automáticamente el operador, el diámetro buscado en el punto de intersección de esta línea de visión en la referida regla (Anexo 3f). Esta regla es más ampliamente usada en todos aquellos trabajos que no requieran gran precisión en la determinación del diámetro (Lizano, 1955).

1.3.6. Horqueta de arco Bitterlich (Bitterlich´s sector fork).

Este instrumento es similar en principios a la regla Biltmore. Uno de los brazos es curvado y abierto; el otro sigue una línea recta contínua. (Anexo 3g). La línea recta desde la mira (pin) hacia un lado del tronco es intersectada por el brazo curvo que muestra las respectiva., graduaciones. No es necesaria una distancia fija del ojo con el instrumento debido al pin que fija la dirección. Este instrumento es especialmente útil para mediciones de hasta 50 cm de diámetro (Hush *et. al*, 1982).

Este instrumento es común en Europa y por lo general posee 45 posiciones diferentes correspondientes a 45 volúmenes (Pardé, 1961).

1.3.7. Cinta de diámetros

Es una cinta flexible para medir la circunferencia del árbol. Si se usa una ordinaria, el resultado debe dividirse entre 3.1416 (n) para obtener el diámetro. Se elude esa división si la cinta se gradúa a intervalos de 3.1416 cm, lo que permite una lectura directa del diámetro. Las cintas más largas están dotadas comúnmente de un gancho en su extremo, que facilita su colocación alrededor de árboles gruesos. La cinta es muy cómoda de llevar, no necesita ajustes constantes y, en el caso de árboles irregulares, sólo se necesita una medición. Es probable que su uso sea un poco más lento, aunque la diferencia no es muy considerable. Debe cuidarse de que la cinta pase horizontalmente sobre la superficie del árbol para que no cause errores exagerados (Bruce y Schumacher, 1965).

El uso correcto de la cinta (Anexo 3h) es ilustrado por Malleux y Montenegro (1971). También mencionan que los errores que se cometen con la cinta, se deben generalmente al mal uso de la misma, como inversión de los números para la lectura o no tener en cuenta la dirección del eje del tronco.

1.4. Elementos geométricos para el diseño del instrumento

La construcción y teoría de los diversos instrumentos de medición del DAP se basa en teoremas geométricos, en el cual se relacionan los diferentes elementos para determinar el diámetro (Lizano, 1955).

Baldor (1967), describe algunos de estos elementos, principalmente los que se interrelacionaron para formular las bases geométricas del instrumento diseñado (Anexo 4):

a) Circunferencia. Es el conjunto de todos los puntos de un plano que equidistan de otro punto llamado centro (4a).

b) Círculo. Es el conjunto de todos los puntos de la circunferencia más los puntos interiores de la misma (Anexo 4b).

c) Radio. Es el segmento cuya distancia va desde el centro hacia un punto de la circunferencia (Anexo 4c).

d) Arco de la circunferencia. Es una porción de circunferencia (Anexo 4d).

e) Diámetro. Es toda cuerda que pasa por el centro. El diámetro es igual a la suma de dos radios (Gómez, *et. al,* 1978) (Anexo 4i)

f) Triángulo rectángulo. Es una figura geométrica que tiene tres lados y un ángulo recto. Los lados que determinan dicho ángulo recto se llaman catetos y el tercero es la hipotenusa.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Descripción del lugar donde se desarrollo el estudio.

El estudio se llevó en tres fases, siendo la primera fase el fundamento matemático de la regla. La segunda fase lo que se refiere al diseño y construcción de la nueva regla, y la tercera fase, la que se refiere a la medición de los árboles normal en pie. La segunda fase se llevó a cabo en la mueblería CORESA E.I.R.L., propiedad del señor Deninson Sánchez Paredes, ubicado en el Jr. Revolución (Asentamiento Humano "Bellavista") en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali y la tercera fase consistió en la medición de los árboles, ésta se hizo en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal – Macuya en bosque de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado a 2.5 km de la margen derecha de la quebrada Cashibo y a 5 km de la margen izquierda de la carretera Fernando Belaúnde Terry en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.

2.2. Instrumento de recolección de datos

2.2.1. Materiales

- Piezas de madera
- Laminillas metálicas (aluminio)
- Tornillos tipo mariposa
- Cola sintética
- Árboles seleccionados al azar en el bosque de Macuya.
- Materiales de escritorios
- Wincha con graduación decimal
- Libreta de campo

2.2.2. Instrumentos

- Cinta métrica
- Forcípula
- Nuevo instrumento

2.3. Método de investigación

El método utilizado fue la observación y la experimentación, el cual consistió de tres fases:

2.3.1. Primera fase: Fundamentación teórica

Teniendo presente que las reglas utilizadas en la medición de diámetros de árboles en pie son en su mayoría reglas de difícil lectura y/o incómodo en su transporte en el bosque, se diseñó una nueva regla de fácil lectura y muy versátil en su traslado por el bosque, al mismo tiempo permite medir diámetros hasta 1.80 metros

El diseño de la regla está fundamentado en el seno de un ángulo de 30°, donde la longitud de la hipotenusa es dos veces la del cateto opuesto, tal como lo ilustra la **figura 1**.

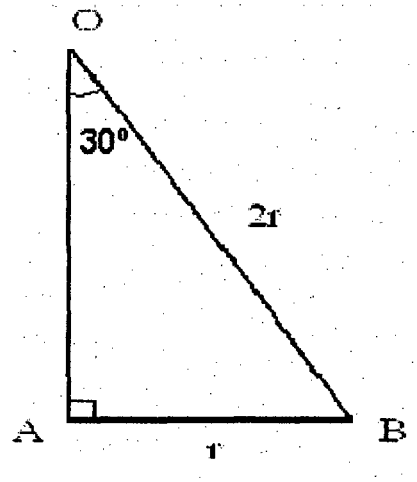


Figura 1: Relación entre los lados de un triángulo rectángulo con 30° de ángulo agudo.

$$\text{Seno } 30^{\circ} = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{Seno } 30^{\circ} = \frac{\text{Cateto opuesto}}{2 \text{ catetos opuestos}}$$

Pero:

Cateto opuesto = radio

Entonces:

$$\text{Seno } 30^{\circ} = \frac{\text{radio}}{2 \text{ radio}}$$

$$\text{Seno } 30^{\circ} = \frac{1}{2}$$

2.3.2. Segunda fase: Construcción de la regla

Consistió en la construcción de la nueva regla, que se llevo a cabo en la Mueblería CORESA E.I.R.L. del señor Deninson Sánchez Paredes, ubicado en el Jr. Revolución Nº 451 en el Asentamiento Humano Bellavista y fue hecha de madera de las especies caoba, quinilla y aluminio en la parte superior de la regla, la cual consta de tres partes: el cabezal, la varilla graduada y el brazo extensible.

2.3.3. Tercera fase: Validación de la regla

Consistió en la validación de la regla. En esta fase se hizo la medición del diámetro normal de árboles en pie empleando la forcípula, la cinta métrica y la nueva regla, teniendo en consideración las condiciones del terreno, la inclinación del árbol y sus deformaciones desde la base hasta 1.3 m de altura; luego estas mediciones fueron comparados con cada uno de los instrumentos.

La medición de los diámetros se hizo en el bosque Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali, tomándose al azar una muestra de 150 árboles, con diámetro mínimo de 30 cm. y diámetro máximo de 180 cm, los cuales fueron medidos los diámetros normales con los tres instrumentos: la cinta métrica, la forcípula y la nueva regla. La medición del diámetro se hizo en dos direcciones por cada tipo de instrumento (excepto con la cinta métrica), de los cuales se sacó el promedio, quienes sirvieron para la comparación de medias.

2.4. Tratamiento de datos

Para establecer si hay diferencia entre las mediciones de las tres reglas se hizo una Prueba de 2 medias de datos pareados, efectuándose la comparación entre:

La nueva regla **versus** Forcípula
La nueva regla **versus** Cinta métrica

Este experimento se hizo de acuerdo con los siguientes tratamientos y número de repeticiones:

Tratamientos (T)	Repeticiones (r)
T1 = Cinta métrica	r = 150 Arboles
T2 = Forcípula	r = 150 Arboles
T3 = Nueva regla	r = 150 Arboles

