

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES



DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS A TRES ALTURAS
DEL FUSTE DE HUAMANZAMANA (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.)
PROCEDENTE DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de:

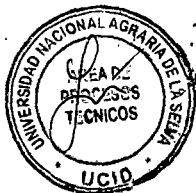
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES

ANALY AGUIRRE RUIZ

PROMOCIÓN 2007 - II

Tingo María - Perú

2009



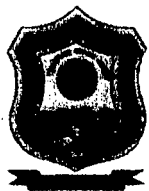
K10
A31
Aguirre Ruiz, Analy

Determinación de las Propiedades Físicas a tres Alturas del Fuste de Huamanzamana (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) Procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María. Tingo María, 2009

82 h.; 35 cuadros; 8 fgrs.; 18 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

**1. JACARANDA COPAIA 2. PROPIEDADES FISICA - MADERA 3. CONTENIDO
- HUMEDAD 4. CAMBIO DIMENSIONAL 5. BRUNAS 6. PERU.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de diciembre de 2009, a horas 07:20 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS A TRES ALTURAS DEL FUSTE DE HUAMANZAMANA (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) PROCEDENTE DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **ANALY AGUIRRE RUÍZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "BUENO".

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 14 de diciembre de 2009


Ing. M.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
Presidente


Ing. WARREN RIOS GARCÍA
Vocal


Ing. RAUL ARAUJO TORRES
Vocal



AUSENTE
Ing. M.Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
Asesor

DEDICATORIA

Dedicado con mucho cariño a mi madre Margarita Ruiz Pérez, a mis hermanas: Marilyn, Yeselly, Darly, Leydi y a mi compañero de sentimientos Giancarlo Silva Tello, por el constante amor y apoyo que me han dado durante esta etapa de mi vida y por su inagotable esfuerzo en querer hacer de mí una persona mejor.

A mis tíos Zadith Ruiz, Sara Ruiz Y Miguel Rivera, por su apoyo todos estos años por su infinito amor, comprensión y por ayudarme a que este momento llegara. Gracias

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por darme la vida, mi familia y por las personas que puso en mi camino.

Mi querida madre y hermanas, por su confianza y su apoyo en mis años de estudios.

Al Ing. M.Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

A los técnicos Mario Sosa y Leyden Fuch, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución de campo del presente trabajo de investigación.

A mis amigos Giancarlo Silva, Julio Cesar Del Castillo, Alan García, Koyli Sandoval y Yeselly Aguirre, que me acompañaron y ayudaron durante el presente trabajo de investigación, por su buen humor, apoyo y compañía desinteresado.

Finalmente a todas las personas que se cruzaron en este camino y que me dieron palabras de aliento y apoyo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales de la madera.....	3
2.2. Generalidades de las propiedades físicas de la madera.....	4
2.2.1. Contenido de humedad.....	4
2.2.2. Densidad.....	11
2.2.2.1. Densidad saturada	14
2.2.2.2. Densidad básica.....	14
2.2.2.3. Densidad anhidra.....	17
2.2.3. Contracción de la madera.....	18
2.3. Variación de las propiedades físicas.....	24
2.4. Influencia en la madera de los factores internos y externos.....	26
2.5. Factores que inciden en el secado.....	27
2.5.1. Factores de la madera.....	27
2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica.....	27
2.5.1.2. La higroscopicidad.....	28
2.5.1.3. La anisotropía.....	28
2.5.1.4. Espesor de la pieza.....	29

2.5.1.5. Patrón de aserrado.....	29
2.5.2. Factores del clima.....	29
2.6. Características generales de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	30
2.6.1. Descripción dendrológica.....	30
2.6.2. Descripción taxonómica de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	31
2.6.3. Observaciones para el reconocimiento.....	32
2.6.4. Distribución y hábitad.....	32
2.6.5. Fenología, polinización y dispersión.....	33
2.6.6. Características de la madera.....	33
2.6.7. Características tecnológicas.....	34
2.6.8. Recomendaciones técnicas.....	34
2.6.9. Usos.....	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. Lugar de ejecución.....	36
3.2. Materiales y equipos.....	37
3.2.1. Material biológico.....	37
3.2.2. Material de campo.....	37
3.2.3. Material de laboratorio.....	37
3.2.4. Material de gabinete.....	37
3.3. Metodología.....	37
3.3.1. Fase de campo.....	38

3.3.1.1. Selección de la zona de muestreo.....	38
3.3.1.2. Selección de los árboles.....	38
3.3.1.3. Talado, trozado y aserrío primario.....	39
3.3.1.4. Transporte.....	40
3.3.2. Fase post campo.....	40
3.3.2.1. Preparación de las probetas.....	40
3.3.3. Fase de laboratorio.....	41
3.3.3.1. Método de determinación del contenido de humedad....	41
3.3.3.2. Método de determinación de densidad.....	42
3.3.3.3. Método de determinación de contracción.....	44
3.3.4. Análisis estadístico.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Determinación de las propiedades físicas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.)	
D. Don.....	48
4.2. Determinación del contenido de humedad.....	51
4.3. Determinación de la densidad.....	54
4.3.1. Densidad saturada.....	54
4.3.2. Densidad básica.....	55
4.3.3. Densidad anhidra.....	56
4.4. Determinación de la contracción.....	61
4.4.1. Contracción tangencial.....	61
4.4.2. Contracción radial.....	62

4.4.3. Contracción longitudinal.....	63
4.4.4. Contracción volumétrica.....	67
4.4.5. Relación T/R.....	70
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. ABSTRACT.....	76
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
IX. ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de la madera al 12% de contenido de humedad.....	14
2. Clasificación de la madera según la densidad básica.....	17
3. Clasificación de la contracción volumétrica.....	19
4. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).....	23
5. Ubicación geográfica de Tingo María.....	36
6. Factores estudiados en el presente trabajo.....	47
7. Valores promedio de Propiedades físicas por altura y orientación norte y sur de los 5 árboles de la <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	49
8. Prueba de Duncan para las alturas respecto al contenido de humedad.....	52
9. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto al contenido de humedad.....	53
10. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad saturada....	54
11. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad saturada.....	55
12. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad básica.....	56
13. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad básica.....	56
14. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad anhidra.....	57

15. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad anhidra.....	58
16. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción tangencial.....	61
17. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción tangencial.....	62
18. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción radial.....	62
19. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción radial.....	63
20. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción longitudinal.....	64
21. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción longitudinal.....	64
22. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción volumétrica.....	67
23. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción volumétrica.....	69
24. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la relación T/R.....	70
25. Prueba de Duncan para la interacción respecto a la contracción relación T/R.....	71
26. Análisis de variancia para el contenido de humedad.....	81

27. Análisis de variancia para la densidad saturada.....	81
28. Análisis de variancia para la densidad básica.....	82
29. Análisis de variancia para la densidad anhidra.....	82
30. Análisis de variancia para la contracción tangencial.....	83
31. Análisis de variancia para la contracción radial.....	83
32. Análisis de variancia para la contracción longitudinal.....	84
33. Análisis de variancia para la contracción volumétrica.....	84
34. Análisis de variancia para la relación T/R.....	85
35. Medidas de la <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Niveles de altura considerados para el estudio.....	39
2. Relación de contenido de humedad - densidad.....	50
3. Relación de densidad básica – contracción.....	51
4. Alturas con respecto al contenido de humedad.....	52
5. Densidad promedio de las alturas de densidad saturada, básica y anhidra de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	59
6. Cambio dimensional promedio de contracción tangencial, radial y longitudinal de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	65
7. Contracción volumétrica promedio respecto a las alturas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	68
8. Relación T/R promedio respecto a las alturas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	71

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Unidad Académica de Maquinaria y Aprovechamiento de la Madera y Laboratorio de Anatomía de la Madera; con el propósito de determinar las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

La disposición experimental adoptada fue el de diseño en bloques completamente al azar con cinco bloques y tres tratamientos. Luego se realizó el trozado de los árboles obteniéndose un tablón central de 60cm de largo con un espesor de 5 cm, de la base, medio y ápice del fuste. Del tablón central obtuvimos las viguetas para luego tener probetas con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm por cada troza respetando su dirección y orientación, cada probeta fue codificada cuidadosamente con un plumón indeleble, para luego ser llevados al laboratorio.

Se evaluó el contenido de humedad, densidad y contracción para los cuales se tomaron los siguientes datos: se pesaron las probetas para tener el peso húmedo, el volumen húmedo se determinó en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua destilada sin tocar el fondo del recipiente, inmediatamente después se midieron los puntos centrales de las caras, las dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales. Luego se lo llevó a la estufa por 7 días para obtener el peso seco al horno, asimismo,

una vez sacadas de la estufa las probetas se parafina para determinar el volumen seco al horno, en forma indirecta en agua destilada y se midieron los puntos centrales de las caras, las dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales.

Se llegó a la conclusión que: contenido de humedad 96.54%, densidad saturada de 0.60 g/cm^3 , densidad básica de 0.31 g/cm^3 , densidad anhidra 0.35 g/cm^3 , contracción tangencial 8.22%, contracción radial 4.8%, contracción longitudinal 0.40%, contracción volumétrica 15.44% y la relación T/R 1.71. Asimismo la densidad básica, como las demás propiedades resaltaron más en orientación sur, solo el contenido de humedad resaltó en la orientación norte.

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de una especie maderera como materia prima de cualquier proceso industrial, depende entre otros factores de las propiedades físicas de la madera. Como la madera es un material poroso y heterogéneo en su estructura y que presenta un comportamiento anisotrópico e higroscópico, sus propiedades físicas son también variables. El conocimiento de las propiedades físicas básicas de la madera tales como contenido de humedad, densidad y cambios dimensionales, permite procesarla bien y mejor utilización de la madera como material. (ANANÍAS, 1992)

En nuestro país, específicamente en la región Amazónica, los trabajos de investigación sobre las propiedades físicas de la madera son muy generales, razón por la cual es necesario estudiarla, debido a que esta información es muy importante dentro de la industria forestal, para facilitar la labor en el proceso de transformación y poder dar un uso adecuado.

Por esta razón, es necesario resaltar la importancia de esta investigación por lo que servirá de base para los diferentes trabajos que se realicen en la industria maderera, puesto que proporcionará abundante información sobre las propiedades físicas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Desde este punto de vista se plantea la siguiente interrogante ¿los tratamientos como las alturas del fuste a cada 6 metros (base, medio y ápice) tendrán el mismo efecto en las propiedades físicas de la huamanzamana?, planteando para ello la siguiente hipótesis: existe o no existe diferencia entre los tratamientos para las propiedades físicas de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Por esta razón que se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar las propiedades físicas de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.
- Determinar la variabilidad del contenido de humedad a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.
- Determinar la variabilidad de la densidad saturada, densidad básica y densidad anhidra (DS, DB, DA) a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.
- Determinar la contracción (cambio dimensional) a tres alturas del fuste en la orientación norte y sur.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales de la madera

La madera es un material higroscópico, anisotrópico y biológico de origen vegetal (POMACHAGUA, 1993). Asimismo la madera es un material vegetal biodegradable y combustible, de elevada resistencia en relación con su peso, características que lo hacen categóricamente diferente a los otros materiales de construcción conocidos (SOLANO, 1998).

Anatómicamente está constituida por unidades fundamentales llamadas células la mayoría, son alargadas y ahusadas, formadas por una pared celular y un hueco o lumen celular, unidos entre sí por una sustancia intercelular llamada lamina media y comunicadas entre ellas por perforaciones y punteaduras.

Observando la estructura anatómica de las maderas, a escala universal se han agrupado en dos clases generales, comúnmente llamadas: maderas blancas o coníferas, constituidas por células parenquimatosas en el sentido transversal y traqueadas en el sentido longitudinal y maderas duras o latifoliadas que tienen una composición celular mas compleja, formada por

fibras, vasos y parénquima tanto longitudinal como transversal (SOLANO, 1998).

