

AGRADECIMIENTO:

A Dios quien supo guiarme por el buen camino, dándome las fuerzas necesarias para seguir más allá y no renunciar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni debilitar en el intento.

A **mis padres** por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos **Manuel, Jenny**, quienes siempre han estado pendientes de mí en todos estos años, por estar junto a mí en los buenos y malos momentos.

A la persona más especial de mi vida, **Mónica V.** por agenciarme las NTP, por su ayuda que ha sido fundamental, por estar conmigo hasta en los momentos más turbulentos, porque estuvo motivándome y ayudándome hasta donde sus alcances lo permitían. Te agradezco muchísimo amor.

Un agradecimiento de manera especial al **Mcs. Ing. Héctor Pérez Loayza** por su ayuda desinteresada y guía proporcionada para el desarrollo de la presente investigación.

También agradezco a mis grandes amigos Juan Casas, Tony Bringas, Segundo C. Bautista, Aldo Micha, a los futuros ingenieros Leiner Guerrero, Víctor Sánchez, Ing. Roberto Cachay, Ing. Vicente Sánchez, por sus grandes consejos y apoyo durante el desarrollo de la presente investigación.

A todo el personal del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes siempre estuvieron abiertos a brindar las instalaciones del laboratorio y aportar con su experiencia en la realización de la presente investigación.

A la carpintería BAUTISTA, y la Asociación Civil dedicada a la investigación y el desarrollo forestal (ADEFOR), por brindarme el material, herramientas y equipos para la elaboración de probetas y vigas laminadas, coladas y prensadas.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas quienes directa o indirectamente ayudaron a la culminación de la presente investigación.

R. B.

DEDICATORIA:

A **mis padres** por ser siempre el mejor ejemplo en la vida

A mis hermanos **Manuel, Jenny**, quienes siempre han estado pendientes de mí en todos estos años, por estar junto a mí en los buenos y malos momentos.

R. B.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FORMULAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN:.....	xi
ABSTRACT:.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	15
1.3.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES	15
1.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	16
1.3.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. TEÓRICA:	18
1.4.2. ASPECTO TÉCNICO:.....	18
1.4.3. PERSONAL:	18
1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. DELIMITACIONES	19
1.7. OBJETIVOS.....	19
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. LA MADERA COMO MATERIA PRIMA	20
2.1.2. FORMACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MADERA.....	21
2.1.3. ESTRUCTURA ANATÓMICA	23
2.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.	25
2.1.5. NORMAS DE CLASIFICACIÓN VISUAL	25
2.1.6. REGLAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL ...	25
2.1.7. REGLA DE CLASIFICACIÓN = CALIDAD GARANTIZADA	26
2.1.8. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES O GRUPOS ESTRUCTURALES	28
2.1.9. LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	29

2.1.10.	PINO RADITA:.....	30
2.2.	BASES TEÓRICAS	32
2.2.1.	TEORÍAS DE VIGAS COMPUESTAS LAMINADAS.....	32
2.2.2.	LA MADERA LAMINADA PRENSADA Y ENCOLADA.....	34
2.2.3.	LAMINAS TIPO SÁNDWICH (LAMINACIÓN HORIZONTAL):	35
2.2.4.	PROPIEDADES DE LA MADERA.....	36
2.2.5.	DISEÑO DE VIGAS	45
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		56
3.1.	MATERIALES.....	56
3.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ESCENARIOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.2.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ADEFOR:.....	56
3.2.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.....	56
3.3.	TIPO, NIVEL, ANÁLISIS Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	57
3.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	57
3.5.	MUESTRA.....	58
3.6.	UNIDAD DE ANÁLISIS	58
3.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	59
3.9.	MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA NTP 251.017	59
3.9.1.	OBJETO	59
3.9.2.	REFERENCIAS NORMATIVAS	59
3.9.3.	CAMPO DE APLICACIÓN.....	60
3.9.4.	MUESTREO.....	60
3.9.5.	MÉTODOS DE ENSAYO.....	60
3.9.6.	FÓRMULAS DE CÁLCULO	63
3.10.	MÉTODOS DE DISEÑO.....	65
3.11.	PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS	67
3.11.1.	ELECCIÓN DEL BOSQUE	67
3.11.2.	CUADRO RESUMEN DE PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS	70
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		71
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76
3.11.3.	CONCLUSIONES.....	76
3.11.4.	RECOMENDACIONES	76
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRÁFICAS.....		78