CAPITULO III

RESULTADOS

1.1. Fundamento matemático de la regla

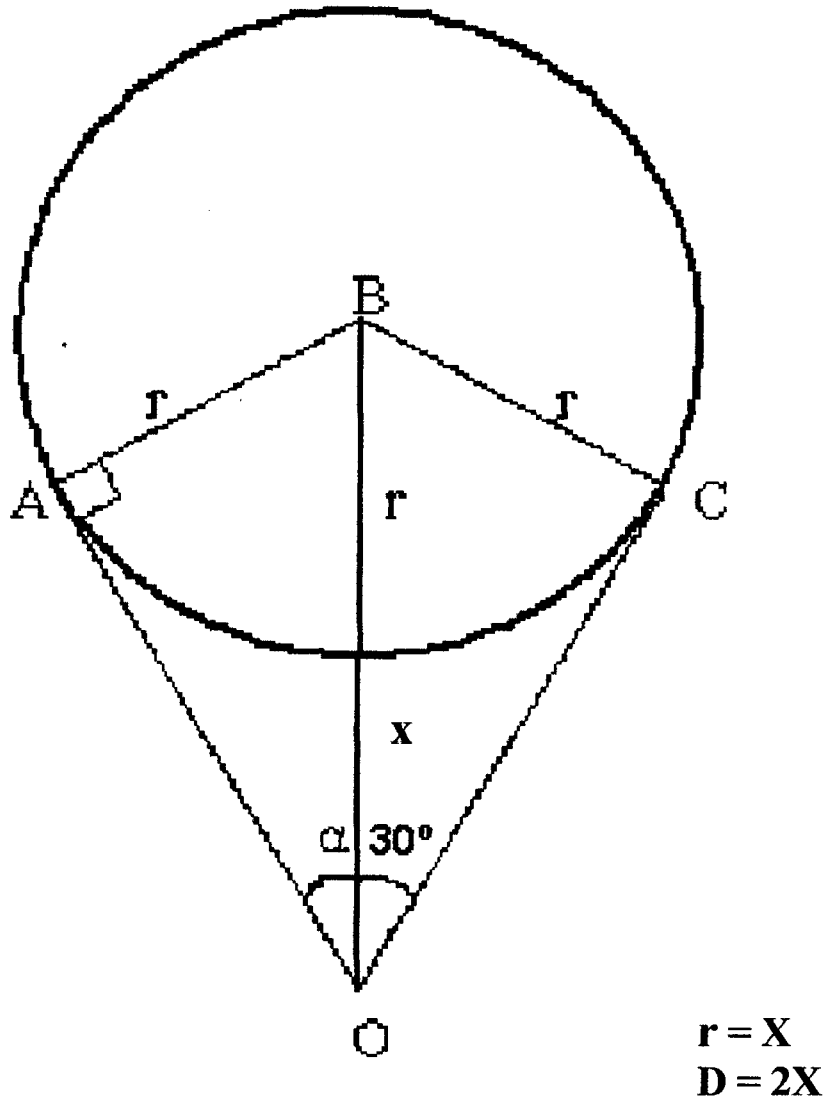


Figura 2: Determinación del diámetro en función al seno de 30°

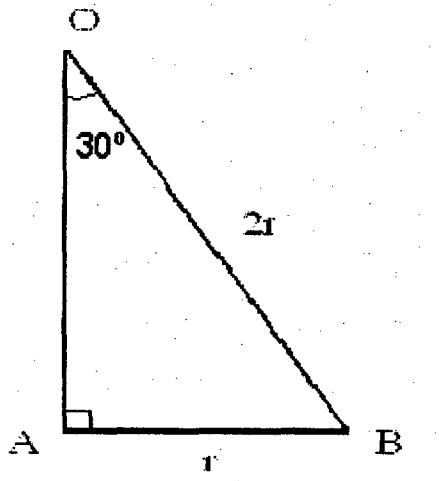


Figura 3: Determinación de la longitud brazo

Por Pitágoras:

$X^2 = (2r)^2 - r^2$

$X^2 = 4r^2 - r^2$

$X = \sqrt{3r^2}$

$X = r\sqrt{3}$..... Por lo tanto: si $r = 90$ cm. ➡ $X = 90\sqrt{3}$

X = 155.9 cm.