Las especies frondosas tienen una estructura más complicada, el volumen principal de las especies foliáceas lo componen los vasos, las fibras y células parenquimáticas (GRIGORIEV, 1985).

2.2. Generalidades de las propiedades físicas de la madera

Se llaman propiedades físicas de la madera, las propiedades que pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra, sometida al ensayo, y cambiar su composición química, es decir, que puedan definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado (GRIGORIEV, 1985).

Además DELGADO (1981) afirma que la variación de las propiedades físicas y mecánicas en un árbol es de igual amplitud que la variación de las propiedades física y mecánicas entre diferentes árboles de la misma especie en un sitio determinado, los cual esta variación deben tomarse muy en cuenta en la planificación de los ensayos. Por lo cual nos centraremos en las propiedades físicas de la madera más importantes y principales:

2.2.1. Contenido de humedad

Según SOLANO (1998), PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003) menciona que la humedad en la madera está constituida por el agua que se encuentra dentro de la madera en cualquier momento dado. Si el árbol está

recién talado su madera contiene el máximo contenido de agua, dependiendo de la época del año, la región de procedencia, la especie forestal, y de la parte del tronco de que se trata. Las maderas livianas contienen mayor cantidad de agua que las pesadas, la albura siempre presenta un contenido de humedad mayor que el duramen. La albura puede aumentar más del 100% de su peso en agua. Incluso llegar a un 400% en aquellas maderas muy livianas. Podemos afirmar entonces que la relación agua total/materia seca leñosa, es muy variable en una pieza de madera, ya que esta sujeta a influencia de varios factores entre ellos, la estructura celular y el peso específico. Existe una gran diferencia entre la cantidad de agua contenida en el árbol vivo y la que debe poseer la madera para su correcto puesta en servicio. Por esta razón se hace completamente necesario la eliminación del agua sobrante antes de proceder a la fabricación de los productos finales: mobiliario, estructuras, pisos, elementos de carpintería, etc.

Contrariamente a lo que podría pensarse, el contenido de humedad no se expresa como porcentaje del peso total sino del peso absoluto seco de la madera. Madera se considera absolutamente seca (0% de humedad), si al secarla en un horno especial a 100 °C – 105 °C, su peso queda constante. Por tal razón, el contenido de humedad de la madera se define como la diferencia entre el peso húmedo y el peso absolutamente seco. Multiplicado por 100, se obtiene la humedad de la madera expresada en porcentaje. Hay que tomar en cuenta, que el contenido de humedad de la madera se relaciona para sus propiedades físicas y mecánicas siempre con el peso seco al horno. Debido a

esta definición algunas maderas pueden alcanzar un contenido de humedad hasta 250% y más (SCHREWE, 1983 y MINISTERIO DE AGRICULTUA, 1988).

PÉREZ (1983) y CUEVAS (2003) mencionan que la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. Cuando el contenido de humedad es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El contenido de humedad influye en la capacidad mecánica, es decir a menor contenido de humedad bajo el punto de saturación de las fibras (PSF, que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28 – 30% de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el contenido de humedad no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

GRIGORIEV (1985) manifiesta que el contenido de humedad es la relación entre la masa del agua que se encuentra en el volumen dado de la madera, y la masa de la madera absolutamente seca, expresada en %. El contenido de agua en el tronco de árbol creciente varía según la altura y el radio del tronco, así como dependencia de la temporada del año, en las especies frondosas el cambio de la humedad según el diámetro es más

regular. Según la altura del tronco la humedad de la albura en las especies frondosas no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. La máxima cantidad de agua se contiene en la temporada de invierno (noviembre-febrero) y la mínima, en los meses de verano (julio-agosto). El contenido de humedad en los troncos varía durante el día: por la mañana y por la tarde y por la tarde la humedad de los árboles es más alta que durante el día.

ARÓSTEGUI (1982) manifiesta que el contenido de humedad tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera está constituida por elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. La madera verde o húmeda presenta máximo contenido de humedad o sea que contiene el agua libre, higroscópica y de constitución. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas, siendo mayor la resistencia mecánica, cuando mas seca la madera, así mismo cuando

disminuye el contenido de humedad, se produce la contracción de la madera. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta solo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra.

Según HERMINIO (2003) el agua en la madera es uno de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera tensiones de tracción. Esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es reaserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes. Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

El agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación:

Agua libre o capilar: es la que se encuentra ocupando el las cavidades celulares (lumen) de los elementos vasculares, limitada por el volumen del poro, dándole a la madera la condición de verde. Al iniciarse el secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo, la madera se encontrará en lo que se denomina Punto de Saturación de las Fibras (PSF), que como promedio para todas las especies se suele considerar el 30%, la madera no experimenta cambios dimensionales ni alteraciones en las propiedades mecánicas aunque el peso disminuya (POMACHAGUA, 1993; SCHREWE, 1983; SOLANO, 1998 y TECNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

Agua higroscópica o de saturación: Una vez que la madera ha llegado al Punto de Saturación de las Fibras. El agua que se encuentra embebida en las paredes celulares forma el agua higroscópica o de saturación. Durante el secado esta agua se pierde lentamente debido a que los enlaces moleculares del agua con la madera son muy fuertes por lo que necesita mayor energía para extraerlas. Durante esta fase del secado es cuando la madera experimenta cambios dimensionales (contracción), que se origina por la

evaporación o absorción del agua higroscópica (POMACHAGUA, 1993; SCHREWE, 1983; SOLANO, 1998 y TECNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

El equilibrio higroscópico es el estado de equilibrio de la madera con el medio ambiente que lo rodea. Se localiza en el rango de 12% y 18% (POMACHAGUA, 1993).

Agua de constitución: es el agua que se encuentra formando parte de la materia celular y su eliminación implicaría la destrucción de la madera por combustión (POMACHAGUA, 1993; SOLANO, 1998 y TECNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación es debida a que el agua se sitúa dentro de la pared celular entre los elementos que la componen (fibrillas elementales, microfibrillas, entre otras) separándolos o acercándolos, según aumente o disminuya su cantidad. Por encima del punto de saturación de las fibras, el agua que se añade a la madera lo hace en forma de agua libre situándose en el interior de los lúmenes celulares, causa por la cual no se produce hinchazón ni merma. Dado el carácter anisótropo de la madera, el comportamiento es distinto según la dirección elegida, de manera que las variaciones dimensionales no serán las mismas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial (RODRIGUEZ y VILLASANTE, 1998).

2.2.2. Densidad

Es la propiedad que mejor identifica la posibilidad de una madera, ya que su conocimiento permite estimar su dureza, porosidad, comportamiento a los esfuerzos mecánicos y probables condiciones de trabajabilidad. El peso de la madera, además de la importancia intrínseca que tiene, es generalmente un verdadero indicador de su solidez. Una pieza pesada de madera es generalmente más fuerte que una pieza liviana, con el mismo contenido de humedad, ya sea de la misma o diferentes especies. Por ser la madera un material celular poroso, el conocimiento de la cantidad de sustancia sólida que forman las paredes es de gran importancia, por cuanto constituye un buen indicador de sus propiedades mecánicas, características de trabajabilidad, comportamiento durante el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas (TECNOLOGÍA DE LA MADERA, 2005).

La amplia variación de las densidades se debe a la porosidad de la madera. La madera en estado anhidro (CH= 0%) se compone de material sólido (material que forman las paredes celulares) y del aire que contiene las cavidades celulares junto con otras sustancias como proteínas, minerales, resinas, gomas, etc. que se encuentran en pequeñas cantidades (MINISTRERIO DE AGRICULTURA, 1988).

GRIGORIEV (1985) manifiesta que con el aumento de la humedad aumenta la densidad de la madera. Por ejemplo, la densidad de la madera haya con una humedad de 12% constituye 670 Kg/m^3 y con una humedad de

25%, 710 Kg/m^3 . La densidad de la madera tardía es 2 - 3 veces mayor que la de primavera, por lo que cuanto más desarrollada es la madera tardía, tanto mayor es su densidad. Entre la densidad y la resistencia mecánica de la madera existe una relación estrecha. La madera más pesada como regla es más resistente. La densidad determina por la cantidad de sustancias de madera en la unidad de volumen. La madera de especies frondosas tiene una densidad desigual; la parte de primavera de la capa anual es porosa, la de otoño es más densa.

Una madera con elevada densidad, grano entrecruzado, textura gruesa, contenido de sílice y muy seca, presentará mayores dificultades en el maquinado que otra de baja densidad, con grano derecho, textura fina, sin contenido cristalino y medianamente húmedo. En todos los casos la madera se asierra con mayor facilidad al estado verde, por lo que se recomienda utilizarla en esta condición para la transformación primaria. Las condiciones de trabajabilidad no pueden ser valorados en términos numéricos, pero es posible dar una idea bastante aproximada sobre esas cualidades, en las maderas consideradas (CUEVAS, 2003).

La densidad de la madera se define como la relación entre su masa y su volumen, y es necesario referirla a un determinado contenido de humedad, generalmente el 12%. La densidad de las maderas es muy variables, de forma particular las coníferas más utilizadas en la construcción tienen una densidad comprendida entre 400 y 550 kg/m^3 y las frondosas entre 600 y 700 kg/m^3 .

Según su densidad se pueden clasificar en: muy ligera, ligera, semipesada, pesada, muy pesada. De la densidad depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones, así como la posibilidad de utilización que ofrece (CUEVAS, 2003).

Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes. El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera. Por ello, se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad básica (ANANÍAS, 1992).

Además la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera satisfactoriamente. Se emplea también como elemento de juicio para estimar la cantidad de material leñoso de una especie. Se puede usar como estimador de la facilidad con que se deja trabajar la madera (cortar, cepillar, moldurar, etc.) (ANANÍAS, 1992).

Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad (ANANÍAS, 1992).

Cuadro 1. Clasificación de la madera al 12% de contenido de humedad.

Clase	Densidad Normal (g/cm ³)	
	Coníferas	Latifoliadas
Muy livianas	< 0.400	< 0.500
Livianas	0.400 – 0.499	0.500 – 0.649
Pesadas	0.600 – 0.700	0.800 – 0.950
Muy pesadas	> 0.700	> 0.950

Fuente: CAMPOS *et al.* (1990).

2.2.2.1. Densidad saturada

En principio se puede decir que poseen parámetros mejor definidos, puesto que la densidad verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra. La utilización de la densidad verde son parámetros de condiciones que se dan de forma natural en el árbol verde y en la madera estacionada. Densidad verde es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (EDUARDO, 1985).

2.2.2.2. Densidad básica

Una de las características más importantes de la madera es la densidad básica, que se define como la relación entre el peso seco al horno y su volumen verde. No obstante la diferencia, suele emplearse como sinónimo

el término “peso específico”, que es la relación entre el peso seco de la madera y el peso de un volumen igual de agua. La densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza y otras. Una madera con una densidad alta es importante para el uso de parquet; una de densidad baja, como el palo balsa, como material aislante. Una de las características más sobresalientes de la madera es su baja densidad comparada con su gran resistencia mecánica, razón está que la hace un elemento muy importante en las construcciones. Las maderas tropicales son en promedio 20% a 25% más pesadas que las maderas de las zonas templadas o frías, pero la variación de la densidad es más amplia en las maderas tropicales. En las zonas frías no se encuentran tan livianas o tan pesadas como en los trópicos. Este factor hace más fácil el aprovechamiento de los bosques tropicales heterogéneos, pero también es una ventaja, puesto que hay una gran variedad de madera para fines diversos (ARÓSTEGUI, 1982).

Merece más explicación la utilización de la densidad básica y la densidad seca, puesto que ambos son valores artificiales. La densidad básica como la seca, utilizan valores extremos, la primera el peso mínimo y el volumen máximo y la segunda el peso y el volumen libre de agua. La razón del uso de la densidad básica en ámbitos forestales es claro, porque define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa manera midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanta madera seca

corresponde. Más allá de estos usos silvícola la densidad básica no genera información real sobre el material, sino de manera indirecta y por comparación. Su uso se ha extendido a la industria de la pulpa y el papel (EDUARDO, 1985).