6.1.1.	LIBROS.....	78
6.1.2.	TESIS.....	78
6.1.3.	NORMAS Y REGLAMENTOS.....	79
CAPÍTULO VII. ANEXOS		81
CAPÍTULO VIII. FOTOS		172

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Operación de variables.....	16
TABLA 2: Matriz de consistencia.....	17
TABLA 3: PADT- REFORT/JUNAC (1984).....	27
TABLA 4: Caracterización mecánica de vigas.....	31
TABLA 5: Deflexiones máximas admisibles.....	48
TABLA 6: Módulos de elasticidad para los tres grupos de madera.....	49
TABLA 7: Esfuerzos de compresión y tensión producidos por flexión.....	51
TABLA 8: Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, $f_v(\text{kg/cm}^2)$..	53
TABLA 9: Ubicación geográfica de ADEFOR.....	56
TABLA 10: Ubicación geográfica de la UNC.....	56
TABLA 11: Coeficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol y sus componentes.....	22
Figura 2. Corte transversal y longitudinal de un fuste de un árbol.....	22
Figura 3. Lámina horizontal.....	35
Figura 4. Esfuerzos en una viga laminada.....	35
Figura 5. Esfuerzos en una viga maciza	36
Figura 6. Momento de inercia	47
Figura 7. Sección Transversal, distribución de esfuerzos	50
Figura 8. Generación del esfuerzo cortante	51
Figura 9. Generación del esfuerzo cortante en una viga.....	52
Figura 10. Escuadria óptima	53
Figura 11. Ubicación geográfica de ADEFOR.....	56
Figura 12. Ubicación geográfica de la UNC.....	57
Figura 13. Flexión estática.....	63
Figura 14. Ubicación de la Sub Zona.....	67
Figura 15. Ubicación de árbol por la Sub Zona.....	68
Figura 16. Características de árbol por la Sub Zona.....	69
Figura 17. Procedimiento de corte de troza y habilitación primaria	69

ÍNDICE DE FÓRMULAS

FÓRMULA (1).....	37
FÓRMULA (2).....	38
FÓRMULA (3).....	38
FÓRMULA (4).....	39
FÓRMULA (5).....	39
FÓRMULA (6).....	39
FÓRMULA (7).....	40
FÓRMULA (8).....	40
FÓRMULA (9).....	40
FÓRMULA (10).....	41
FÓRMULA (11).....	41
FÓRMULA (12).....	41
FÓRMULA (13).....	42
FÓRMULA (14).....	50
FÓRMULA (15).....	50
FÓRMULA (16).....	50
FÓRMULA (17).....	52
FÓRMULA (18).....	52
FÓRMULA (19).....	52
FÓRMULA (20).....	52
FÓRMULA (21).....	63
FÓRMULA (22).....	63
FÓRMULA (23).....	64
FÓRMULA (24).....	64
FÓRMULA (25).....	64
FÓRMULA (26).....	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL A, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011	81
ANEXO 2. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL B, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011	82
ANEXO 3. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL C, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011	83
ANEXO 4. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL D, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011	84
ANEXO 5. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL B, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	85
ANEXO 6. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL B, TROZA II, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	86
ANEXO 7. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL C, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	87
ANEXO 8. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL C, TROZA II, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	88
ANEXO 9. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL D, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	89
ANEXO 10. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL D, TROZA II, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	90
ANEXO 11. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LAS VIGAS MACIZAS, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	91
ANEXO 12. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LAS VIGAS LAMINADAS, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017	92
ANEXO 13. ENSAYOS DE ACUERDO A LAS NTP.....	93
ANEXO 14 DISTRIBUCIÓN DE LÁMINAS Y UNIONES EN LAS VIGAS LAMINADAS..	170
ANEXO 15 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS VIGAS MACIZAS Y VIGAS LAMINADAS	171