3.2. Diseño y construcción

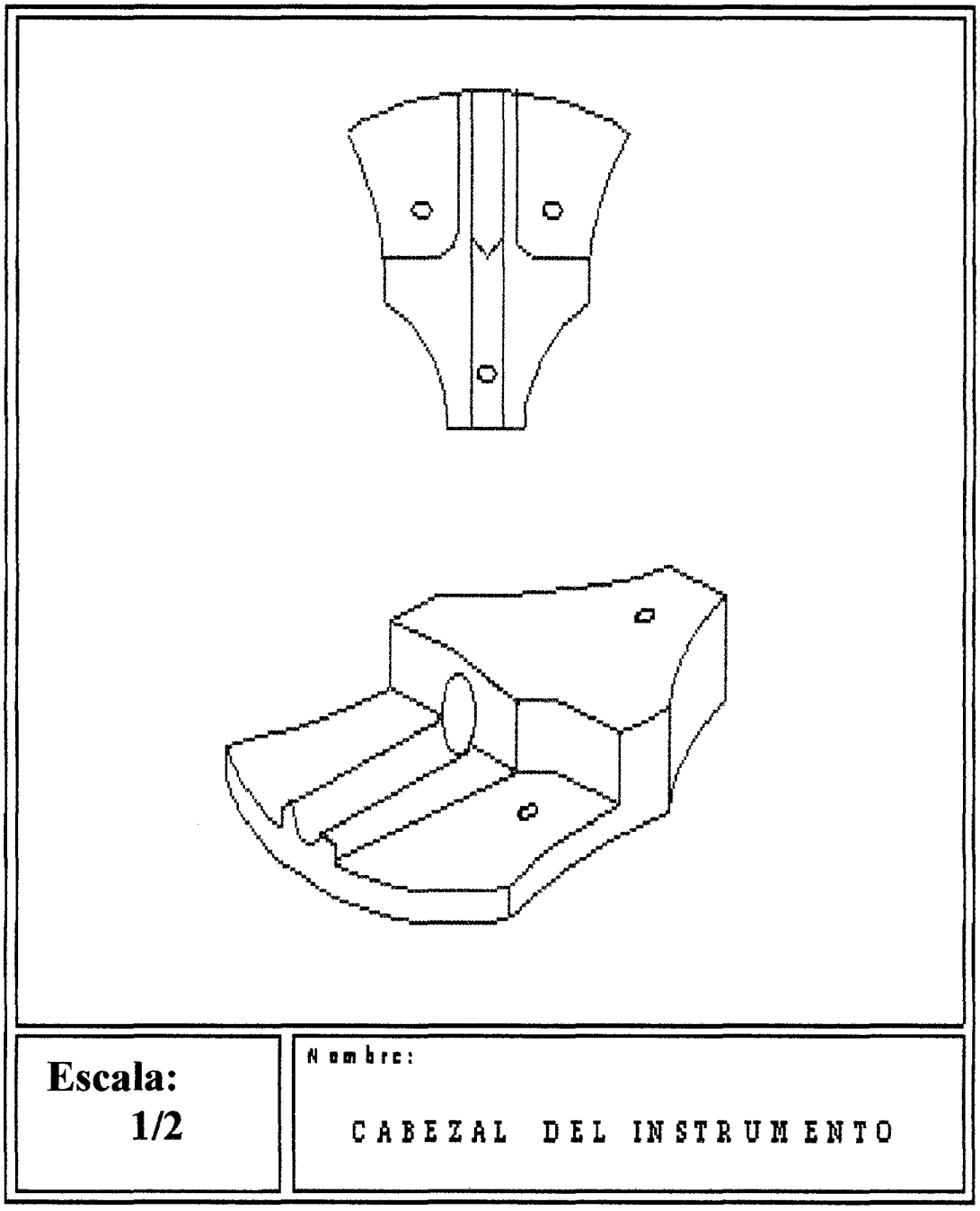


Figura 4: Diseño del cabezal del nuevo instrumento

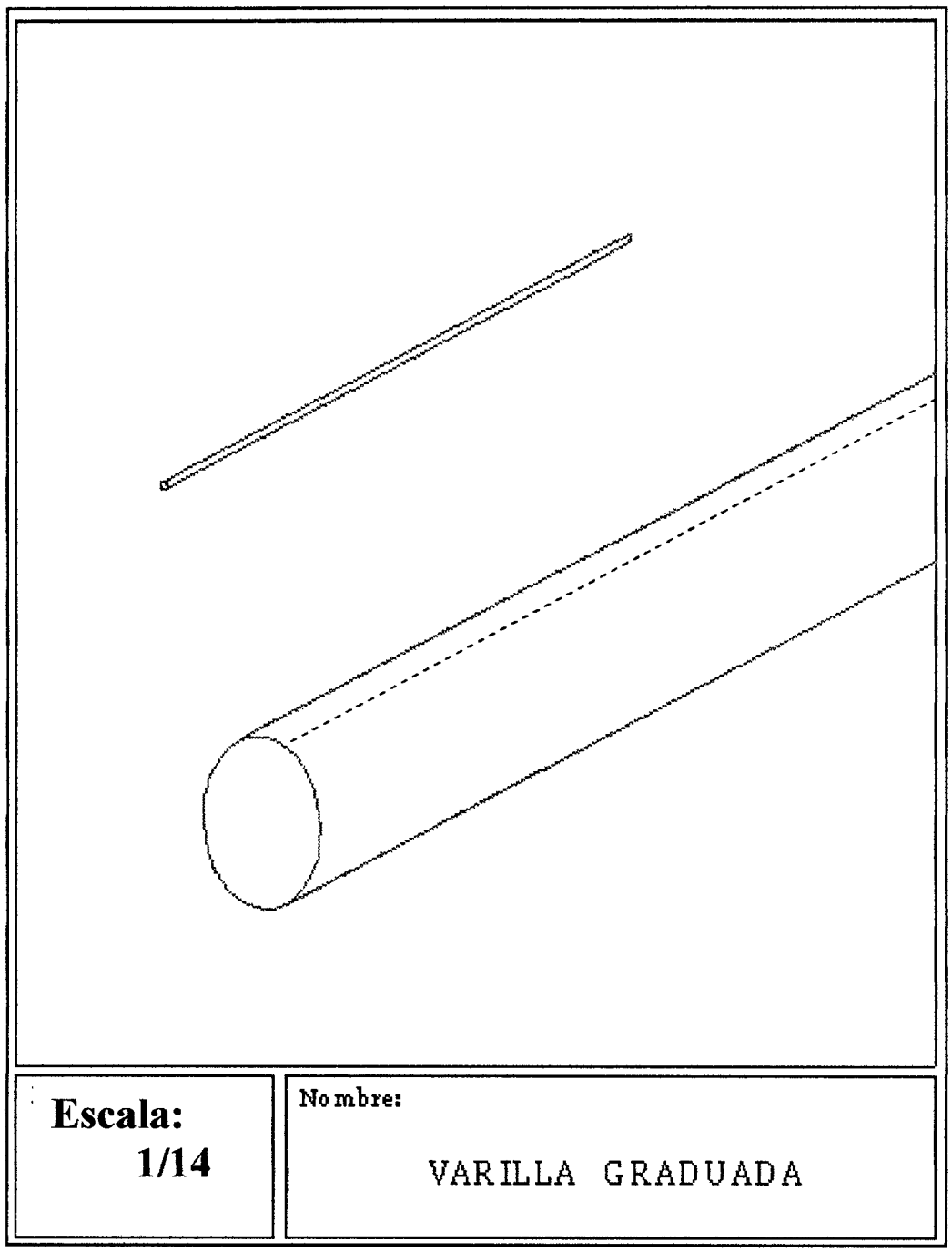


Figura 5: Esquema de la varilla graduada de la nueva regla

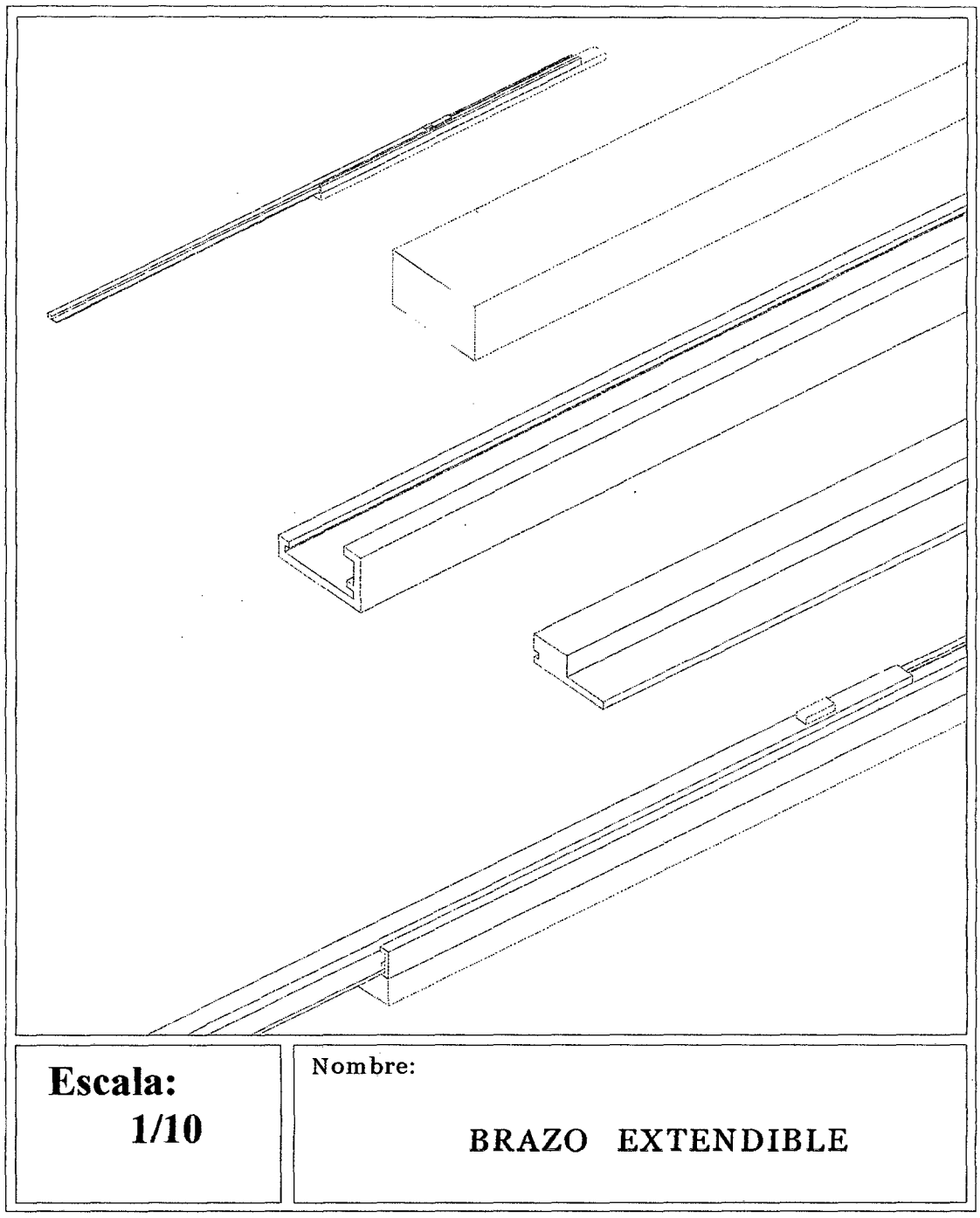


Figura 6: Esquema del brazo extensible de la nueva regla

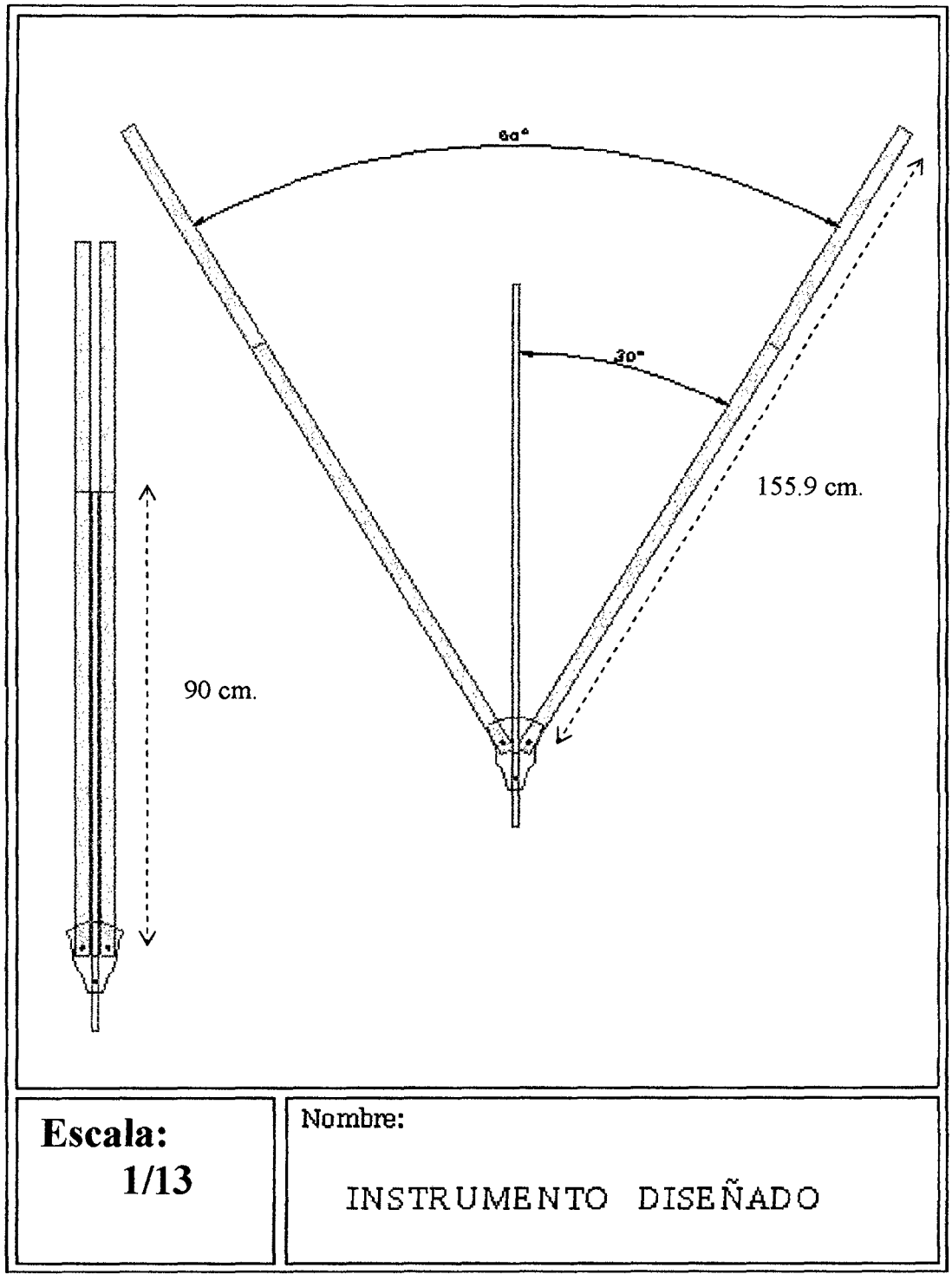


Figura 7: Diseño del nuevo instrumento

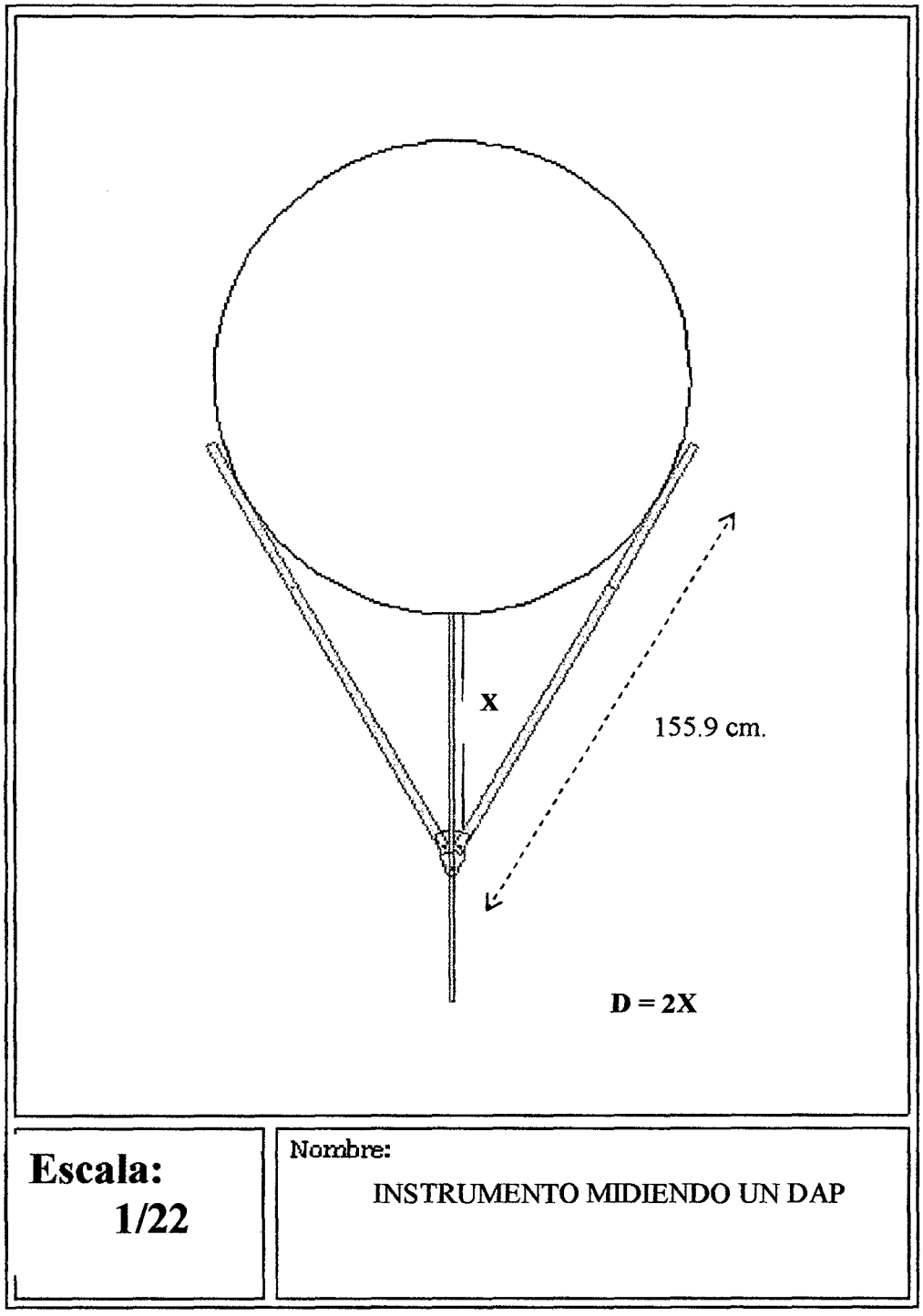


Figura 8: Medición del diámetro con el nuevo instrumento, vista en plano de arriba hacia abajo

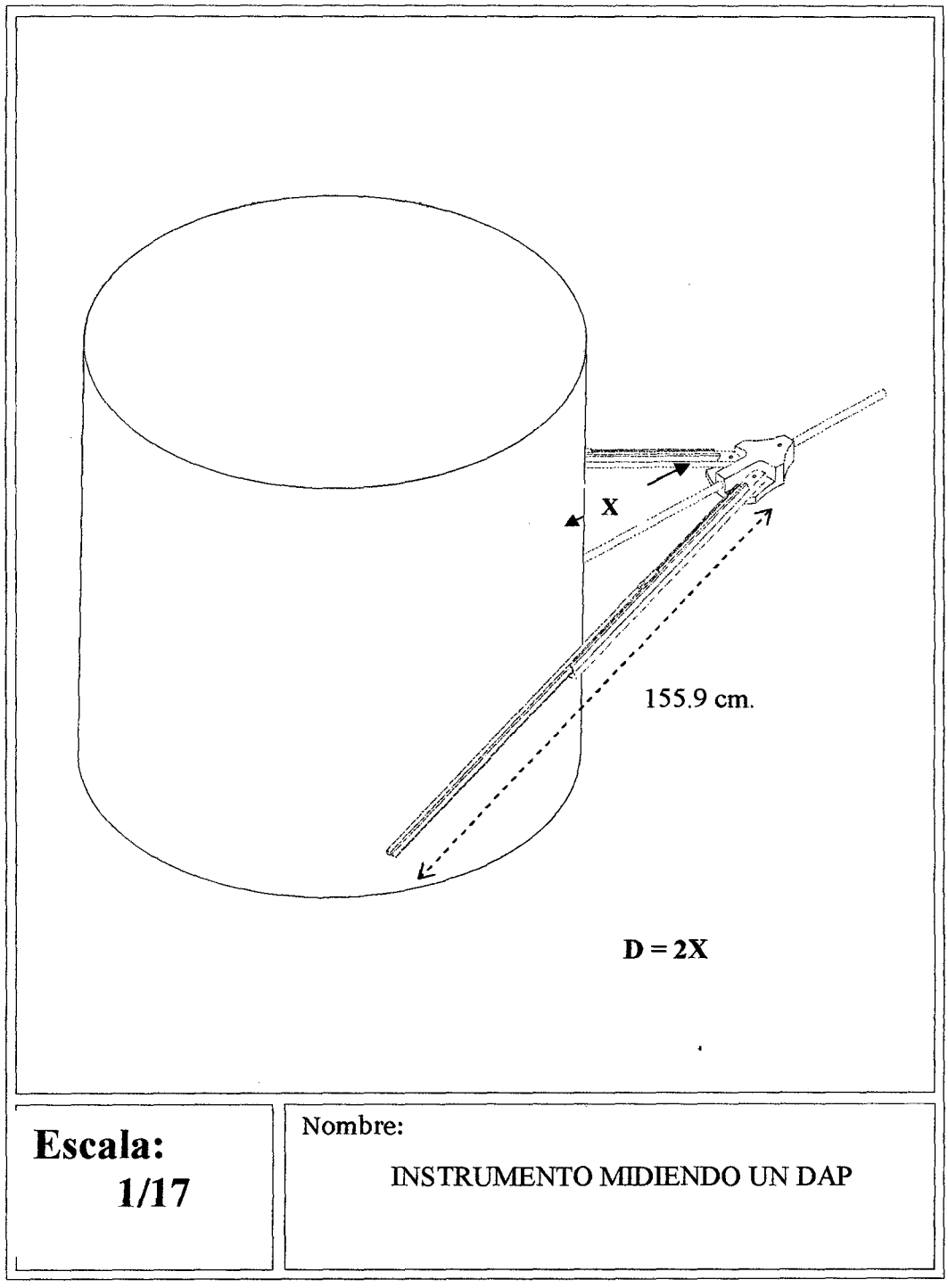


Figura 9: Medición del diámetro con el nuevo instrumento, vista en tres dimensiones.

La regla está construida de madera y aluminio, mide 1.60 m y consta de tres partes (figuras 2, 3 y 4): el cabezal, la varilla graduada y el brazo extensible. Tiene un ángulo de abertura máximo de 60°, fácil de transportar porque los brazos extensibles se cierran formándose como una simple varilla. El diámetro máximo que se puede medir con esta regla es de 1.80 m. y el mínimo 10 cm., con un error de 7.7%

Las ventajas de la regla es que una persona puede medir hasta 1.80 m, en cambio la cinta métrica para esta dimensiones hay que emplear hasta dos personas y la forcípula tiene un límite de 1.2 m; es versátil en su transporte por el bosque; es de fácil lectura en la varilla graduada para medir las dimensiones del diámetro, así se tiene que la relación de la varilla graduada y el diámetro es:

Cuadro 1: Relación de la varilla graduada con el diámetro del árbol en escala de 1:2

X (Varilla graduada – cm)	**Diámetro (cm)**
5	10
6	12
7	14
8	16
.	.
.	.
.	.
89	178
90	180

Las desventajas de esta regla es que no puede medir mas 1.80 m de diámetro, y para medir árboles con aletas que están por encima de la altura del pecho

3.3. Validación de la nueva regla

Cuadro 1: Promedio (cm), desviación estándar (cm) y coeficiente de variación (%) de las mediciones de diámetros de árboles normales en pie con tres tipos de reglas

PARAMETROS	FORCIPULA	CINTA METRICA	NUEVA REGLA