Einspahr *et al.* (1969) mencionado por DÍAZ (2005) manifiesta que la densidad básica o relativa de la madera tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final y se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales.

Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%. La densidad de un cuerpo es el coeficiente formado por masa y volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. La densidad varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera (COORPORACION CHILENA DE LA MADERA, 2003). Las maderas livianas secan más rápido que las pesadas (SOLANO, 1998).

GRIGORIEV (1985) asegura que cualquier aumento en el contenido de humedad podría incrementar la masa de la madera en una tasa mayor que la de su volumen, un aumento en el contenido de humedad

ocasionaría una densidad muy elevada. La densidad de la madera tiene influencia sobre las propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, dureza entre otras, es decir, que cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. ARÓSTEGUI (1982) dice que el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica.

Cuadro 2. Clasificación de la madera según la densidad básica.

GRUPO	RANGO	CLASIFICACIÓN
I	Menos de 0.30 g/cm ³	Muy baja (MB)
II	De 0.30 a 0.40 g/cm ³	Baja (B)
III	De 0.41 a 0.60 g/cm ³	Media (M)
IV	De 0.61 a 0.75 g/cm ³	Alta (A)
V	Mayor de 0.75 g/cm ³	Muy alta (MA)

Fuente: AROSTEGUI (1982).

2.2.2.3. Densidad anhidra

Por densidad seca al aire se entiende la relación natural entre el peso de una madera estacionada que se halla en equilibrio con la atmósfera, y el volumen correspondiente a esas condiciones. En general se toma que su humedad es del 12%, valor más frecuentemente encontrado en estas condiciones. La densidad seca se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105 - 110°C. (EDUARDO, 1985).

2.2.3. Contracción de la madera

Debido a su estructura anatómica, la madera es un material anisotrópico, se contrae en diferentes formas según la orientación del árbol en el sentido (eje) tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento), radial (perpendicular a los anillos de crecimiento) y en sentido longitudinal (paralelos a las fibras de la madera, son mínimos y generalmente no pasa de 1%). La contracción longitudinal de la madera común, desde la condición verde a seca al horno fluctúa entre 0.1% y 0.9% de la dimensión verde, pero puede ser mucho más alta en madera juvenil y en madera de compresión o de tensión. En la dirección tangencial, los límites de la contracción para el secamiento desde condición verde a seca al horno son de 3.5% a 15% de la dimensión verde. Los valores comprobables para la contracción radial son 2.48% a 11%. La reducción del volumen de la madera durante la evaporación del agua se llama contracción volumétrica. La relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

Según SOLANO (1998) la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de la contracción o disminución de las dimensiones diferentes en cada uno de los tres planos y se presentan después que la

madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efecto del secado serian despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de las dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumenta las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del coeficiente de estabilidad incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto Coeficiente de Estabilidad Dimensional (CED). La contracción volumétrica total de una madera es la suma de sus tres contracciones y de acuerdo a ellas las maderas se pueden clasificar así:

Cuadro 3. Clasificación de la contracción volumétrica.

%	contracción
0.35%	baja
0.36% - 0.55%	moderada
0.56% - 0.75%	alta
0.76% - 1.00%	muy alta

Fuente: SOLANO (1998).

La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido. La contracción, en la madera, es una propiedad que frecuentemente no se entiende en forma correcta. Ellas se presentan en dos etapas de la vida de la madera, que son:

- Durante el secado, en la cual la contracción se define como la pérdida de dimensiones que ocurre cuando la madera se seca desde el estado verde al estado maduro.

- Durante el servicio de la madera, en esta etapa la contracción queda definida como la alteración dimensional que ocurre en la madera seca, debido a los cambios ambientales, los cuales provocan tanto contracciones como expansiones en la madera, que recibe el nombre de “equilibrio higroscópico” (SOLANO, 1998).

Es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción (PÉREZ, 1983).

Esta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del contenido de humedad bajo el PSF (CUEVAS, 2003).

Debido a la naturaleza no homogénea de las paredes celulares de la madera así, como también, en otros aspectos de su estructura anatómica, la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se

puede esperar para un cambio de humedad. Cuando la madera inicia su secado, el agua libre se va primero y no ocurren cambios significativos en la forma o dimensiones a menos que en la especie maderera se produzca un fenómeno llamado colapso. No existe contracción significativa cuando la madera cambia su estado, por secado, desde estado verde al punto de saturación de la fibra, y desde este punto el secado, el agua contenida entre las fibrillas se va y estas se acercan entre si, al no existir algo que las separe, se produce un movimiento generalizado en la pared celular y disminuye el espesor de ella. El resultado de la disminución de los espesores de las paredes celulares es una variación de las dimensiones del ancho y del espesor de una pieza de madera. Debido al movimiento señalado, se registra poco cambio en el largo de la célula y por lo tanto, la contracción longitudinal es insignificante. En general, las maderas pesadas se contraen más que las livianas, por ser más densas. Por esta misma razón la contracción puede variar entre la madera de primavera, que es menos densa, y la madera de verano que es más densa, dentro de un anillo de crecimiento (TÉCNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

La causa de los cambios dimensionales se debe a la pérdida o ganancia del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular, se puede considerar que las maderas con mayor densidad contiene más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad (ARÓSTEGUI, 1982).

Cuanto mayor es la diferencia en la contracción radial y tangencial, significa que la distorsión será mayor en el secado eventualmente, la madera llega a estabilizar sus dimensiones con un equilibrio de 12% de contenido de humedad. La contracción tangencial es mayor que la contracción radial, una de las razones, es el efecto restrictivo de las células horizontales de los rayos medulares. Cabe resaltar que en la mayoría de las especies la contracción radial es sólo un 50% del valor de la contracción tangencial. Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente (SOLANO, 1998).

KOLLMANN (1959) señala que la variación y expansión de la madera son los cambios dimensionales, tanto en el sentido radial, tangencial y longitudinal, que sufre la madera como consecuencia de la variación de su contenido de humedad, por debajo del PSF. La relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Existe además, una relación entre los coeficientes de contracción en dirección tangencial y radial (T/R). Cuanto más coincidentes sean las contracciones radial y tangencial, menos tensiones se producen en la madera y más estabilidad tendrá. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes T/R > 2 presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

ANANÍAS (1992) manifiesta las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera. Mientras mayor es la relación T/R las maderas son más nervosas. Igualmente la contracción longitudinal excesiva puede ocasionar los defectos denominados encorvadura y arqueadura.

Cuadro 4. Clasificación de la madera según contracción volumétrica (Cv).

Clase	Cv (%)	Tipo de Comparación
Gran contracción	20 a 15.1	Madera en trozos con grandes grietas de secado, que deberán aserrarse antes del secado.
Contracción mediana	15 a 10.1	Madera en trozos con grietas medianas, pudiendo ser conservada en trozos para estivación de minas y postes.
Pequeña contracción	10 a 5	Madera en trozos con pequeñas grietas que se pueden secar antes de su aserrío o elaboración.

Fuente: PÉREZ (1983).

2.3. Variación de las propiedades físicas

La variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera se debe a diferencia en su estructura y a las diversas sustancias presentes en ella. La estructura de la madera y con esta sus propiedades físicas y mecánicas está caracterizado por la proporción entre los tejidos conductores y de sostén y por las dimensiones de los mismos. Aquí influye mucho el espesor de las paredes celulares. Estas causas de la variación de densidad y otras propiedades de la madera depende mucho del sitio donde creció el árbol, presentándose graves variaciones de un sitio a otro, dentro de la misma especie y aun dentro del mismo árbol (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988).

SIAU (1984) nos dicen que es de naturaleza higroscópica, fundamentalmente por que en su composición química presenta los grupos hidroxilo, ambas características se manifiestan con variaciones en la humedad, determinada por la humedad relativa y temperatura.

Para ARROYO (1983) la organización estructural de la madera va ha determinar las características de la madera y afectar las propiedades físicas es así que:

- La cantidad de sustancias que contiene la pared celular, es cuantificada mediante el peso específico o densidad de la madera.
- La cantidad de agua presente en la pared celular. Afecta profundamente el comportamiento físico de la madera, no solo por que la adición de agua en la

pared celular cambia su densidad y dimensiones, sino también por su efecto sobre la plasticidad y transferencia de energía dentro de la pieza de madera.

- La proporción de los componentes primarios en la pared celular y a la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas. Es responsable de las desviaciones o variabilidades que presenta en su comportamiento cuantitativo.

- El arreglo y orientación de los materiales que forman las paredes celulares así como los tejidos, lo que es causa principal de la anisotropía de la madera.

- El tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

TUSSET (1979) respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades. Lo que KOLLMAN (1959) y DANJOY (1972) reafirman especificando que el conocimiento del contenido de humedad es importante para su utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta a otras propiedades como la resistencia, contracción, durabilidad, conductividad de calor, conductividad eléctrica, permeabilidad, así como también en el preservado o resistencia al ataque de hongos e insectos.

FACHIN (1986) bajo ciertas consideraciones se entiende que a mayor contenido de humedad en el árbol, la madera que lo constituye posee las células con un lumen más amplio y paredes delgadas, como consecuencia determina una densidad básica menor o viceversa. Dándose en este caso la contracción volumétrica o los cambios dimensionales en mayor porcentaje en

maderas con células de paredes delgadas o gruesas, contradiciéndose en algunos casos a causa por ejemplo de la formación de duramen producido por el almacenamiento de resinas, taninos y materiales colorantes en los espacios intercelulares lo que reduce el material higroscópico de la madera.

ARÓSTEGUI (1982) menciona que debemos tener en cuenta que en el momento de comparar pesos específicos se debe hacer muestras que tengan el mismo contenido de humedad. KOLLMAN (1959) agrega que para eso se ha establecido como puntos de comparación los valores fijos de 0% y 12% de humedad con la finalidad de obtener mejores comparaciones.

2.4. Influencia en la madera de los factores internos y externos

TUSSET (1979) agrega que también hay otros factores como los climáticos, edafológicos y condiciones silviculturales para el crecimiento a los que denomina externos.

Así mismo CASTRO (1972) menciona que el factor externo suelo ejerce gran influencia en el desarrollo del árbol y esto se ve reflejado en la calidad de la madera es así cuando el terreno es húmedo la fibra resulta ligera y esponjosa siendo el exceso de agua el que impide que la savia se concentre y forme un tejido compacto, en cambio los árboles de maderas duras se desarrollan en terrenos secos y arcillosos.

ARROYO (1983) nos dice que la variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aun no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye, pero puede decir que en cuanto a tratamientos silviculturales, este ha demostrado tener mayor efecto sobre algunas propiedades de la madera, mediante la manipulación del distanciamiento de plantación e incidencia de luz, estimulación del crecimiento con fertilizantes, disponibilidad de agua y ubicación geográfica.

2.5. Factores que inciden en el secado

2.5.1. Factores de la madera

2.5.1.1. Influencia de la estructura anatómica

Según SOLANO (1998) considerando que las células son alargadas y en su mayoría dispuestas en el sentido paralelo al eje del árbol, comunicadas entre si por punteaduras y perforaciones se deduce que el movimiento del agua dentro de la madera y de allí a la superficie se efectúa con mayor facilidad en dirección longitudinal. Teniendo en cuenta los tres diferentes planos, determinados por el eje del árbol los radios leñosos y los anillos de crecimiento se ha establecido que la madera en el sentido longitudinal se seca en promedio tres veces más rápido que en el sentido radial y dos veces más que en el sentido tangencial. El tamaño de las células los contenidos que posean y la proporción de cada una de ellas en el leño tienen también influencia en el secado.