RESUMEN:

Esta investigación tiene el propósito de comparar la resistencia a flexión de vigas de madera macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas construidas de pino radiata de la región Cajamarca, para ello dividimos la investigación en tres etapas: en la primera etapa ubicamos el bosque para el estudio y al mismo tiempo seleccionamos los árboles que servirán de muestra para la investigación, seguidamente realizamos la habilitación primaria de la madera; en la segunda etapa construimos las vigas macizas conjuntamente con la elaboración de probetas para ensayos como: contenido de humedad, ensayos a flexión, corte o cizallamiento paralelo a la fibra, densidad y finalmente en la tercera etapa, con ayuda de los resultados de la etapa anterior construimos las vigas laminadas, encoladas y prensadas, utilizando criterios de diseños como el principio de traslape, momentos flectores y cortantes de una carga puntual, y el método elástico plástico, previa elección y puesto a prueba de diferentes uniones y pegamento Tekno cola ultra. Llegando a la conclusión que las vigas laminadas tienen un incremento del 53% de la resistencia a flexión frente a las vigas macizas y que podemos construir vigas laminadas de grandes dimensiones a base de láminas encoladas y prensadas de madera, para diferentes solicitudes de carga. En el **capítulo I**, redactamos la introducción, el planteamiento del problema, hipótesis justificación, alcances, delimitaciones y objetivos; en el **capítulo II**, presentamos el marco teórico, en el **capítulo III**, enumeramos los materiales y métodos, y en los capítulos siguientes presentamos el análisis y discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones, biografía, anexos y las fotografías de todo el proceso de la investigación.

ABSTRACT:

This research has the purpose of comparing the resistance a bending of solid wood beams and laminated, glued and pressed beams built of radiata pine of the Cajamarca region, for this we divide the research in three stages: in the first stage we locate the forest for the Study and at the same time we select the trees that serve as sample for the investigation, next we realize the primary habilitation of the wood; In the second stage we constructed the solid beams together with the preparation of test specimens for: moisture content, bending tests, shear parallel to fiber, density and finally in the third step, with the aid of the results of the previous stage We built laminated, glued and pressed beams, using design criteria such as the principle of overlapping, bending and cutting moments of a punctual load, and the plastic elastic method, previous choice and put a test of various joints and glue Tekno ultra glue. Coming to the conclusion that the laminated beams have a 53% increase of the resistance a flexion against the solid beams and that can build large laminated beams a base of glued and pressed sheets of wood, for the new orders of load. In **Chapter I**, we write the introduction, the problem approach, the justification hypothesis, scope, delimitations and objectives; In **chapter II**, it presents the theoretical framework, in **chapter III**, lists the materials and methods, and in the following chapters presents the analysis and discussion of results, conclusions and recommendations, biography, annexes and photographs of the whole process of the investigation

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La madera probablemente el primer material usado por el hombre para fines estructurales, ha venido desempeñado a través de los siglos un papel importante de obras de todo tipo, son muchas de las propiedades favorables de la madera por ejemplo, su fácil labra, su notable resistencia a la tracción, compresión, flexión. La madera puede reproducirse y cosecharse es el único recurso natural renovable dotado de buenas propiedades estructurales.

A medida que pasa el tiempo, el ser humano en la continua búsqueda de la satisfacción de sus necesidades ha analizado, estudiado e intentado establecer en planteamientos matemáticos y físicos los fenómenos de la naturaleza, las propiedades y características de los materiales que la componen, esto basado en los principios de la ciencia y la ingeniería que han acompañado al hombre desde su evolución intelectual. La ingeniería estructural ha sido uno de los mejores resultados de esta relación del hombre con la ciencia y la ingeniería y que en la actualidad ha rendido muchos frutos, de tal modo y magnitud que prácticamente toda estructura que se erige debe cumplir con códigos establecidos, que en realidad son normas y especificaciones a las cuales se ha llegado a través de minuciosos e intensivos estudios para proporcionar seguridad a la localidad que las adopte, de modo que las estructuras construidas en dicha región cumplan con el principal objetivo de su edificación que es albergar a determinada cantidad de personas de manera segura y satisfactoria.