PROMEDIO	46,75 cm.	46,88 cm.	46,80 cm.
DESV. EST.	22,12 cm.	21,97 cm.	22,42 cm.
COEF. VAR.(%)	47,30 cm.	46,90 cm.	47,90 cm.

Cuadro 2: Comparación de medias (T Student para datos pareados) de la nueva regla versus la forcípula y la cinta métrica.

	FORCIPULA			CINTA METRICA		
	Tobs.	T tab	Significancia	Tobs.	T tab	Significancia
NUEVA REGLA	0,417	1,976	N.S.	0,727	1,976	N.S.

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Fundamento matemático de la nueva regla.

4.1.1. Cálculo del ángulo fijo de la regla

Partiendo de la **figura 2**, donde se observa la medición del diámetro del fuste de un árbol con un **ángulo α** desconocido, que es la incógnita en la construcción de la regla, se forman dos triángulos rectángulos AOB y COB con los brazos de la regla y el radio del fuste. Separando el triángulo rectángulo AOB con un ángulo α desconocido **(figura 3)** y cuyos lados son OB = hipotenusa = 2r, lado AB = cateto = r, por tanto el otro cateto OA = $r\sqrt{3}$ (por Pitágoras).

De la relación de los lados de este triángulo rectángulo, se establece que:
Sen α = r/2r = 0.5
Por lo tanto: α = 30°

Como se busca la abertura de los dos brazos, entonces el ángulo 2α = 60°, que es la abertura máxima de la regla.

4.1.2. Cálculo de la longitud del brazo extensible

De las **figuras 2 y 3**, se observa que los catetos AO y CO son brazos de la regla cuyo valor es $r\sqrt{3}$ y la hipotenusa OB = diámetro del fuste = 2r.
Si se quiere medir un diámetro de 180 cm, entonces r = 90 cm. y $r\sqrt{3}$ = 155.9 cm = brazo de la regla

4.2. Diseño y construcción de la nueva regla.

En la **figura 4** se observa el diseño del cabezal de la nueva regla, donde se ve el cabezal en dos dimensiones y en tres dimensiones. Esta figura muestra el **orificio** por donde se desliza la varilla graduada, y las **canaladuras del**

brazo, en donde se ensamblan los brazos del nuevo instrumento. Estas canaladuras (izquierdo y derecho), permiten que los brazos se abran hasta un ángulo de 30° cada una, sumando en total 60° que es la abertura total de la regla.