2.5.1.2. La higroscopicidad

SOLANO (1998) la higroscopicidad, es la característica que tienen los cuerpos porosos, entre ellos la madera de perder o ganar humedad de acuerdo al medio ambiente donde se encuentra. Esta propiedad tiene gran influencia en el secado ya que mediante ella se logra que la madera pierda humedad, cambiando las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre (horno de secado). En un clima cualquiera la madera adquiere un contenido de humedad determinado que se conoce como contenido de humedad de equilibrio.

2.5.1.3. La anisotropía

Según SOLANO (1998) la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinales, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, ya que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los tres planos y se presentan después que la madera ha perdido el agua libre y empieza a perder el agua fija. La contracción tangencial es mayor que la radial y esta mayor que la longitudinal pudiendo decirse que la tangencial fluctúa entre 3.5% a 15%, la radial varía entre 2.4% a 11% y la longitudinal varía entre 0.1% a 0.9%. La relación entre la contracción tangencial y la contracción radial es el coeficiente de estabilidad dimensional (CED). Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efectos del

secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumentan las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido.

2.5.1.4. Espesor de la pieza

Es otro factor que influye en la velocidad del secado a mayor espesor mayor tiempo (SOLANO, 1998).

2.5.1.5. Patrón de aserrado

La madera aserrada en el sentido tangencial seca más rápido que aquella aserrada en sentido radial, debido a que los radios ayudan al movimiento del agua a través de ellos. Sin embargo tablas aserradas tangencialmente son más propensas a las rajaduras y deformaciones (SOLANO, 1998).

2.5.2. Factores del clima

La temperatura es un factor de aceleración de secado ya que el calor es el responsable de que las moléculas en la madera adquieran la

energía cinética necesaria para la evaporación de agua. Cuanto más elevada sea la temperatura del ambiente que la rodea, más intensa será la evaporación y el aire podrá absorber la humedad liberada por la madera (SOLANO, 1998).

2.6. Características generales de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

2.6.1. Descripción dendrológica

Según REYNEL *et al.* (2003) árbol de 25 - 90 cm de diámetro y 12 - 30 m de alto, con la ramificación u hojas en el último tercio, el fuste cilíndrico y esbelto, la base del fuste recta.

Corteza externa levemente agrietada, color grisáceo. Corteza interna homogénea, blanquecina; oxida rápidamente a marrón.

Ramitas terminales con sección circular, color marrón amarillento cuando secas, de 8 – 15 mm de diámetro, densamente lenticeladas glabras.

Hojas compuestas bipinnadas , opuestas, el peciolo de 30 - 45 cm de longitud, las pinnas 5 - 20, cada una con raquis acanalado, los foliolulos romboides- elípticos, asimétricos, de 1.5 - 7 cm de longitud por 0.8 – 2.5 cm de ancho, enteros, el ápice agudo y acuminado, la base aguda y frecuentemente asimétrica, los nervios secundarios 8 - 10 pares, impresos en la haz, las hojas glabras a puberulentas. Inflorescencia panículas terminales multifloras. Flores campanuladas, vistosas, hermafroditas, con cáliz y corola presentes.

Frutos capsulas (silicuas) oblongoides aplanadas de 2 - 12 cm de longitud y 3 - 6 cm de ancho, con la superficie lenticelada, las semillas numerosas, aladas, las alas membranosas.

Según PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) el árbol alcanza hasta 45 m de altura, con tronco recto, cilíndrico y raíces engrosadas en la base. La copa está formada por pocas ramas casi verticales, coronada por un penacho de hojas grandes, compuestas. La corteza superficial del tronco es rugosa, de color gris claro, con moteaduras gris verdosas. Corteza viva de color blanco, con olor; se oscurece bastante en contacto con el aire.

2.6.2. Descripción taxonómica de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Según Cronquist (1981), citado por REYNEL *et al* (2003) da la clasificación siguiente:

División : MAGNOLIOPHYTA

Clase : MAGNOLIOPSIDA

Subclase : ASTERIDAE

Orden : SCROPHULARIALES

Familia : BIGNONIACEAE

Genero : *Jacaranda*

Especie : *copaia*

Nombre científico : *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Sinónimos botánicos: *Jacaranda spectabilis* Martius ex A. DC. , J.
superba pittier, J. *amazonensis* Vatimo.

Nombres comunes : Perú: huamanzamana, amchiponga, solimán de monte, ishtapi, jaravisco, huamansamanillo, jacaranda, solimán. Argentina: jacaranda, tarco. Bolivia: tinto blanco. Brasil: marupa falso, para para. Colombia: chingalé, gualanday, escobillo, guabillo. Ecuador: arabisco, jacaranda, gualadaño, quepapajin, ambatu caspi. Venezuela: gualanday, simaruba, palo azul.

Nombre comercial internacional: Jacaranda.

2.6.3. Observaciones para el reconocimiento

Se reconoce por el fuste cilíndrico, esbelto, con las hojas concentradas en el extremo; también por las hojas compuestas bipinnadas y opuestas, con láminas fuertemente simétricas.

Las plántulas de esta especie son características; las primeras hojas son opuestas, con los folíolos dentados, 3 folioladas; las hojas subsecuentes son pinnadas con 4 - 5 pares de folíolo (REYNEL *et al.*, 2003).

2.6.4. Distribución y habitat

Amplia distribución en bosque húmedo de selvas bajas desde Belize en Centroamérica hasta Bolivia en Sudamérica, mayormente de bajo de 1000 msnm.

Se le observa en ámbito con pluviosidad elevada y constante; es una especie heliófila y de crecimiento rápido, características en bosque secundario pioneros, en suelos preferentemente limosos a arenosos, bien drenados, con variada fertilidad, usualmente con baja pedregosidad (REYNEL *et al.*, 2003 y PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ, 2004).

2.6.5. Fenología, polinización y dispersión

Registros de floración y fructificación a fines de la estación seca e inicios de la estación de lluvia, entre Agosto - Noviembre. La polinización es efectuada por abeja de mediano tamaño. Las semillas son dispersadas por el viento (REYNEL *et al.*, 2003).

2.6.6. Características de la madera

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color marrón muy pálido y las capas internas (duramen) de color similar a la albura, no observándose entre ambas capas contraste del color. Suele presentar decoloración producida por hongos. En madera seca, la albura se toma a color blanco rosáceo y el duramen a marrón pálido (PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ, 2004).

Olor	: No distintivo.
Lustre o brillo	: Moderado.
Grano	: Recto.
Textura	: Media.
Veteado o figura	: Definido por líneas vasculares.

2.6.7. Características tecnológicas

Según PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) la huamanzamana es una madera de densidad baja, blanda y liviana, presenta contracciones lineales bajas y contracción volumétrica estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría baja.

- Propiedades Físicas

Densidad básica	: 0.31 g/cm ³ .
Contracción tangencial	: 8.20%
Contracción radial	: 5.40%
Contracción volumétrica	: 13.90
Relación T/R	: 1.50

2.6.8. Recomendaciones técnicas

Según PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) la madera es blanda y liviana de fácil aserrío con equipos y herramientas normales, de buena trabajabilidad con excepción del cepillado que deja una superficie fibrosa, requiere lijado para obtener un buen acabado. Retiene satisfactoriamente los clavos y tornillos que penetran fácilmente. Es fácil de secar, se recomienda secar en forma artificial con horario de secado para evitar deformaciones. Tiene durabilidad natural baja, aparentemente algo resistente contra el hongo de mancha azul, pero susceptible al ataque de insectos, es recomendable preservarla recién extraída. Es fácilmente preservable con los sistemas de inmersión y vacío-presión, obteniéndose penetraciones y retenciones buenas.

2.6.9. Usos

La madera es muy blanda y muy liviana, con grano recto y textura media, de color blanquecino. Se le emplea localmente para carpintería liviana; se le utiliza en algunas zonas de la amazonía peruana para hacer tejas, las cuales tienen buena durabilidad.

Es una especie con potencial ornamental por su rápido crecimiento y bellas flores moradas (REYNEL *et al.*, 2003).

Asimismo la madera es usada para postes, varas, construcciones ligeras y ataúdes por ser de buena calidad y fácil de trabajar, aunque no es durable, también se utiliza en la obtención de pulpa de papel (PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en la Unidad Académica de Maquinaria y Aprovechamiento de la Madera y Laboratorio de Anatomía de la Madera, Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) de Tingo María, Distrito Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

Cuadro 5. Ubicación geográfica de Tingo María.

Latitud Sur	09° 09' 00"
Longitud Oeste	75° 57' 00".
Altitud	660 m.s.n.m.

Fuente: Estación meteorológica y climatológica "José Abelardo Quiñónez"(2008).

Donde la temperatura es de 24.2 °C, con una humedad relativa de 82% y una precipitación anual de 3,200 mm.

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida Leslie R. Holdridge (1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo premontano sub tropical (bmh-PST).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

Probetas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don., procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

3.2.2. Materiales de campo

Libreta de apuntes, plumón indeleble, wincha de 30 m, machete, calibradora de espesor, garlopa eléctrica, motosierra y sierra disco.

3.2.3. Material de laboratorio

Balanza eléctrica con precisión de 0.01 g, cera parafina, desecador, estufa eléctrica, hornilla eléctrica, micrómetro, punzón, Soporte universal, vaso de precipitación, agua destilada y vernier digital.

3.2.4. Material de gabinete

Cámara fotográfica, formularios y computadora.

3.3. Metodología

La metodología que se ejecutó en la presente tesis, se sujetó a la Normas Técnicas Peruanas sobre madera (NTP), que son las siguientes: NTP 251.002, NTP 251.008:1980, NTP 251.009:1980, NTP 251.010:2004, NTP 251.011:2004 y NTP 251.012:2004.

3.3.1. Fase de campo

3.3.1.1. Selección de la zona de muestreo

La zona de muestreo y selección del área experimental, se realizó según la Normas Técnicas Peruana.

3.3.1.2. Selección de los árboles

La selección y colección de los árboles se realizó según la norma NTP 251.002, la que establece un mínimo de cinco árboles por especie, en este caso utilizamos cinco árboles forestales de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. del Bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) (ver anexo 17). Para la selección se consideró árboles de buen fuste recto, sin ramificación baja, ni daños patológicos. Además se tomaron los datos de altura total, altura comercial, diámetro a la altura del pecho.

Las muestras se colectaron a cada 6 m altura de fuste (tres trozas por árbol, que son base, medio y ápice), para obtener las muestras correspondientes. Considerando la dirección Norte y Sur de la sección transversal del árbol, como se, muestra en la figura 1. Esta fase se realizó siguiendo la metodología según norma NTP 251. 008.

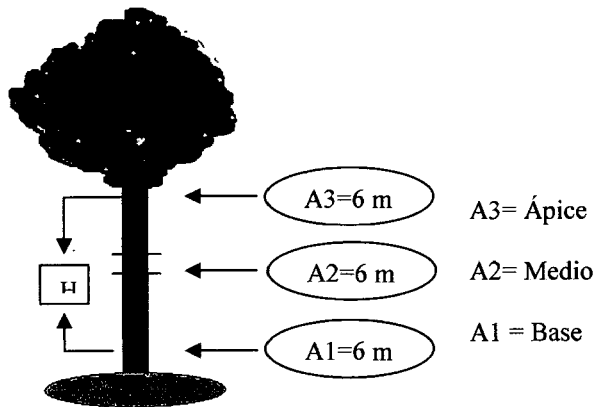


Figura 1. Alturas consideradas para el estudio.

3.3.1.3. Talado, trozado y aserrío primario

Se realizó el tumbado correspondiente con la motosierra, cuidando la caída mediante una orientación adecuada para que en el suelo se mida la altura comercial y total. Luego se realizó el trozado de los árboles obteniéndose un tablón central de 60 cm de largo con un espesor de 5 cm, de la base, medio y ápice del fuste.



3.3.1.4. Transporte

Las trozas fueron trasladadas manualmente del BRUNAS a la Unidad Académica de Maquinaria y Aprovechamiento de la Madera de la facultad de Recursos Naturales Renovables.