Cada material ha tenido su propio desarrollo, sin embargo este ha sido más significativo y notorio para el acero estructural y el concreto reforzado no así para la madera, la cual ha tomado nuevamente auge debido a la evidente necesidad de la utilización de materiales menos perjudiciales al medio ambiente, así como de las tendencias arquitectónicas modernas; por lo cual es evidente que es el único material poseedor de dichas características.

Las ventajas de la construcción con madera es que esta tiene un comportamiento excepcional en zonas sísmicas, pues absorbe mejor las fuerzas dinámicas inducidas por los sismos dada su flexibilidad, fortaleza y sobre todo su poco peso, lo que reduce la inercia evitando la aceleración de la estructura y su colapso.

En la ingeniería estructural hay una tendencia a reemplazar la actual metodología del Método de Esfuerzos Permisibles (ASD por sus siglas en inglés) por el proceso

de análisis por factores de carga y resistencia (LRFD), recientemente adoptado en los códigos para edificaciones de regiones como:

Estados Unidos, Canadá, Brasil, Europa, entre otros. En Perú las estructuras de madera han sido tradicionalmente diseñadas a través del método

ASD, debido al obvio carecimiento de recursos para realizar estudios propios, el poco conocimiento de las actualizaciones en las normas extranjeras, etc.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transformación de la madera en material de construcción (madera estructural) implica menos consumo de energía, menor contaminación del aire y del agua, menor costo; lo que caracteriza a la fabricación de acero, cemento, aluminio, plásticos, etc. Según los investigadores la energía que hace falta para procesar la unidad de peso de madera es aproximadamente 6 veces inferior a la necesaria para la unidad de peso de acero estructural. Ahora debido a la ligereza de la madera, energéticos en el no solo en los procesos de elaboración, sino también en el transporte, además cabe mencionar que la madera puede reproducirse y cosecharse es el único recurso natural renovable dotado de buenas propiedades estructurales. [Eric Barrios, Wilver Contreras M. Mary Owen de C. 2006, Recuperación energéticas y económicas del uso de la madera como elementos constructivos para viviendas de interés social en Venezuela, Venezuela, pág. 1-28]

La madera de pino radiata en Cajamarca viene siendo aprovechada en gran escala en la mueblería dejando de lado sus importantes propiedades físicas y mecánicas que pueden ser aprovechadas en la construcción de elementos estructurales de grandes luces, en nuestro medio se vienen construyendo locales deportivos, almacenes, restaurantes, entre otros, que necesitan de vigas de grandes luces y son construidas a base de estructuras metálicas, las mismas que pueden reemplazarse por las vigas laminadas de madera reduciendo los costos y dando una mejor arquitectura.

Siendo conocedores que la madera es un material que tiene dimensiones limitadas, y sabiendo la importancia y ventajas de la misma como material de construcción, en esta tesis se plantea el “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE VIGAS MACIZAS Y VIGAS LAMINADAS,

ENCOLADAS Y PRENSADAS, TIPO SÁNDWICH, UTILIZANDO MADERA DE PINO RADIATA, EN CAJAMARCA”.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué porcentaje se diferencia la resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sándwich, utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La viga laminada, encolada y prensada tipo sándwich conformadas a base pino radiata obtiene mayor resistencia a la flexión que la viga maciza, confeccionada a base de pino radiata.

1.3.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente

- Resistencia a la flexión de la viga de madera de pino radiata.