En la **figura 5**, se observa el esquema de la **varilla graduada** de la nueva regla. Esta varilla graduada mide 90 cm de longitud desde el vértice del ángulo de la regla hasta el extremo que topa con la corteza del fuste del árbol. La graduación de esta varilla tiene una escala de 1/2, que consiste en lo siguiente: por cada centímetro que la varilla penetra está midiendo 2 cm de diámetro del fuste. Siendo la longitud total de la varilla 90 cm, la regla está en condiciones de medir un diámetro máximo de 180 cm.

En la **figura 6** se aprecia el esquema del **brazo extensible** de la nueva regla, que consiste en una vara de madera de la especie caoba, en la cual va adherido una vara de aluminio con canaladura. A ésta se inserta otra vara de aluminio, el cual es la que se extiende para medir diámetro de mayor tamaño. El brazo fijo desde el vértice del ángulo hasta el extremo mide 94.6 cm, y el brazo extensible es de 61.3 cm. Con el brazo no extendido se puede medir hasta 109.3 cm. de diámetro, mientras que con la extensión del brazo hasta 180 cm. de diámetro.

En la **figura 7** se ve el diseño del nuevo instrumento con sus partes acopladas. Cuando los brazos están cerrados es una vara fija que permite al operador de la regla desplazarse por el monte con gran facilidad. Cuando los brazos extensibles están abiertos se asemejan a una horqueta. Los brazos se abren para medir el diámetro del árbol hasta 60° como máximo, y si el diámetro es grande se extienden los brazos para que éstas abrasen al diámetro. El brazo extendido tiene una longitud de 156 cm.

En la **figura 8 y figura 9** se muestran en una vista de dos dimensiones y tres dimensiones respectivamente la medición del diámetro con la nueva regla. Estas figuras demuestran que tan fácil y sencillo es medir con este nuevo instrumento.

4.3. Validación de la nueva regla en función a la forcípula y la cinta métrica

En el **cuadro 1** se observa promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las mediciones de los diámetros de árboles normales en pie con los tres tipos de reglas. De acuerdo a este cuadro el promedio obtenido al medir con la forcípula es de 46.75 cm, con un coeficiente de variación de 47.3%; con la cinta métrica, 46.88 cm, con un coeficiente de variación de 46.9% y al medir con la nueva regla se obtuvo un promedio de 46.80 cm. con un coeficiente de variación de 47.90%.

De acuerdo a los coeficientes de variación de las tres reglas, se ve que este parámetro son elevados, esto quiere decir que existe alta variabilidad de los diámetros medidos, el cual hace que la medición que se hizo fue representativo, ya que se hizo en las diferentes clases diamétricas, tal como se observa en los **anexos 1 y 2**.

En el **cuadro 2** se observa la comparación de medias respectivamente (T Student para datos pareados) de la nueva regla versus la forcípula y la cinta métrica. De acuerdo a este cuadro no existe diferencia estadística entre los promedios de la nueva regla con la forcípula y la cinta métrica, ya que la T_c es menor que la $T_{0.05}$. Esto demuestra que la nueva regla construida tiene la misma confiabilidad que estas dos reglas. Además, la virtud de esta regla es su fácil manejo, fácil lectura y muy versátil para ser transportado por el bosque.

La ventaja de este nuevo instrumento con respecto a la forcípula es que puede medir diámetros más grandes (hasta 180 cm) y es mucho más ligero,

además la forcípula tiene el inconveniente de ser incómodo y el brazo móvil se atasca, por acción de la suciedad, resina y por la humedad, tal como afirman **Villanueva y Jiménez (1982)**; y con respecto a la cinta métrica, es que para medir diámetros grandes con la nueva regla lo puede hacer una sola persona, mientras que con la cinta métrica se necesita dos personas, con la posibilidad de cometer errores, si no se toma la debida precaución y además la medición con este instrumento es más lenta, tal como afirman **Bruce y Schumacher (1965).**

Para evitar posibles errores al medir el diámetro de árboles en pie, es necesario tener en cuenta las consideraciones hechas por **Cailliez (1980)** sobre el diámetro de los árboles en diversos tipos terrenos, árboles con raíces aéreas, aletones y árboles bifurcados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La nueva regla se fundamenta en el radio de la troza y la función Seno del ángulo formado por el radio el diámetro de la troza, que en este caso viene a ser 30º.

2. El principio de la nueva regla está dado por la escala de 1:2 entre la varilla graduada de la regla y el diámetro del árbol, ya que cada centímetro de la varilla graduada equivale a 2 cm de diámetro del árbol.

3. La validación de la nueva regla se basa en el hecho de que no existe diferencia estadística significativa de la nueva regla con la forcípula y la cinta métrica. Además el error de medición de la misma es de 7.7%.

4. La nueva regla tiene un diseño sencillo, sin muchas piezas y partes que pueden confundir al operador ó a cualquier otra persona interesada en el instrumento.

5. Al no tener muchas piezas y partes, el instrumento es fácil en su manejo y muy versátil cuando es transportado por el bosque en trabajos de inventario forestal.

6. Los brazos extensibles permiten medir diámetros de 10 a 180 cm de longitud, ya que éstos pueden alargarse o achicarse, según el tamaño del diámetro.

7. Al ser el ángulo fijo 60º, permite la medición del diámetro con mayor exactitud.

8. Con la aplicación de la nueva regla en la medición de diámetros, se ahorra tiempo con respecto a la forcípula y cinta métrica, ya que su maniobralidad es muy fácil.

5.2. RECOMENDACIONES.

Teniendo en cuenta los resultados y las conclusiones se recomienda:

1. Difundir en las instituciones públicas y privadas ligadas al sector forestal las bondades de este nuevo instrumento para su aplicación en inventarios forestales, en investigación y enseñanza.

2. Medir el diámetro del árbol en dirección perpendicular al eje del fuste para minimizar el error de medición.

BIBLIOGRAFÍA

BALDOR, J. 1967. Geometría plana y del espacio y trigonometría. Cultural Peruana S.A. Lima, Perú. 634 p.

BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. 1965. Medición forestal. Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D). México. 474 p.

CAILLIEZ, F. 1980. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 1. Estimación del volumen. FAO. Roma. 91 p.

CORDOVA, N; LIMACHE, A y SALVADOR , I. 1998. Plan de Desarrollo del Centro de Investigación y Capacitación forestal Macuya. Universidad nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Forestales. Pucallpa, Perú. 19 p.

GOMEZ, R.; WILLS, D.; GUARIN, H.; Y LONDOÑO, N. 1978. Matemática moderna estructurada. Vol. 1. Editorial Norma. Bogotá, Colombia. 352 p.

HUSH, B.; MILLER, C.; y BEERS, T. 1982. Forest mensuration. Jhon Willey & Sons. Inc. New Cork. U.S.A. 314 p.

LIZANO, C. 1955. Teoría, construcción y usos de la Regla Biltmore. IICA Proyecto 39. Programa de Cooperación Técnica de la Habana, Cuba, conjuntamente con FAO. Costa Rica. 4 p.

MALLEUX, J. y MONTENEGRO, E. 1971. Manual De dasometría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 216 p.

MALLEAUX, J. 1975. Mapa Forestal del Perú (Memoria Explicativa).UNALM, Departamento de manejo Forestal, Lima. 162 Pp.

MINISTERE DE LA COOPERATION. 1978. Memento du forestier. Repúblique Francaise. 2ª édition. 894 p.

MORENO H, D. 2001. Diseño, construcción y análisis comparativo de un instrumento para medir el diámetro normal de árboles en pie. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú.

ONERN. 1976. Mapa Ecológico del Perú, Guía Explicativa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima, Perú. 146 P.

ONERN. 1983. Inventario y Evaluación Semidetallada en los Recursos Naturales de la Zona de Río Pachitea, Lima, Perú. 119 P.

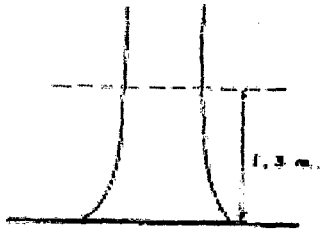
PARDE, J. 1961. Dendrométrie. Editions de L´ecole Nationale des Eaux et Forets. Nancy. France. 350 p.

VARGAS, B. 1965. Análisis comparativo del diámetro normal con cinta diamétrica y forcípula para obtener el área basal. Tesis Ing. Forestal. U.N.C.P. 50 p.

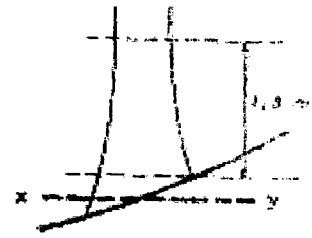
VILLANUEVA, G. y JIMÉNEZ, A. 1982. Dasometría. Programa Académico de Ingeniería forestal. Universidad nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 92 p.