3.3.2. Fase post campo

3.3.2.1. Preparación de las probetas

Del tablón central obtuvimos las viguetas para luego tener probetas con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm por cada troza respetando su dirección y orientación, tal como se establece en la norma NTP 251.008 y 251.009.

Cada probeta fue codificada cuidadosamente con un plumón indeleble, para luego ser llevados al laboratorio para su análisis

correspondiente. Estas se codificaron de la siguiente manera: 1BN1, 1BS1, 1BN2, 1BS2, 1BN3, 1BS3; haciendo las repeticiones de cada una de ellas, enumerando consecutivamente cada muestra. Donde:

1BN1: Árbol uno, base, norte, uno.

1BS1: Árbol uno, base, sur, uno.

1BN2 Árbol uno, base, norte, dos.

1BS2: Árbol uno, base, norte, dos.

3.3.3. Fase de laboratorio

3.3.3.1. Método de determinación del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad, se utilizó el método de ensayo en estufa, el mismo que se encuentra en la norma NTP 251.010.

- **Preparación de probetas:** Las probetas se tomaron al azar según la norma correspondiente. Se emplearon probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

- **Procedimiento:** Se pesaron las muestras para obtener el peso húmedo (PH), expresados en gramos y luego se coloca en la estufa.

Se aplicó un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 130 °C ± 2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas. Se retira las muestras de la estufa, se deja enfriar en un desecador por espacio de 15 minutos,

posteriormente sacar las probetas del desecador y se les pesará nuevamente, tomándose los datos del peso seco al horno (Psh).

Se repite el procedimiento hasta obtener el peso constante, o sea el peso seco al horno. El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

Contenido de humedad en base seca.

$$CH(S) = \frac{ph - psh}{psh} \times 100$$

CH (s) = contenido de humedad en condición seca.

Ph = peso húmedo.

Psh = peso seco al horno

3.3.3.2. Método de determinación de densidad

La densidad se determinó en base a la norma NTP 251.011.

- **Preparación de la probeta:** Las probetas se tomaron al azar según la norma correspondiente. Se emplearon probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

- **Procedimiento:** Se pesan las probetas en estado saturado para obtener el peso húmedo (PH). El volumen húmedo (VH) se determina en forma indirecta, sumergiendo la probeta en un peso conocido de agua destilada sin tocar el fondo del recipiente y se registra el incremento de peso correspondiente, que representa el volumen desplazado por la probeta.

Luego las probetas se colocaron en la estufa a un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 130 °C ± 2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas. Se retiran las probetas de la estufa, se dejan enfriar en desecador y se pesan. Se repite el tratamiento hasta un peso constante. En esta forma se consigue el peso seco al horno (PSH).

Posteriormente las probetas se parafinan, para determinar el volumen seco al horno (VSH), en forma indirecta en agua destilada.

Los datos obtenidos se anotaron en el formato correspondiente (ver anexo 15). Con los datos obtenidos la densidad se calcula con la siguiente formula:

Densidad saturada:

$$DS = \frac{Ph}{Vh}$$

Densidad básica:

$$DB = \frac{Psh}{Vh}$$

Densidad anhidra:

$$DA = \frac{Psh}{Vsh}$$

Donde:

PH= peso húmedo en gramos.

VH = Volumen húmedo en cm^3 .

PSH= peso seco al horno en gramos.

VSH= volumen seco al horno en cm^3 .

3.3.3.3. Método de determinación de contracción

Para determinar la contracción se siguió la norma NTP 251.012.

- **Preparación de probetas:** Se prepararon las probetas de 3 x 3 cm de sección transversal y de 10 cm de longitud. Se prepara de tal manera que dos de sus caras paralelas entre sí sean superficies tangenciales a los anillos de crecimiento, y las otras dos caras resulten, en la dirección paralela a los radios, con el eje longitudinal de la probeta a la dirección de las fibras.

- **Procedimiento:** Se identificaron y marcaron las caras tangenciales, radiales y longitudinales. Inmediatamente después preparadas las probetas se pesaron y midieron los puntos centrales de las caras, las dimensiones tangenciales, radiales (micrómetro) y longitudinales (Vernier).

Luego las probetas se colocaron en la estufa a un calentamiento gradual por día, a temperaturas desde 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C hasta alcanzar los 130 °C \pm 2 °C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 horas hasta obtener un peso constante.

Después de enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente, se pesaron las probetas y se miden sus dimensiones tangenciales, radiales y

longitudinales obteniendo así sus dimensiones en estado seco. Cabe resaltar que las medidas en la sección tangencial y radial se hacen con el micrómetro y en la sección longitudinal con vernier.



La contracción total de la madera (desde húmeda a seco al horno), se calculó con las fórmulas siguientes:

Contracción tangencial (CT_t):

$$CT_t = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100$$

Donde:

dth = Dimensión tangencial de la probeta humedad en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

dtsh = Dimensión tangencial de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

Contracción radial (CR_t):

$$CR_t = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100$$

Donde:

drh = Dimensión radial de la probeta humedad en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

drsh = Dimensión radial de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

Contracción longitudinal (CL_t):

$$CL_t = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100$$

Donde:

dlh = Dimensión longitudinal de la probeta humedad en mm (contenido de humedad mayor a 30%).

dlsh = Dimensión longitudinal de la probeta seca al horno en mm (contenido de humedad igual a 0%).

Contracción volumétrica (CV_t):

$$CV_t = \frac{vh - vsh}{vh} \times 100$$

Donde:

V_h = Volumen de la madera en condición húmeda en cm^3 (Contenido de humedad mayor de 30%).

V_{sh} = Volumen de la madera en condición seca al horno en cm^3 (Contenido de humedad igual a 0%).

3.3.4. Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPS 15.00 para windows, estableciendo para el análisis los datos de los tipos de muestra con respecto a las propiedades físicas, un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con sub unidades de muestreo, con tres tratamientos y cinco bloques.

Cuadro 6. Factores estudiados en el presente trabajo.

Factores	Niveles	Símbolo
A. Parte del árbol	Base	A_1
	Medio	A_2
	Ápice	A_3
B. Orientación	Norte	B_1
	Sur	B_2

Para el análisis de los datos de cada factor con respecto a las propiedades físicas se utilizó el mismo diseño, variando cada análisis en el número de tratamientos dependiendo de los tipos de factores, para la comparación de medidas se utilizó la prueba de DUNCAN ($\alpha = 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo tienen que ver exclusivamente con las propiedades físicas de la madera *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don., como contenido de humedad, densidad básica y contracción, cuyos datos encontrados en el laboratorio fueron adecuadamente tabulados para luego ser sometidos a un riguroso análisis de variancia a través de un diseño de bloques completo al azar (DBCA).

4.1. Determinación de las propiedades físicas de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

En el Cuadro 7 se presentan los datos promedios de las propiedades físicas de la madera en estudio, así como los promedios por interacciones.

Asimismo la madera es un material vegetal biodegradable y combustible, de elevada resistencia en relación con su peso, características que lo hacen categóricamente diferente a los otros materiales de construcción conocidos (SOLANO, 1998). Además DELGADO (1981) afirma que la variación de las propiedades físicas y mecánicas en un árbol es de igual amplitud que la variación de las propiedades física y mecánicas entre diferentes árboles de la

misma especie en un sitio determinado, los cual esta variación deben tomarse muy en cuenta en la planificación de los ensayos.

Cuadro 7. Valores promedio de Propiedades físicas por altura y orientación norte y sur de los 5 árboles de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Código	Propiedades físicas								
	CH (%)	DS(gr/cm ³)	DB(gr/cm ³)	DA(gr/cm ³)	CT (%)	CR (%)	CL (%)	CV (%)	T/R
BN	100.10	0.57	0.29	0.34	9.40	5.29	0.39	18.76	1.84
BS	97.35	0.58	0.30	0.35	10.16	5.28	0.42	18.02	1.99
MN	99.13	0.57	0.29	0.33	8.10	4.76	0.41	14.72	1.72
MS	97.70	0.58	0.29	0.34	8.48	5.43	0.37	16.63	1.59
AN	91.04	0.65	0.34	0.38	6.77	4.28	0.39	11.84	1.59
AS	93.93	0.65	0.34	0.38	6.41	4.20	0.40	12.68	1.55
Promedio	96,54	0,60	0,31	0,35	8,22	4,87	0,40	15,44	1,71

ARROYO (1983) nos dice que la variabilidad como resultante de factores externos o condiciones de crecimiento ha sido investigada pero aún no se ha llegado a conclusiones uniformes en cuanto a que propiedades son las más afectadas o cual de los factores es el que más influye

En la Figura 2 con respecto a la relación del contenido de humedad - densidad básica donde observamos que a mayor contenido de humedad hay mayor densidad, lo cual coincide con algunos investigadores. GRIGORIEV (1985) manifiesta que con el aumento de la humedad aumenta la densidad de la madera. Por ejemplo, la densidad de la madera con una humedad de 12% constituye 670 Kg/m³ y con una humedad de 25%, 710 Kg/m³. TUSSET (1979)

respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades.

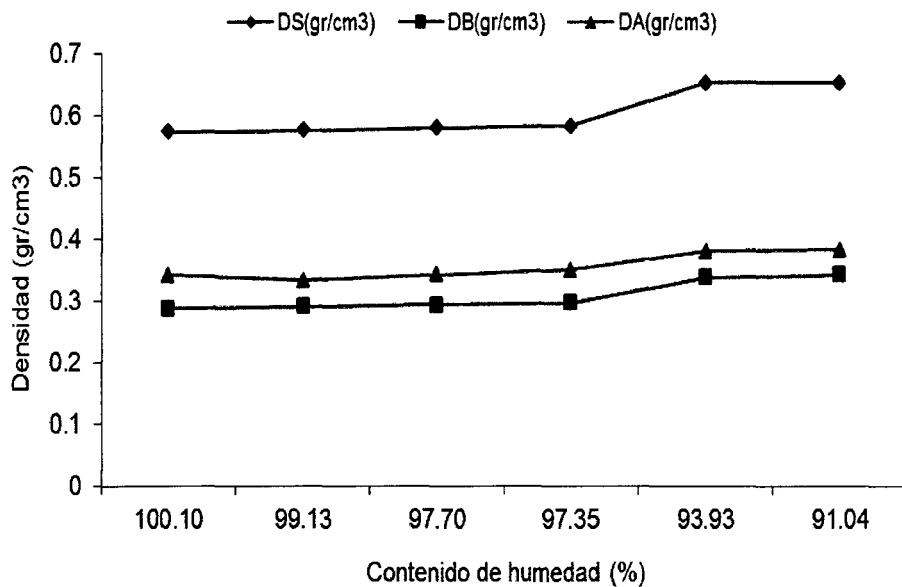


Figura 2. Relación de contenido de humedad - densidad.

En la Figura 3 tenemos que a mayor densidad básica hay mayor contracción. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se puede esperar para un cambio de humedad. (TECNOLOGIA DE LA MADERA, 2005). Asimismo cuando el contenido de humedad es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera (PÉREZ, 1983 y CUEVAS ,2003).