Variables independientes

- Forma de fabricación de las vigas

1.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 1: Operación de variables

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Medición	Instrumento
<ul style="list-style-type: none"> Forma de fabricación de las vigas 	<ul style="list-style-type: none"> Sólida¹ Laminada² 	<ul style="list-style-type: none"> Maciza Laminada 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad o N° de vigas 	<ul style="list-style-type: none"> Observación Ficha
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Medición	Instrumento
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la flexión de vigas de madera de pino radiata. 	<ul style="list-style-type: none"> El esfuerzo 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la flexión en (Kg/cm²) Carga máxima Carga de rotura Flecha máxima (*) Tipo de falla Tiempo de ensayo 	<ul style="list-style-type: none"> En Kg/cm² En kg En kg En mm A, B, C, D, E, F En min 	<ul style="list-style-type: none"> Observación Ficha

(*) La flecha máxima se registra en los cuadros de anexos. (Deformación por cada elemento)

¹ Conformada por un solo elemento

² Conformada por ocho (08) láminas horizontales

1.3.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TABLA 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Formulación del problema general:</p> <p>¿En qué porcentaje varía la resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sandwich, utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>“Comparar la resistencia a flexión entre vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sandwich, sometidas a flexión, utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca”.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Determinar las propiedades físicas y mecánicas la madera, utilizando las normas técnicas peruanas. 2) Determinar el área de influencia de nudos con respecto a la cara de las vigas macizas. 3) Seleccionar los árboles de mayor resistencia a la flexión y de alta densidad para la construcción de vigas laminadas. 4) Determinar el tipo de falla de probetas estándar. 5) Elegir y distribuir el tipo de unión para la lámina. 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La viga laminada, encolada y prensada tipo sandwich conformadas a base pino radiata obtiene mayor resistencia a la flexión que la viga maciza, confeccionada a base de pino radiata.</p>	<p>Tipo:</p> <p>Aplicada³</p> <p>Nivel:</p> <p>Descriptivo</p> <p>Método:</p> <p>Experimental⁴.</p> <p>ANÁLISIS:</p> <p>Explicativa</p>	<p>Población:</p> <p>Toda la madera de pino radiata que puedan ser utilizadas en la ciudad de Cajamarca para diferentes obras civiles.</p> <p>Muestra:</p> <p>Especímenes de madera en forma de vigas macizas, y vigas laminadas, prensadas y encoladas elaboradas en ADEFOR y ensayadas a la flexión en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.</p>

³ Esta clasificación se basa en el criterio de propósito o utilidad de la investigación (FAO/IAEA2008)

⁴ El investigador a manipulado los tratamientos de las variables independientes para obtener un mayor control y evidencia de la causa – efecto.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. TEÓRICA:

Adquirir los conocimientos de la resistencia a flexión de elementos lineales contruidos de madera de pino radiata.

1.4.2. ASPECTO TÉCNICO:

Permite usar el conocimiento adquirido para construir elemento laminado con una alta resistencia a la flexión y dar un aporte a la construcción civil para la ciudad de Cajamarca y otros escenarios.

1.4.3. PERSONAL:

La madera de pino radiata en Cajamarca es aprovechada a gran escala en la construcción de mueblería, personalmente quiero demostrar que esta madera alcanza una alta resistencia a la flexión siempre que se seleccione y trabaje de forma laminada y que se aplicada para la construcción de elementos estructurales de madera de largas distancias.

Esta investigación servirá en un futuro como base para otras investigaciones en madera, como construcción de vigas laminadas en arco.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se enfocará en el área de la Ingeniería Civil, específicamente en las ramas de Tecnología de los Materiales de Construcción y Estructuras, con el objeto de comparar la resistencia a la flexión de vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sándwich, utilizando madera de pino radiata.

El estudio se efectúa a nivel y experimental. Se pretende realizar un análisis de una viga laminada, prensada y encolada de tal manera que las láminas estén ubicadas en forma de sándwich (laminado horizontal) y que esta tenga un tamaño a escala natural. Se plantea ensayar 06 vigas macizas y 06 vigas laminadas de 4"x8"x3.2m (dimensiones máximas que se puede ensayar en el Laboratorio de Materiales de Construcción de Ingeniería Civil de la UNC)

1.6. DELIMITACIONES

ALCANCE GEOGRÁFICO:

- Región Cajamarca.

ALCANCE POBLACIONAL:

- Dirigido a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil.