ANEXOS

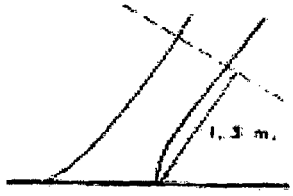
Anexo 1: Casos prácticos en la medición del diámetro normal de los árboles en pie



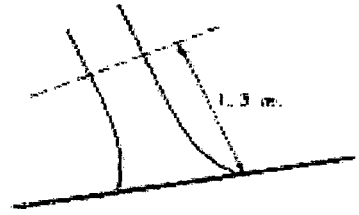
a)



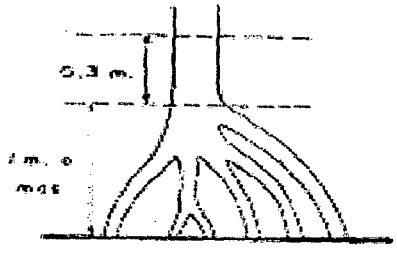
b)



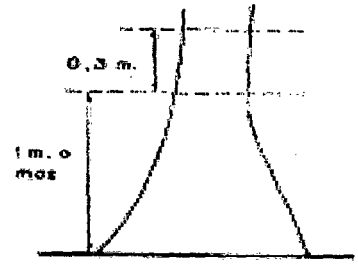
c)



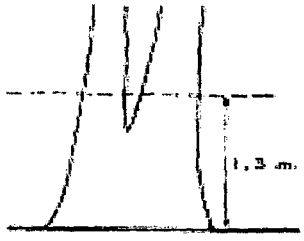
d)



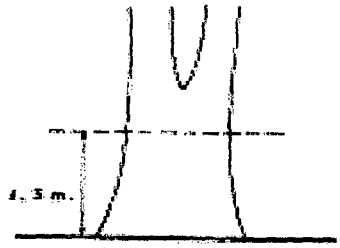
e)



f)

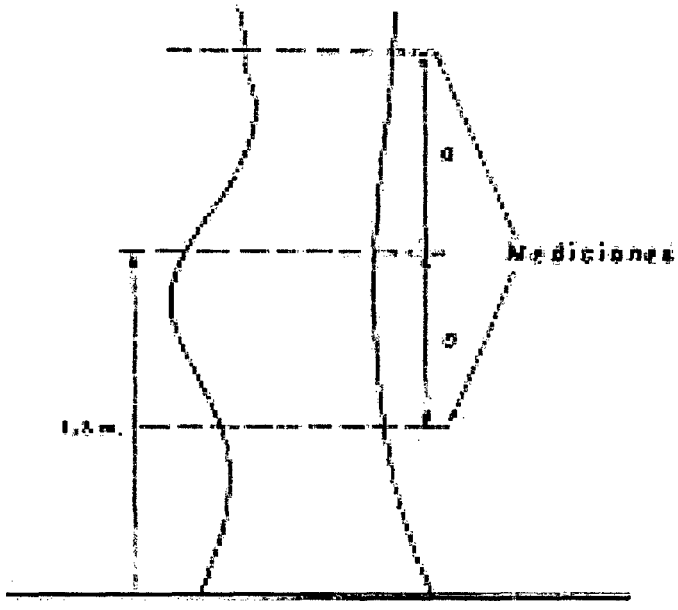


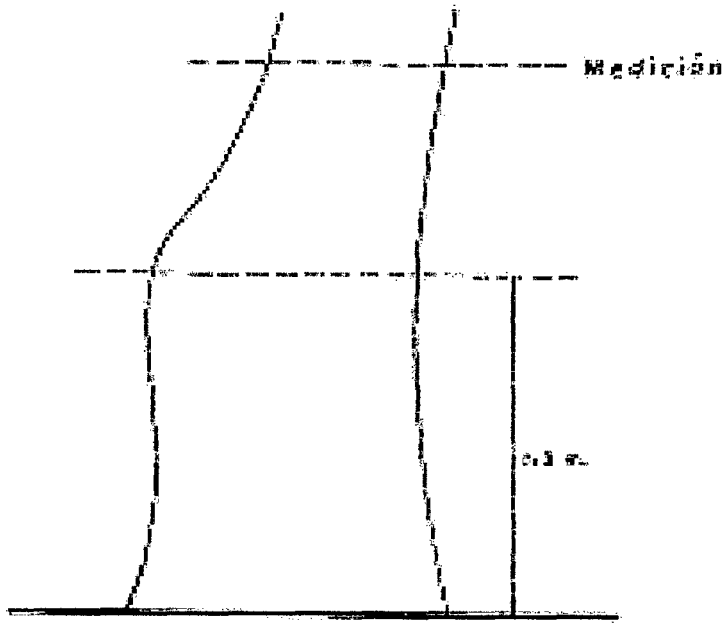
g)



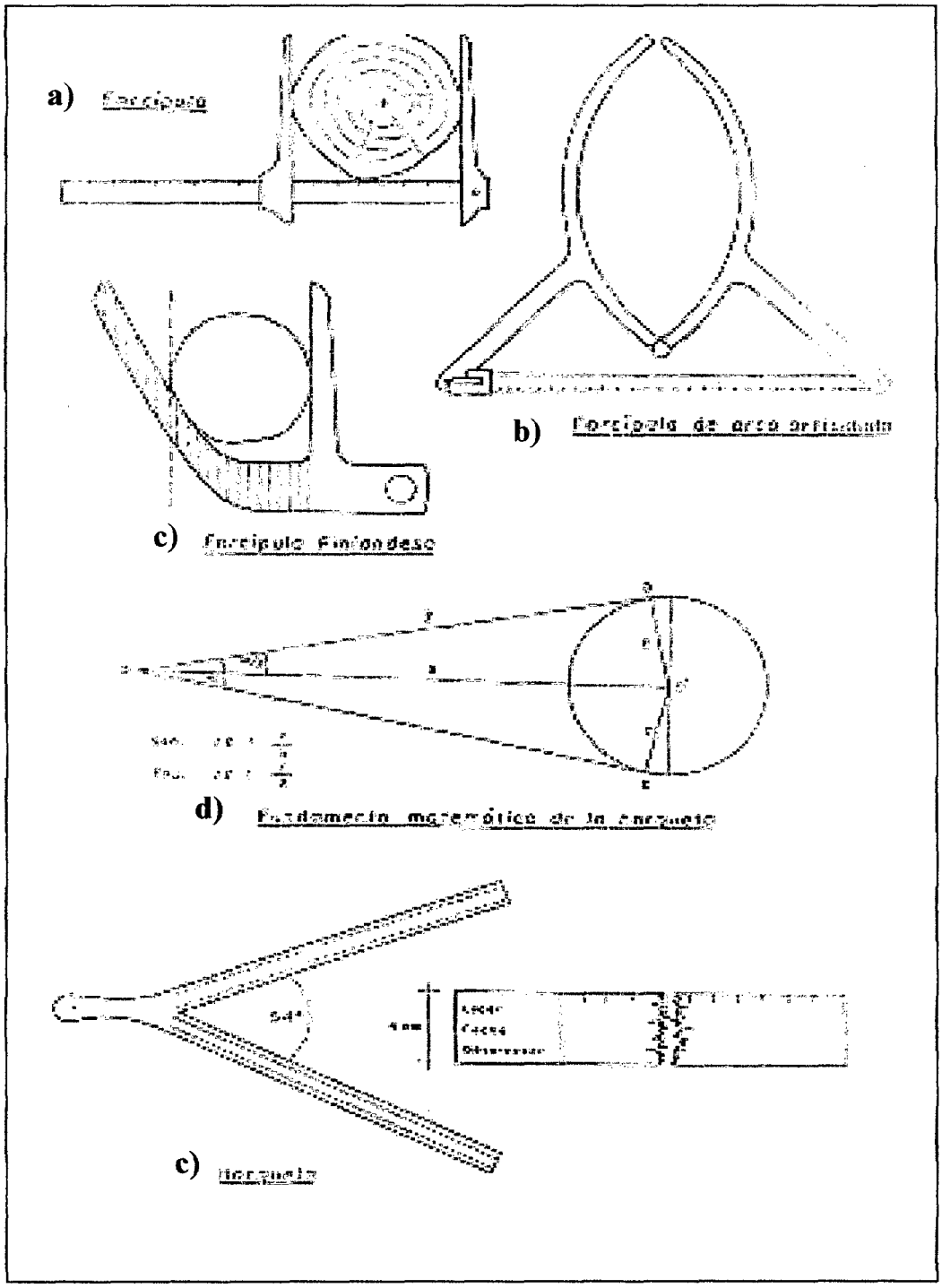
h)

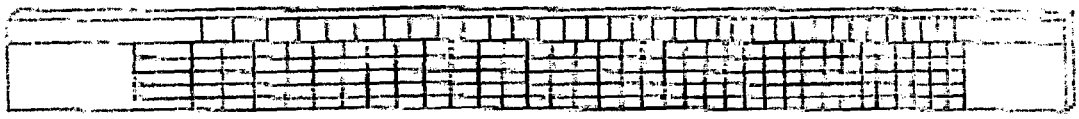
Anexo 2: Medición en árboles con anomalías, abultamientos, deformaciones

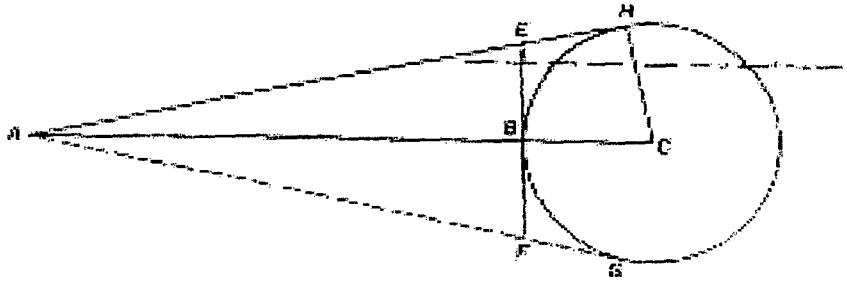




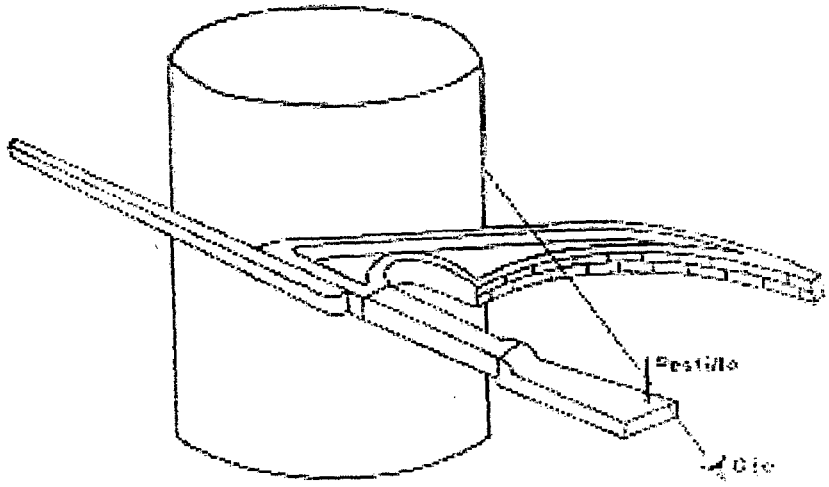
Anexo 3: Instrumentos de medición de uso más generalizado