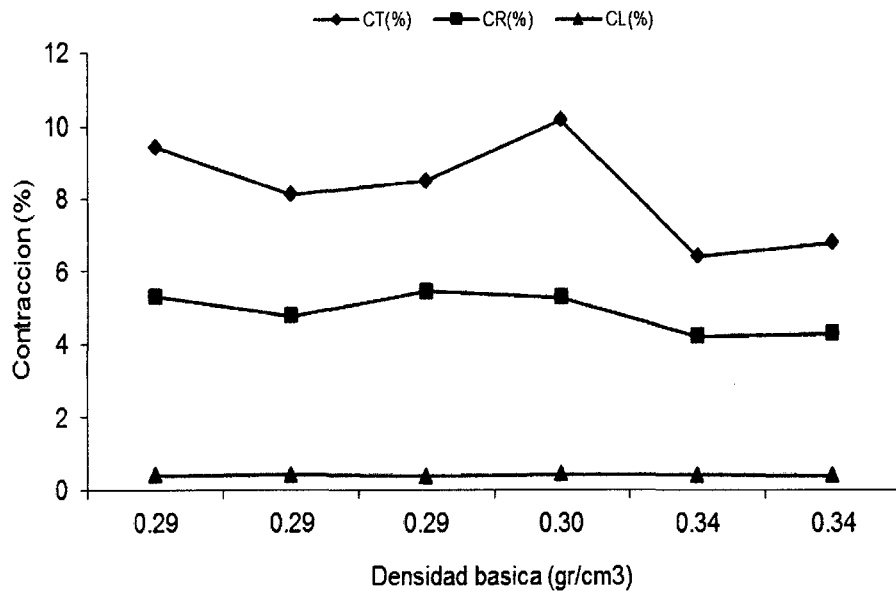


Figura 3. Relación de densidad básica - contracción.

4.2. Determinación del contenido de humedad

En el Cuadro 8, podemos observar que hay diferencia significativa en los niveles de altura en lo que a contenido de humedad se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 1). Existe diferencia significativa entre la base y medio, frente a ápice; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio.

Como observamos en el Cuadro 8 y Figura 4 dentro de la altura, vemos que el valor promedio mayor es la base 98.72%, siguiéndoles el medio 98.42% y finalmente el ápice 92.49%. Por lo cual el contenido de humedad en el fuste varía según el nivel de altura.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para las alturas respecto al contenido de humedad.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
base	98.72	a
medio	98.42	a
ápice	92.49	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

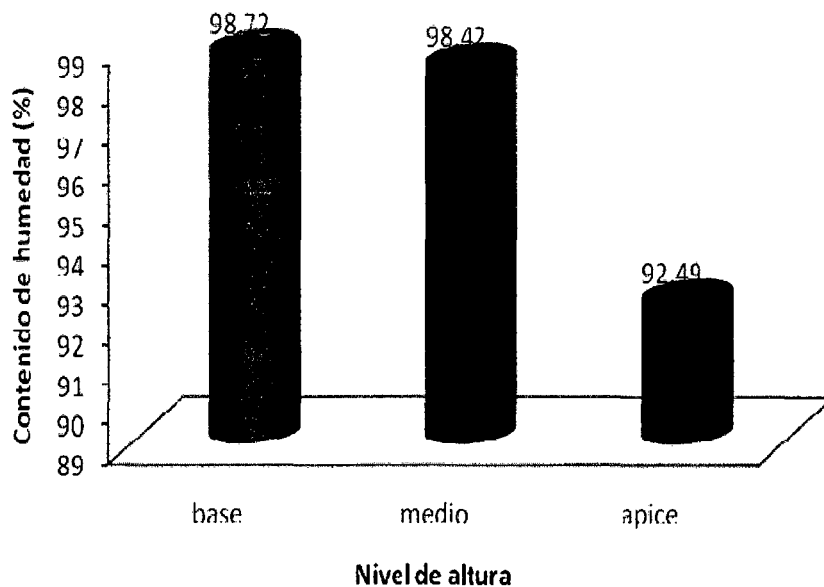


Figura 4. Alturas con respecto al contenido de humedad.

En el Cuadro 9, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 1). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el norte, con 96.76%, le

antepone el sur con 96.32%. Asimismo vemos que en la orientación norte el contenido de humedad es mayor 96.76% y en la orientación sur es menor 96.32%.

Cuadro 9. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto al contenido de humedad.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
norte	96.76	A
Sur	96.32	A

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

Asimismo GREGORIEV (1985) manifiesta que el contenido de agua en el tronco de árbol creciente varía según la altura y el radio del tronco, así como dependencia de la temporada del año, en las especies frondosas el cambio de la humedad según el diámetro es más regular. Según la altura del tronco la humedad de la albura en las especies frondosas no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. La máxima cantidad de agua se contiene en la temporada de invierno (Noviembre - Febrero) y la mínima, en los meses de verano (Julio - Agosto).

Un aumento en el contenido de humedad ocasionaría una densidad muy alta (GRIOGORIEV, 1985), como sucede con la orientación norte.

TUSSET (1979) respecto al contenido de humedad nos dice que es sin duda, la propiedad que más influencia tiene sobre todas las demás propiedades. Lo que KOLLMAN (1959) y DANJOY (1972) reafirman especificando que el conocimiento del contenido de humedad es importante para su utilización de la madera ya que influye en el peso y afecta a otras propiedades como la resistencia, contracción, durabilidad, conductividad de calor, conductividad eléctrica, permeabilidad, así como también en el preservado o resistencia al ataque de hongos e insectos.

4.3. Determinación de la densidad

4.3.1. Densidad saturada

En el Cuadro 10, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a densidad saturada se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 2). Existe diferencia significativa entre el ápice, frente a la base y medio; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad saturada.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
ápice	0.65	a
base	0.58	b
medio	0.58	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 11, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 2). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el sur, con 0.61 g/cm^3 , le antepone el norte con 0.60 g/cm^3 .

Cuadro 11. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad saturada.

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
Sur	0.61	a
norte	0.60	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

4.3.2. Densidad básica

En el Cuadro 12, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a densidad básica se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 3). Existe diferencia significativa entre el ápice, frente a la base y medio; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad básica.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
ápice	0.340	a
base	0.292	b
medio	0.292	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 13, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 3). Asimismo no existe entre ellos diferencia numérica.

Cuadro 13. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad básica.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	0.31	a
norte	0.31	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

4.3.3. Densidad anhidra

En el Cuadro 14, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a densidad anhidra se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo el nivel de altura

(Anexo 4). Existe diferencia significativa entre el ápice, frente a la base y medio; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la densidad anhidra.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
ápice	0.38	a
base	0.35	b
medio	0.34	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 15, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 4).

La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el sur, con 0.36 g/cm³, le antepone el norte con 0.35 g/cm³.

Cuadro 15. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la densidad anhidra.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	0.36	a
norte	0.35	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 10,12 ,14 y Figura 5 se observa, con respecto a la altura es mayor en el ápice, le sigue la base y finalmente el medio. Lo cual coincide por un grupo de investigadores que han estudiado la forma en que varía esta característica a lo largo del árbol, llegando a la conclusión de que aumenta desde la base hacia la copa (TUSSET, 1979), pero en este caso hay una variación ya que el incremento no es secuencial en el aumento de base hacia la copa.

Como se puede notar según los resultados también merece citarse la influencia de la orientación, que se manifiesta cuando una parte es favorecida en su crecimiento por las condiciones del medio (por ejemplo, la acción del viento), como hace referencia (KOLLMAN 1959) en el *Pino silvestre* es aún más marcada la disminución de peso de norte a sur.

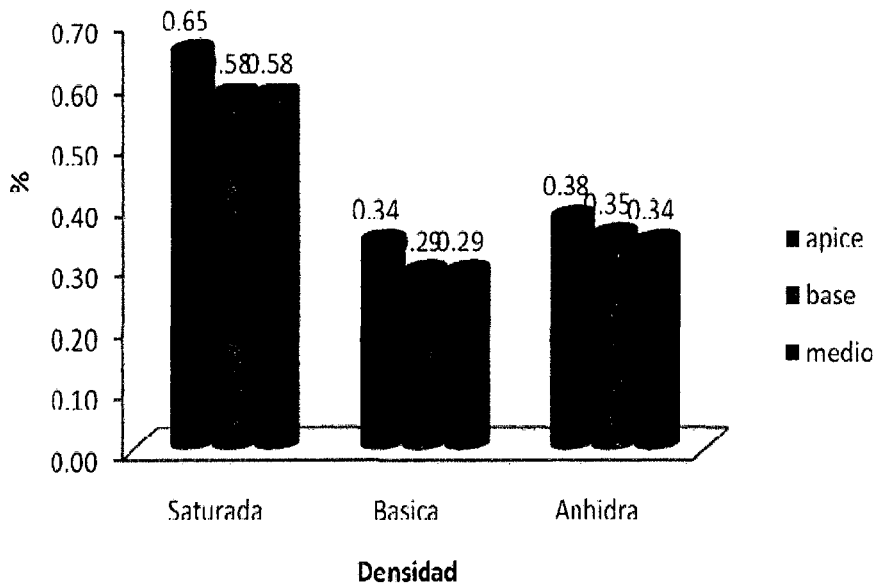


Figura 5. Densidad promedio de las alturas de densidad saturada, básica y anhidra de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

La densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza y otras. Una madera con una densidad alta es importante para el uso de parquet; una de densidad baja, como el palo balsa, como material aislante. Las maderas tropicales son en promedio 20% a 25% más pesadas que las maderas de las zonas templadas o frías, pero la variación de la densidad es más amplia en las maderas tropicales (ARÓSTEGUI, 1982).

La razón del uso de la densidad básica en ámbitos forestales es claro, porque define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa

manera midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanta madera seca corresponde (EDUARDO, 1985). Las maderas livianas secan más rápido que las pesadas (SOLANO, 1998).

Cuanto más densa sea la madera, más difícil será secarla. El valor promedio de densidad básica numéricamente tiende a incrementarse con respecto al incremento de la edad (GRIGORIEV, 1985).

En principio se puede decir que poseen parámetros mejor definidos, puesto que la densidad verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra. Densidad verde es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (EDUARDO, 1985).

El valor promedio general de la densidad básica de la *Jacaranda copaia* (Aubl.)D.Don. es 0.31 g/cm^3 como se aprecia en la Cuadro 7, valor que está relativamente igual según la PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) estos datos posiblemente se realizaron en la misma edades, tipo de clima, suelo, etc. del árbol. Ubicándole como una madera de densidad baja, blanda y liviana

4.4. Determinación de la contracción (Cambio dimensional)

4.4.1. Contracción tangencial

En el Cuadro 16, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a contracción tangencial se refiere, Según Duncan los ubica en diferente categorización de significancia es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 5).

Cuadro 16. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción tangencial.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
base	9.78	a
medio	8.29	b
ápice	6.59	c

¹Los valores representan el promedio. La letra a-c representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

En el Cuadro 17, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 5). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el sur, con 8.35%, le antepone el norte con 8.09%.

Cuadro 17. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción tangencial.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	8.35	a
norte	8.09	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

4.4.2. Contracción radial

En el Cuadro 18, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a contracción radial se refiere. Según Duncan los ubica en diferente categorización de significancia es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo la altura (Anexo 6). Existe diferencia significativa entre la base y medio, frente al ápice; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre la base vs medio.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción radial.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
base	5.29	a
medio	5.09	a
ápice	4,24	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 19, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica

en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 6). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el sur, con 4.97%, le antepone el norte con 4.78%.

Cuadro 19. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción radial.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	4.97	a
norte	4.78	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

4.4.3. Contracción longitudinal

En el Cuadro 20, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa en la altura. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 7). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor base y ápice con 0.40%, y menor el medio con 0.39%.

Cuadro 20. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción longitudinal.

Nivel de altura	Promedio¹	Duncan (p<0,05)
base	0.40	a
ápice	0.40	a
medio	0.39	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 21, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 7). La diferencia estadística no existe entre ellos, pero si la diferencia numérica, siendo mayor en el sur, con 0.40%, le antepone el norte con 0.39%.

Cuadro 21. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción longitudinal.

Orientación	Promedio¹	Duncan (p<0,05)
Sur	0.40	a
norte	0.39	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En los Cuadros 20, 21 y Figura 6, el promedio general de la contracción longitudinal es de 0.40%, siendo este valor despreciable en el

secado de la madera, la máxima contracción, la experimentó el plano tangencial siendo 8.22% más contráctil en relación al plano radial 4.87%.