ALCANCE TEÓRICO:

- Deformación de materiales por carga puntual, sometidas a flexión.

ALCANCE PRÁCTICO:

- Construir elementos estructurales lineales a base de láminas y adhesivos.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

“Comparar la resistencia a flexión entre vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sándwich, sometidas a flexión, utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca”.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera, utilizando las normas técnicas peruanas.
- 2) Determinar el porcentaje de influencia de nudos con respecto a la cara de las vigas macizas.
- 3) Seleccionar los árboles de mayor resistencia a la flexión y de alta densidad para la construcción de vigas laminadas.
- 4) Determinar el tipo de falla de probetas estándar.
- 5) Elegir y distribuir el tipo de unión para la lámina.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. LA MADERA COMO MATERIA PRIMA

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la gran mayoría de los países desarrollados, su uso como material estructural alcanza más del 90% de la construcción habitacional desde 1 a 4 pisos [Fritz, 2004].

La madera como materia prima de diversos usos en base de madera tiene muchas ventajas. Es un recurso renovable mediante un manejo sustentable, es decir, armonizando su aprovechamiento con su velocidad de renovación en un marco asimilable por el medio ambiente. Es un material noble multiuso, que puede ser utilizado en la construcción, industria o con fines particulares. En este sentido algunas ventajas y desventajas deben ser consideradas:

- La madera es fácil de trabajar: Se puede cortar con métodos simples. Puede unirse fuertemente mediante clavos, conectores, pernos o adhesivos [Ananías, 1993].
- La madera tiene buenas propiedades de resistencia mecánica. Es rígida pero flexible, es resistente al impacto y buen amortiguador de vibraciones [Ananías, 1993].
- La madera sufre pequeños cambios dimensionales por efecto de cambios de temperatura [Ananías, 1993].
- La madera es biodegradable, pero tiene una cierta durabilidad natural, la que puede ser mejorada artificialmente introduciéndole preservantes [Ananías, 1993].
- La madera cambia sus dimensiones frente a variaciones de humedad. “La madera tiene cierta aislación acústica, la que puede ser mejorada en cierto grado por el sistema constructivo” [Ananías, 1993].
- La madera es un buen combustible, que puede ser ventajoso al usarla para producir energía pero limita el uso de la madera en construcción, no obstante esta desventaja puede ser minimizada introduciéndole productos ignífugos o retardantes del fuego [Ananías, 1993].

- La madera es heterogénea, su estructura anatómica y química y sus propiedades físicas y mecánicas son variables. Por otra parte, la madera presenta ciertas características comunes en todas las especies, entre ellas se destacan:
 - La madera tiene estructura celular, que está formada por células que son sus unidades básicas, conformando un material sólido y poroso.
 - La madera es anisotrópica, presenta un comportamiento diferente en las direcciones longitudinales y transversales.
 - La madera es higroscópica, puede captar o liberar humedad de acuerdo a las condiciones ambientales.

2.1.2. FORMACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MADERA

Como se indica anteriormente, la madera es un material sólido, poroso, heterogéneo y de estructura celular conformado por unidades estructurales básicas denominadas células vegetales. Tales células tienen un aspecto tubiforme (forma de tubo) y presentan una pared celular que deja una cavidad denominada lumen celular. La formación de cada una de estas células es el resultado de divisiones que se producen en una zona del árbol encargada de la reproducción de los diferentes tejidos denominada cambium [Ananías, 1993].