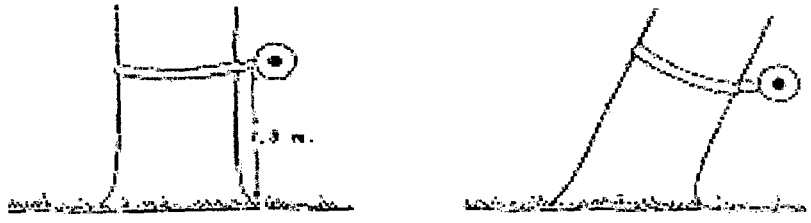




f) Regla Biltmore y base geométrica

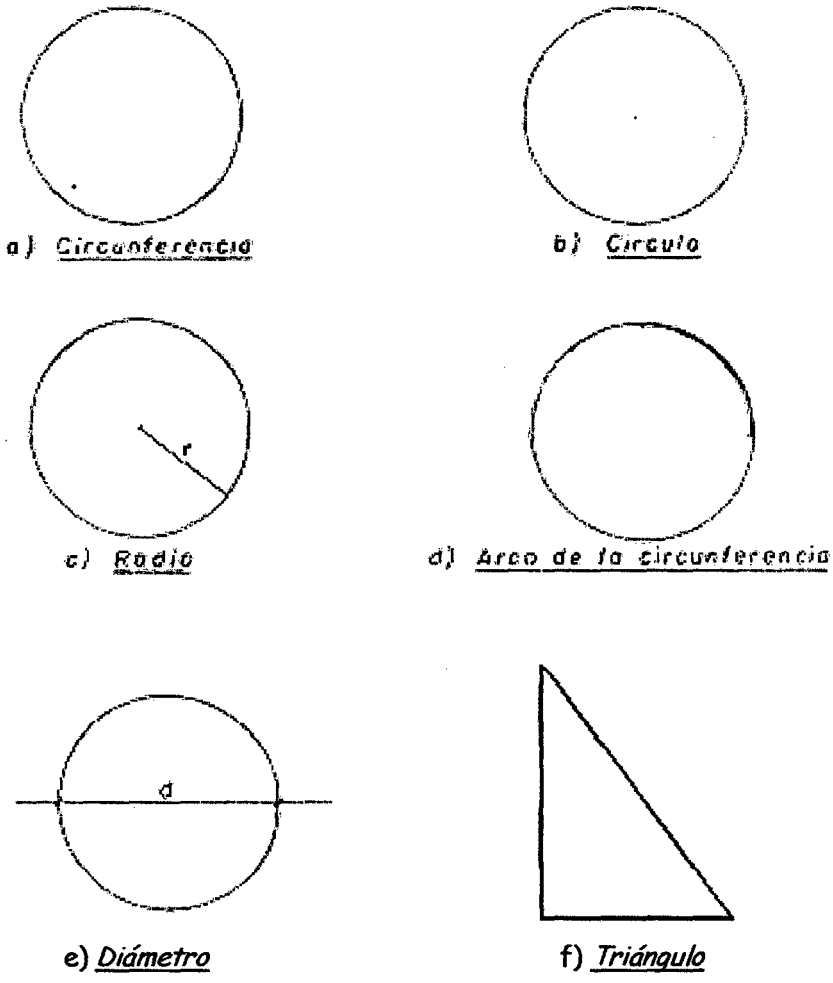


g) Bitterlich's Sector Fork



h) Cinta Diamétrica y su correcto uso

Anexo 4: Elementos geométricos que se utilizan en el diseño del instrumento



Anexo 5: Medidas de diámetros con cinta métrica y la nueva regla y su diferencia

Nº árb.	Especie	Cinta met. Diám. (cm)	Nueva regla Diám. (cm)	Diferencia (cm)
1	Palo sangre negro	101,5	103	-1,5
2	Caucho masha	45,4	46,5	-1,1
3	Yacushapana amarilla	49,3	48	1,3
4	Motelo micuna	18,1	17,5	0,6
5	Incira	48,7	49	-0,3
6	Tushmo blanco	30,9	32	-1,1
7	Cedro colorado	36,6	35,5	1,1
8	Machimango negro	46,8	45,5	1,3
9	Huayruro colarado	21,6	21	0,6
10	Quillobordón amarillo	60,5	61	-0,5
11	Lupuna colarada	80,9	82	-1,1
12	Palo sangre negro	53,5	55	-1,5
13	Tahuarí amarillo	60,5	62	-1,5
14	María buena	38,2	37	1,2
15	Lupuna blanca	114,6	116	-1,4
16	Pashaco negro	42,0	41	1,0
17	Copaíba blanca	104,7	104	0,7
18	Goma huayo pashaco	82,4	84	-1,6
19	Hualaja amarillo	54,7	56	-1,3
20	Peine de mono	54,4	56	-1,6
21	Carahuasca negra	47,6	47	0,6
22	Catahua amarilla	38,2	37	1,2
23	Almendra	50,3	52	-1,7
24	Ubos	64,0	66	-2,0
25	Palo asufre	51,2	50	1,2
26	Pashaco blanco	60,8	62	-1,2
27	Copaíba blanca	40,1	43	-2,9
28	Quinilla roja	100,9	103	-2,1
29	Huarmi caspi	30,2	28	2,2
30	Piñaquiro colorado	51,9	52,5	-0,6
31	Machimango blanco	36,9	38	-1,1
32	Uchumullaca	32,8	32	0,8
33	Punga negra	103,5	105	-1,5
34	Chimicua	31,5	34	-2,5
35	Requia colorada	26,7	25	1,7
36	Ochabajo	30,9	29	1,9
37	Copaíba blanca	93,6	95	-1,4
38	Paujil ruro	38,5	40	-1,5
39	Huimba negra	85,6	87	-1,4
40	Espintana blanca	37,2	36	1,2
41	Espintana negra	29,9	28,5	1,4
42	Tahuarí amarillo	31,2	30	1,2
43	Tanque	29,9	28,5	1,4
44	Apacharama colorada	39,5	39	0,5
45	María buena	27,4	27	0,4
46	Machimango	75,8	78	-2,2

47	Cumala negra	63,3	62,5	0,8
48	Ochabajo	43,9	45	-1,1
49	Motelo micuna	43,3	45	-1,7
50	Yutubanco	25,9	25	0,9
51	Estoraque	33,7	35	-1,3
52	Pisho	29,3	29	0,3
53	Quillobordón colorado	27,7	29	-1,3
54	Añuje pumaceba	33,1	33	0,1
55	Quinilla blanca	44,2	43,5	0,7
56	Huimba negra	35,3	34	1,3
57	Tamamuri	20,4	22	-1,6
58	Ycushapana amarilla	57,3	59	-1,7
59	Estoraque	52,5	54	-1,5
60	Piñaquiro	34,1	33	1,1
61	Huacamayo	34,1	33	1,1
62	Alfaro lagarto	109,2	108	1,2
63	Cedro ubos	36,9	39	-2,1
64	Estoraque	62,1	62	0,1
65	Copaíba	111,4	110	1,4
66	Palometa huayo	40,4	39	1,4
67	Yutubanco	28,6	27,5	1,1
68	Marco huayo	43,9	43	0,9
69	Shihuahuaco	34,1	34	0,1
70	Uchumullaca	24,5	23,5	1,0
71	Tamamuri amarillo	32,8	32	0,8
72	Amasisa flor roja	46,2	48	-1,8
73	Mashonaste blanco	29,3	29	0,3
74	Capirona	92,6	95	-2,4
75	Huimba blanca	120,6	122	-1,4
76	Mashonaste amarillo	43,3	42	1,3
77	Cumala negra	30,6	32	-1,4
78	Copaíba negra	114,3	113	1,3
79	Chimicua	42,3	43	-0,7
80	Carahusaca blanca	27,4	26	1,4
81	Copal	25,1	24	1,1
82	Paujil ruro	33,1	32	1,1
83	Apacharama	25,1	26	-0,9
84	Zapote	30,6	29,5	1,1
85	Punga colarada	21,3	20	1,3
86	Huamansamana	43,9	42	1,9
87	Hualaja	30,6	29,5	1,1
88	Lupuna	61,8	63	-1,2
89	Apacharama	45,8	44	1,8
90	Chimicua	40,1	39	1,1
91	Ucshaquiro	55,4	57	-1,6
92	Quina quina	51,2	50	1,2
93	Anacaspi	40,4	40	0,4
94	Palo sangre blanco	28,3	30	-1,7
95	Requia blanca	27,7	26	1,7