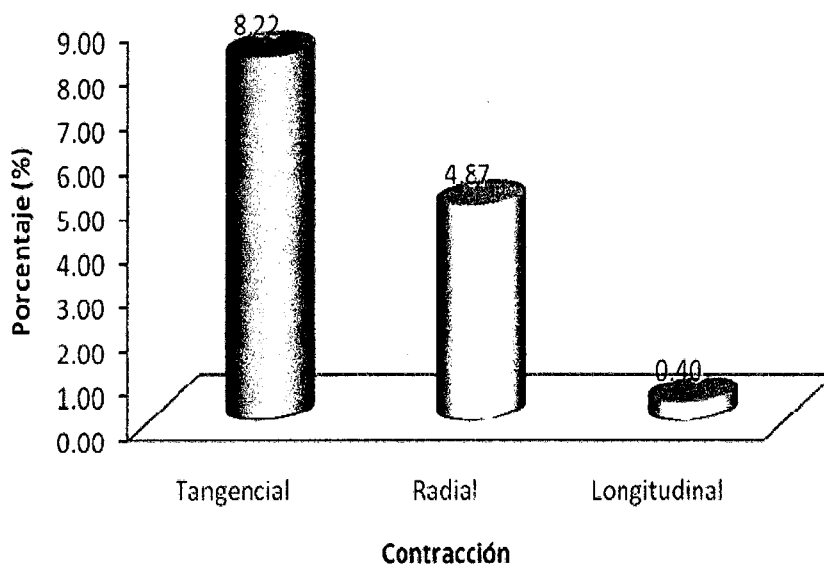


Figura 6. Cambio dimensional promedio de contracción tangencial, radial y longitudinal de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

La contracción se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del contenido de humedad bajo el PSF (CUEVAS, 2003). Las diferencias entre las contracciones lineales se explican por la gran cantidad y ancho de los rayos medulares y a la orientación de las fibrillas en la pared celular y de las fibras (KOLLMAN y COTÉ, 1968), así mismo, la menor contracción en el plano radial, obedece al papel que desempeñan los radios al restringir los movimientos dimensionales en esa dirección.

La contracción longitudinal de la madera común, desde la condición verde a seca al horno fluctúa entre 0.1% y 0.9% de la dimensión verde, pero puede ser mucho más alta en madera juvenil y en madera de compresión o de tensión. En la dirección tangencial, los límites de la contracción para el secamiento desde condición verde a seca al horno son de 3.5% a 15% de la dimensión verde. Los valores comparables para la contracción radial son 2.48% a 11% (MINISTREIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

En otros aspectos de su estructura anatómica, la contracción depende no solo del contenido de humedad sino también de la densidad. A mayor densidad de la madera, mayor es la contracción que se puede esperar para un cambio de humedad. El resultado de la disminución de los espesores de las paredes celulares es una variación de las dimensiones del ancho y del espesor de una pieza de madera. Debido al movimiento señalado, se registra poco cambio en el largo de la célula y por lo tanto, la contracción longitudinal es insignificante. En general, las maderas pesadas se contraen más que las livianas, por ser más densas (TÉCNOLOGIA DE LA MADERA, 2005).

Se puede considerar que las maderas con mayor densidad contiene más agua higroscópica que las de menor densidad y por eso las de mayor densidad tienen mayor contracción que las de menor densidad (ARÓSTEGUI, 1982).

La madera aserrada en el sentido tangencial seca más rápido que aquella aserrada en sentido radial, debido a que los radios ayudan al movimiento del agua a través de ellos. Sin embargo tablas aserradas tangencialmente son más propensas las rajaduras y deformaciones (SOLANO, 1998). Según PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) la huamanzamana es una madera liviana, que presenta contracciones tangencial 8.20%, radial 5.40% y la contracción volumétrica 13.90% es moderadamente estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media. Estos resultados presentan variaciones mínimas con nuestros resultados.

4.4.4. Contracción volumétrica

En el Cuadro 22, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a contracción volumétrica se refiere, según Duncan los ubica en diferente categorización de significancia es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 8).

Cuadro 22. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la contracción volumétrica.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
base	18.39	a
medio	15.68	b
ápice	12.26	c

¹Los valores representan el promedio. La letra a-c representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

Asimismo, la máxima contracción volumétrica la experimento la altura de la base 18.29%, posteriormente el medio 15.68% y finalmente el ápice 12.26% (Figura 7).

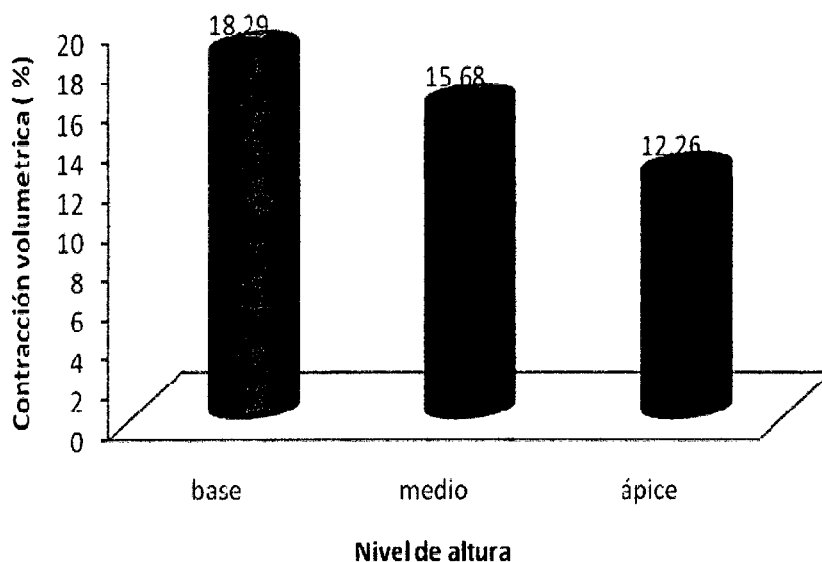


Figura 7. Contracción volumétrica promedio respecto a las alturas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

En el Cuadro 23, podemos observar que hay diferencia significativa en la orientación en lo que a contracción volumétrica se refiere, es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativa la orientación (Anexo 8).

La contracción volumétrica total de la madera de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don., es de 15.44% lo cual la coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase de gran contracción de 20

a 15.1, madera en trozos con grandes grietas de secado, que deberán aserrarse antes del secado (PÉREZ 1983).

Cuadro 23. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la contracción volumétrica.

Orientación	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
Sur	15,78	a
norte	15,11	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

Siendo diferente a lo mencionado por PROMPEX - MADERAS DEL PERÚ (2004) coloca dentro de la clasificación de la madera según la contracción volumétrica en la clase contracción media 13.90%.

Proporcionalmente como un promedio de todas las especies, la contracción en las tres direcciones principales (tangencial, radial, longitudinal) tiene una razón de 100:50:1 aproximadamente. La contracción volumétrica tiene mucha influencia durante el proceso de secado ya que si la disminución de volumen supera la resistencia de cohesión entre las células, se presentan grietas, rajaduras y deformaciones si el secado es muy rápido. (SOLANO, 1998).

4.4.5. Relación T/R

En el Cuadro 24, podemos observar que hay diferencia significativa en la altura en lo que a relación T/R se refiere. Según Duncan los ubica en diferente categorización de significancia es decir hay diferencia estadística lo cual se observa en el ANVA siendo significativo la altura (Anexo 9). Existe diferencia significativa entre la base, frente al medio y ápice; difieren estadísticamente. Pero no existe diferencia significativa entre el medio vs ápice.

Cuadro 24. Prueba de Duncan para las alturas respecto a la relación T/R.

Nivel de altura	Promedio ¹	Duncan (p<0,05)
base	1.91	a
medio	1.65	b
ápice	1.57	b

¹Los valores representan el promedio. La letra a-b representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan (p<0,05).

En el Cuadro 25, se observa, que al aplicar la prueba de Duncan no existe diferencia significativa entre las orientaciones. Según Duncan los ubica en una misma categorización de significancia, lo cual se observa en el ANVA siendo no significativo (Anexo 7). Asimismo tampoco existe la diferencia numérica.

Cuadro 25. Prueba de Duncan de las orientaciones respecto a la relación T/R.

Orientación	Promedio ¹	Duncan ($p < 0,05$)
norte	1.71	a
Sur	1.71	a

¹Los valores representan el promedio. La letra a representa la diferencia estadística entre los tratamientos. Evaluado mediante DBCA, prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Como observamos en la Cuadro 24 y Figura 8, vemos que relación T/R varía en el nivel de altura y va disminuyendo desde la base hacia la copa del árbol y observamos que van a tener defectos en el secado.

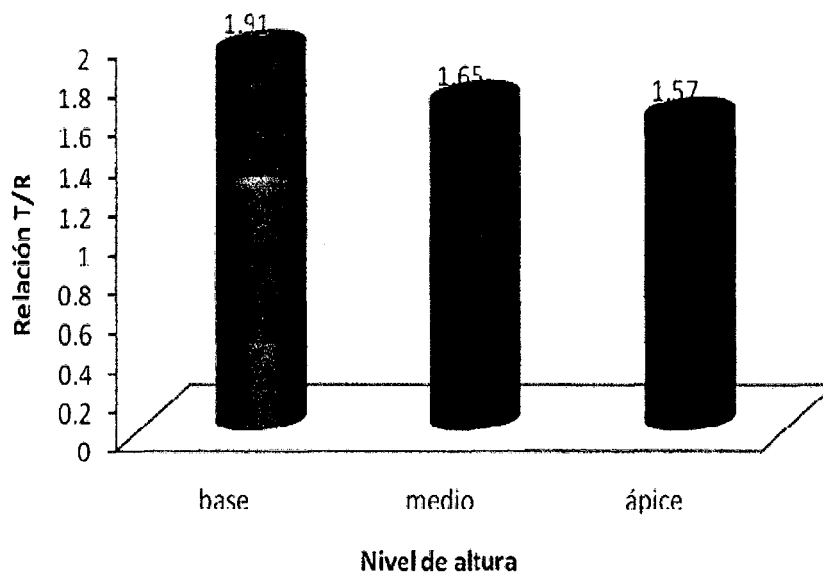


Figura 8. Relación T/R promedio respecto a las alturas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Asimismo la relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1988 y GRIGORIEV, 1985).

KOLLMANN (1959) la relación de la contracción tangencial y radial es un índice de la estabilidad de la madera. Cuando la relación (T/R) se acerca a uno, la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado. Por lo que, maderas con relación entre coeficientes $T/R > 2$ presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería (VIGNOTE, 2000).

Mientras mayor es la relación T/R las maderas son más nervosas (ANANÍAS, 1992). Según SOLANO (1998) la anisotropía es la característica que hace que la madera al perder humedad varíe sus dimensiones en diferentes proporciones en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial). Esta propiedad tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado. Si esta relación fuera igual a 1 las deformaciones por efecto del secado serían despreciables, pero lo normal es que ese coeficiente sea mayor de 1.5, entonces la disminución desigual de las dimensiones tiende a producir deformaciones que en muchos casos aumenta las pérdidas de madera durante el proceso de secado. El valor del CED incide directamente sobre la duración del secado porque no se podrá aplicar un secado forzado a una especie que tenga un alto CED

Los valores encontrados en la relación de anisotropía de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don es de 1.71 que de acuerdo a lo mencionado por (KOLLMANN, 1959) la relación T/R esta en el rango de 1.5 a 2.5 por la cual la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. (huamanzamana) no tendrá mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad de la madera de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. es de 96.54%. El contenido de humedad mayor es en la orientación norte 96.76%, que en la orientación sur 96.32%.
2. La densidad saturada es de 0.60 g/cm^3 . La densidad básica de la madera es de 0.31 g/cm^3 clasificándose como baja. La densidad anhidra de la madera es de 0.35 g/cm^3 . Siendo la orientación sur con mayor densidad saturada, básica y anhidra.
3. El cambio dimensional en la contracción longitudinal es 0.40%, la máxima contracción, la experimentó el plano tangencial siendo 8.22% más contráctil en relación al plano radial 4.87%, la contracción volumétrica es de 15.44%. Siendo la orientación sur con mayor contracción tangencial, radial y longitudinal.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es necesario investigar más sobre el comportamiento de las propiedades de la madera con respecto a la edad, dado que es un factor que más influye en las propiedades físicas. Asimismo es recomendable realizar la caracterización anatómica de la madera, la cual ayudaría a reforzar los resultados que se puedan obtener.
2. Difundir toda información o estudio tecnológico, por lo menos a nivel nacional para dar impulso y conocimiento de maderas de nuestra Amazonia al mercado; así evitar la explotación de especies valiosas.

VII. ABSTRACT

This study was conducted at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, School of Renewable Natural Resources, Academic Unit of Machinery and Use of Laboratory Wood and Wood Anatomy, with the purpose of determining the physical properties of three stem heights *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Reserved Forest from the Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

The experimental design used was randomized complete block with five blocks and three treatments. This was followed by the chipping of trees yielding a central plank of 60 cm long with a thickness of 5 cm, base, middle and apex of the stem. Central plank joists and then got to have specimens with dimensions 3 cm x 3 cm x 10 cm each log with respect for their leadership and guidance, each specimen was carefully coded with an indelible marker, and then be brought to the laboratory.

We evaluated the moisture content, density and shrinkage for which data were taken as follows: specimens were weighed to have the wet weight, wet volume was determined indirectly, by immersing the specimen in a known weight of distilled water without touching the bottom of the vessel were

measured immediately after the central points of the faces, the dimensions tangential, radial and longitudinal. Then take it to the oven for 7 days to obtain the oven dry weight also, once removed from the oven the specimens were paraffin to determine the oven-dry volume, indirectly in distilled water and measured the central points of faces, the dimensions tangential, radial and longitudinal.

It concluded that: 96.54% moisture content, density 0.603 g/cm³ saturated, 0.31g/cm³ basic density, density anhydrous 0.35 g/cm³, tangential shrinkage 8.22%, 4.8% radial contraction, longitudinal contraction 0.40%, volumetric contraction 15.44% shrinkage and the T/R 1.71. Also, the basic density as other properties south emphasized more, only the moisture content in the direction pointed north.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- ANANÍAS, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41p.
- ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo N^o 2 PNUD/FAO 81/002. Lima – Perú. 57 p.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la madera, Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. 186 p.
- CASTRO; F. 1972. Estudio Anatómico, Físico y Mecánico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis. UNAC. Huancayo. 98 p.
- COORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. 2003. Manual para la Construcción de Vivienda en Madera. Capítulo I. Chile. 55p.
- CUEVAS, E. 2003. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 68 p.
- DANJOY, A.W. 1972. Comparativo Altitudinal sobre Propiedades Físico – Mecánicas de una Especie Maderable de Selva Alta. UNCP. Huancayo – Perú. 95 p.
- DELGADO, R. 1981. Secado de Madera. UNALM. Lima, Perú. 164 p.

- DÍAZ, P. P. 2005. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) Proveniente de la Zona de Cauquenes. Tesis Ing. en Industrias de la Madera. Universidad de Talca. Talca, Chile. 179 p.
- EDUARDO, C. 1985. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. [EN LINEA]: (<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc040.pdf>).
- FACHIN, M.C. 1986. Estudio de las Propiedades Físico – Mecánicas y su Variación en el Tronco de la *Parkia velutina* R. Benth (pashaco curtidor), en los Bosques de la Plantación de Jenaro Herrera. Tesis Iquitos – Perú. 98 p.
- GRIGORIEV, M.A. 1985. Estudio para Materiales para Ebanistas y Carpinteros. Editorial MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.
- HERMINIO, J. 2003. Producto Regular según Conceptos de Contracciones, Contenido de Humedad, Alabeos y Grietas. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Madera. Valdivia, Chile. 85 p.
- KOLLMANN, F. 1959. Descripción General y Anatómica de 105 Especies del Grupo Andino. PADT – REFORT. Colombia. 248 p.
- KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus Aplicaciones. Instituto Forestal de Investigación y Experiencias al Servicio de la madera V.1. 657 p.

- KOLLMAN, F., COTÉ. 1968 "Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood". New York, USA. 592 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1988. JUNAC. Manual de Secado de las Maderas del Grupo Andino. Lima. 105 p.
- PÉREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
- POMACHAGUA, G. 1993. Propiedades y Usos de Especies Madereras de corta Rotación. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). Santiago, Chile. 87 p.
- PROMPEX MADERAS DEL PERÚ. 2004. [EN LINEA]: ([http://export.promperu.gob.pe/Prompex/Documents, documentos](http://export.promperu.gob.pe/Prompex/Documents_documentos), 15 Set. 2009).
- REYNEL, C., PENNINGTON, R.T., PENNINGTON, T.D., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles Útiles de la Amazonía Peruana, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. ICRAF, International center for research in Agroforestry. Editorial Breña. Lima, Perú. 510 p.
- RODRÍGUEZ, F., VILLASANTE, A. 1998. Pinus Uncinata del Pirineo de Lleida: Factores de contracción de la madera. Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Lleida. 24 p.
- SCHREWE, H. 1983. Manual de Secado de la Madera. FAO Lima, Perú 145 p.
- SIAU, J.F. 1984. Transport Processes in Wood. Springer Series. In Wood Science. Syaracuse New York EUA. 245 p.

- SOLANO, O. 1998. Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p.
- TECNOLOGIA DE LA MADERA. 2005. Documento Técnico N° 1. Ministério de Educación programa Chile Califica. Gutenberg, Talca. 84 p.
- TUSSET, P. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.
- VIGNOTE, S. 2000. Tecnología de la Madera en Construcción Arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 277p.

IX. ANEXOS

Cuadro 26 del anexo 1. Análisis de variancia para el contenido de humedad.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	916.33	11.01	*
Nivel de altura (A)	2	1112.55	13.37	*
Orientación (B)	1	12.79	0.15	NS
A*B	2	195.89	2.35	NS
Error experimental	20	83.22		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 9,4493%

Cuadro 27 del anexo 2. Análisis de variancia para la densidad saturada.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	0.014	6.305	*
Nivel de altura (A)	2	0.168	76.592	*
Orientación(B)	1	0.002	0.805	NS
A*B	2	0.001	0.238	NS
Error experimental	20	0.002		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 7,7608%

Cuadro 28 del anexo 3. Análisis de variancia para la densidad básica.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	0.006	6.990	*
Nivel de altura (A)	2	0.070	76.315	*
Orientación(B)	1	0.001	0.683	NS
A*B	2	0.001	1.026	NS
Error experimental	20	0.001		
Total	29			

Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 9,742011%

Cuadro 29 del anexo 4. Análisis de variancia para la densidad anhidra.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	0.012	9.770	*
Nivel de altura (A)	2	0.050	40.516	*
Orientación(B)	1	0.002	1.560	NS
A*B	2	0.001	0.743	NS
Error experimental	20	0.001		
Total	29			

Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 10,025%

Cuadro 30 del anexo 5. Análisis de variancia para la contracción tangencial.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	212.31	96.05	*
Nivel de altura (A)	2	229.20	103.69	*
Orientación (B)	1	4.61	2.09	NS
A*B	2	7.36	3.33	*
Error experimental	20	2.21		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 18,08679%

Cuadro 31 del anexo 6. Análisis de variancia para la contracción radial.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	73.79	81.99	*
Nivel de altura (A)	2	27.86	30.95	*
Orientación(B)	1	2.53	2.81	NS
A*B	2	3.90	4.33	*
Error experimental	20	0.90		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 19,48023%

Cuadro 32 del anexo 7. Análisis de variancia para la contracción longitudinal.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	1.23	27.23	*
Nivel de altura (A)	2	0.01	0.15	NS
Orientación(B)	1	0.00	0.04	NS
A*B	2	0.03	0.72	NS
Error experimental	20	0.05		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 53,2006%

Cuadro 33 del anexo 8. Análisis de variancia para la contracción volumétrica.

Fuente de variación	GL	CM	FC	SIG.
Bloque	4	274.60	41.17	*
Nivel de altura (A)	2	849.31	127.32	*
Orientación(B)	1	29.98	4.49	*
A*B	2	40.07	6.01	*
Error experimental	20	6.67		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 16,72748%

Cuadro 34 del anexo 9. Análisis de variancia para la relación T/R.

Fuente de variación	GL	CM	FC.	SIG.
Bloque	4	1.64	18.26	*
Nivel de altura (A)	2	2.92	32.48	*
Orientación(B)	1	0.00	0.05	NS
A*B	2	0.44	4.88	*
Error experimental	20	0.09		
Total	29			

*Significativo. NS representa no significativo. Evaluado mediante DBCA, ANVA.

CV= 17,5287%

Cuadro 35 del anexo 10. Medidas de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Nº de árbol	dap(cm)	AT (m)	AC (m)
1	54.1	31.07	19.87
2	52.6	26.08	11.78
3	51.9	29	12.78
4	44.9	28.53	15.6
5	45.2	30.2	15.2

Anexo 11. Colección de muestras



Anexo 12. Talado, trozado y aserrío primario



Anexo 13. Preparación de las probetas



Anexo 14. Determinación de las propiedades físicas



Anexo 15. Formato de Propiedades Físicas de la Madera

Formato de Propiedades Físicas de la Madera						
especie:	huamazamana		árbol n°:	1		
nombre científico:			Altitud:			
Dap:	170 cm		Fecha:	03/12/2008		
AT:	31.07 m		Observaciones:	tocón 39 cm		
AC:	19.87 m					
código	peso seco (gr.)	volumen seco (gr.)	dimensiones secas			Observación
			R	L	T	
1BS11	27.65	82.1	27.487	99.88	29.922	
12	28.01	80.7	30.019	99.37	26.84	
13	26.35	81.3	30.092	100.31	27.199	
1BS21	27.57	82.1	30.319	99.96	26.873	
22	26.99	81.9	30.191	100.1	27.271	
23	27.6	81.8	29.836	100.26	27.413	
1BS31	28.52	82.2	30.137	100.74	27.28	
32	28.14	81	29.915	101.31	27.92	
33	29.09	81.7	30.251	100.22	27.401	
1BS41	31.63	82.8	29.911	100.48	27.338	
42	30.93	81.9	29.908	100.4	27.226	
43	31.8	84	30.301	100.75	27.6	
1BS51	30.62	84.4	30.439	99.75	27.698	
52	30.07	83.6	27.804	100.05	30.085	
53	30.93	85.3	30.558	100.17	27.959	
1BN11	25.88	80.5	29.82	100.04	17.055	
12	25.68	82	30.013	99.6	27.111	
13	25.44	81.8	29.825	100.16	27.09	
1BN21	29.93	84.3	27.86	100.2	30.502	
22	29	84.2	30.658	100.4	28.099	
23	27.47	84.8	30.676	100.43	27.699	
1BN31	25.77	83.3	29.244	99.62	28.255	
32	23.85	83.2	29.304	101.93	28.039	
33	28.3	82.3	28.292	101.7	29.374	
1BN41	35.34	88.5	29.665	99.9	29.85	
42	35.01	88.7	29.45	100.88	29.563	
43	37.03	88.2	29.52	101.12	29.748	
1MS11	26.64	88.7	30.407	101.32	29.125	
12	26.15	89.6	29.626	101.25	30.287	
13	26.33	89.12	29.482	101.98	29.85	
1MS21	30.78	87.9	30.003	101.22	29.133	
22	30.48	86.6	29.43	101.27	29.109	
23	30.92	88.4	29.907	102.48	29.063	
1MS31	31.63	86.2	29.171	101.36	28.883	
32	31.78	86	29.199	100.48	28.963	
33	31.76	85.6	29.262	100.75	28.858	
1MS41	34.41	84.12	28.997	100.93	28.384	
42	34.48	84.3	29.144	100.83	28.221	