96	Amasisa flor roja	56,0	57	-1,0
97	Quinilla colorado	84,4	86	-1,6
98	Tahuarí amarillo	43,6	42	1,6
99	Punga negra	38,2	37	1,2
100	Goma huayo pashaco	51,2	53	-1,8
101	Palo ceniza	56,3	55	1,3
102	Yacushapana negra	62,4	63	-0,6
103	Capirona	39,2	41	-1,8
104	Palometa huayo	26,7	26	0,7
105	Zapote	37,9	39	-1,1
106	Espintana negra	28,3	27	1,3
107	Chimicua	25,1	24	1,1
108	Palo sangre blanco	43,9	45	-1,1
109	Mashonaste amarilo	53,8	53	0,8
110	Uchumullaca negra	35,7	34	1,7
111	Huarmi caspi	69,7	71	-1,3
112	Caoba	40,4	42	-1,6
113	Ubos	47,7	49	-1,3
114	Chontaquiro	37,9	36,5	1,4
115	Tahuarí amarillo	52,5	51	1,5
116	Pashaco	39,5	38	1,5
117	Amasisa	52,2	54	-1,8
118	Sacha anonilla	26,4	25	1,4
119	María buena	49,3	48	1,3
120	Moena blanca	37,2	37	0,2
121	Cumala colorada	34,7	33,5	1,2
122	Quillobordón amarillo	36,3	38	-1,7
123	Pichirina colorado	19,1	20	-0,9
124	Peine de mono	56,7	55	1,7
125	Caucho masha	22,9	22	0,9
126	Hualaja amarillo	43,6	42	1,6
127	Ucshaquiro	27,7	29	-1,3
128	Palo sangre blanco	74,5	76	-1,5
129	Caucho masha	43,9	43	0,9
130	Piñaquiro	35,3	37	-1,7
131	Aceite caspi	77,0	76	1,0
132	Requia colorada	35,0	34	1,0
133		37,9	36,5	1,4
134	Tanque negro	24,2	23	1,2
135	Machín zapote	64,9	66	-1,1
136	Remo caspi	74,5	73	1,5
137	Copal	25,8	24	1,8
138	Machimango blanco	44,6	46	-1,4
139	Caimitillo	43,6	45	-1,4
140	Tushmo	32,8	31	1,8
141	Apacharama colorada	31,2	30	1,2
142	Manchinga	61,8	60	1,8
143	Tamamuri	45,8	45	0,8
144		28,0	27	1,0

145	Quina quina	39,2	38	1,2
146	Yacushapana negra	49,3	48	1,3
147	Tushmo rojo	30,2	29	1,2
148	Moena blanca	46,8	48	-1,2
149	Chontaquiro	40,7	39	1,7
150		27,7	26	1,7
TOTAL		**7032,2**	**7020**	**12,2**
PROMEDIO		**46,88**	**46,80**	**0,08**
DESV. EST.		**21,97**	**22,42**	**1,36**
Sx				**0,11**
Tc		**0,727**		
T0,05		**1,976**		

Anexo 6: Medidas de diámetros con la forcípula y la nueva regla y su diferencia

Nº árb.	Especie	Forcipula Diám. (cm)	Nueva regla Diám. (cm)	Diferencia (cm)
1	Palo sangre negro	102	103	-1,0
2	Caucho masha	45	46,5	-1,5
3	Yacushapana amarilla	50	48	2,0
4	Motelo micuna	19	17,5	1,5
5	Incira	47	49	-2,0
6	Tushmo blanco	31	32	-1,0
7	Cedro colorado	36	35,5	0,5
8	Machimango negro	48	45,5	2,5
9	Huayruro colarado	21	21	0,0
10	Quillobordón amarillo	61	61	0,0
11	Lupuna colarada	80	82	-2,0
12	Palo sangre negro	53	55	-2,0
13	Tahuarí amarillo	60	62	-2,0
14	María buena	38	37	1,0
15	Lupuna blanca	115	116	-1,0
16	Pashaco negro	43	41	2,0
17	Copaíba blanca	105	104	1,0
18	Goma huayo pashaco	83	84	-1,0
19	Hualaja amarillo	56	56	0,0
20	Peine de mono	55	56	-1,0
21	Carahuasca negra	48	47	1,0
22	Catahua amarilla	37	37	0,0
23	Almendra	49	52	-3,0
24	Ubos	63	66	-3,0
25	Palo asufre	52	50	2,0
26	Pashaco blanco	62	62	0,0
27	Copaíba blanca	41	43	-2,0
28	Quinilla roja	102	103	-1,0
29	Huarmi caspi	29	28	1,0

28	Quinilla roja	102	103	-1,0
29	Huarmi caspi	29	28	1,0
30	Piñaquiro colorado	51	52,5	-1,5
31	Machimango blanco	36	38	-2,0
32	Uchumullaca	34	32	2,0
33	Punga negra	104	105	-1,0
34	Chimicua	30	34	-4,0
35	Requia colorada	26	25	1,0
36	Ochabajo	30	29	1,0
37	Copaíba blanca	95	95	0,0
38	Paujil ruro	37	40	-3,0
39	Huimba negra	86	87	-1,0
40	Espintana blanca	36	36	0,0
41	Espintana negra	31	28,5	2,5
42	Tahuarí amarillo	30	30	0,0
43	Tanque	29	28,5	0,5
44	Apacharama colorada	39	39	0,0
45	María buena	28	27	1,0
46	Machimango	75	78	-3,0
47	Cumala negra	64	62,5	1,5
48	Ochabajo	43	45	-2,0
49	Motelo micuna	44	45	-1,0
50	Yutubanco	25	25	0,0
51	Estoraque	33	35	-2,0
52	Pisho	30	29	1,0
53	Quillobordón colorado	27	29	-2,0
54	Añuje pumaceba	34	33	1,0
55	Quinilla blanca	43	43,5	-0,5
56	Huimba negra	34	34	0,0
57	Tamamuri	20	22	-2,0
58	Ycushapana amarilla	58	59	-1,0
59	Estoraque	53	54	-1,0
60	Piñaquiro	33	33	0,0
61	Huacamayo	33	33	0,0
62	Alfaro lagarto	108	108	0,0
63	Cedro ubos	36	39	-3,0
64	Estoraque	63	62	1,0
65	Copaíba	112	110	2,0
66	Palometa huayo	39	39	0,0
67	Yutubanco	30	27,5	2,5
68	Marco huayo	43	43	0,0
69	Shihuahuaco	33	34	-1,0
70	Uchumullaca	25	23,5	1,5
71	Tamamuri amarillo	32	32	0,0
72	Amasisa flor roja	45	48	-3,0
73	Mashonaste blanco	29	29	0,0
74	Capirona	93	95	-2,0
75	Huimba blanca	122	122	0,0
76	Mashonaste amarillo	42	42	0,0

77	Cumala negra	31	32	-1,0
78	Copaíba negra	113	113	0,0
79	Chimicua	43	43	0,0
80	Carahusaca blanca	28	26	2,0
81	Copal	24	24	0,0
82	Paujil ruro	34	32	2,0
83	Apacharama	25	26	-1,0
84	Zapote	30	29,5	0,5
85	Punga colarada	20	20	0,0
86	Huamansamana	43	42	1,0
87	Hualaja	32	29,5	2,5
88	Lupuna	63	63	0,0
89	Apacharama	45	44	1,0
90	Chimicua	41	39	2,0
91	Ucshaquiro	54	57	-3,0
92	Quina quina	52	50	2,0
93	Anacaspi	40	40	0,0
94	Palo sangre blanco	27	30	-3,0
95	Requia blanca	29	26	3,0
96	Amasisa flor roja	55	57	-2,0
97	Quinilla colorado	85	86	-1,0
98	Tahuarí amarillo	43	42	1,0
99	Punga negra	38	37	1,0
100	Goma huayo pashaco	52	53	-1,0
101	Palo ceniza	55	55	0,0
102	Yacushapana negra	63	63	0,0
103	Capirona	38	41	-3,0
104	Palometa huayo	28	26	2,0
105	Zapote	37	39	-2,0
106	Espintana negra	27	27	0,0
107	Chimicua	26	24	2,0
108	Palo sangre blanco	44	45	-1,0
109	Mashonaste amarilo	53	53	0,0
110	Uchumullaca negra	37	34	3,0
111	Huarmi caspi	69	71	-2,0
112	Caoba	42	42	0,0
113	Ubos	48	49	-1,0
114	Chontaquiro	37	36,5	0,5
115	Tahuarí amarillo	52	51	1,0
116	Pashaco	40	38	2,0
117	Amasisa	53	54	-1,0
118	Sacha anonilla	27	25	2,0
119	María buena	48	48	0,0
120	Moena blanca	36	37	-1,0
121	Cumala colorada	34	33,5	0,5
122	Quillobordón amarillo	36	38	-2,0
123	Pichirina colorado	19	20	-1,0
124	Peine de mono	56	55	1,0
125	Caucho masha	22	22	0,0

126	Hualaja amarillo	44	42	2,0
127	Ucshaquiro	29	29	0,0
128	Palo sangre blanco	74	76	-2,0
129	Caucho masha	45	43	2,0
130	Piñaquiro	36	37	-1,0
131	Aceite caspi	76	76	0,0
132	Requia colorada	36	34	2,0
133		37	36,5	0,5
134	Tanque negro	23	23	0,0
135	Machín zapote	66	66	0,0
136	Remo caspi	74	73	1,0
137	Copal	25	24	1,0
138	Machimango blanco	44	46	-2,0
139	Caimitillo	44	45	-1,0
140	Tushmo	32	31	1,0
141	Apacharama colorada	32	30	2,0
142	Manchinga	61	60	1,0
143	Tamamuri	45	45	0,0
144		27	27	0,0
145	Quina quina	40	38	2,0
146	Yacushapana negra	50	48	2,0
147	Tushmo rojo	29	29	0,0
148	Moena blanca	47	48	-1,0
149	Chontaquiro	42	39	3,0
150		27	26	1,0
TOTAL		**7013,0**	**7020**	**-7,0**
PROMEDIO		**46,75**	**46,80**	**-0,05**
DESV. EST.		**22,12**	**22,42**	**1,53**
Sx				**0,12**
Tc		**0,417**		
T0,05		**1,976**		

516