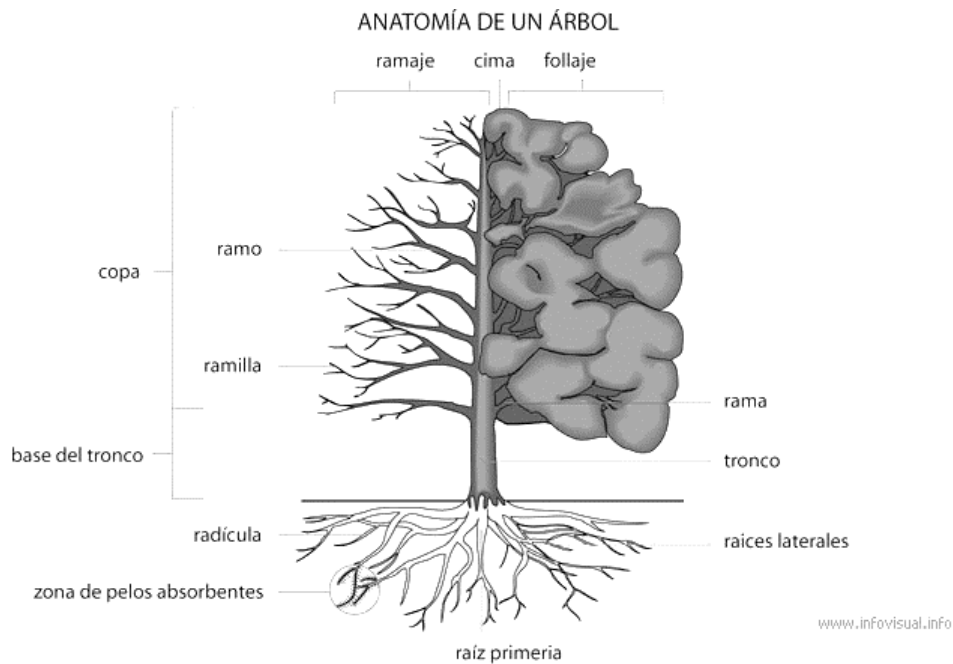
El cambium se ubica rodeando al tronco y ramas y separa a la madera de la corteza. El cambium está formado por las células cambiales iniciales y sus derivadas con capacidad de reproducción o células madres conformando una zona cambial. Las células cambiales iniciales son:

La célula fusiforme inicial, que da origen a todas las células longitudinales.

- La célula radial inicial, de la cual se producen todas las células transversales.
- La división del cambium puede ser de dos tipos:
 - División periclinal (en el plano tangencial), la que genera células para aumentar el volumen del tallo. Es la división más importante.
 - La división periclinal (en el plano radial), la que genera células para aumentar la circunferencia del cambium.

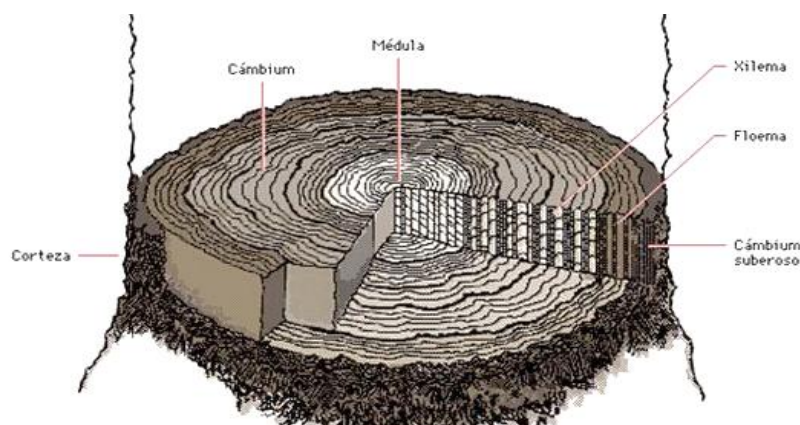
Para alcanzar la maduración, las células producidas por el cambium luego de la división, deben obtener sus dimensiones finales en largo y diámetro, engrosar su pared celular, lignificar y transformar su citoplasma. Este proceso de maduración involucra la formación de células de xilema o madera y de floema o corteza [Ananías, 1993].

Figura 1. Árbol y sus componentes



Fuente: http://www.infovisual.info/01/002_es.html

Figura 2. Corte transversal y longitudinal de un fuste de un árbol



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos48/maderas/maderas2.shtml>

[INICIA - REFERENCIA A LA TESIS ENSAYO DE UNIONES EMPERNADAS CON MADERA DE ALISO, Santos López Marreros & Orlando M. Ríos Justiniano 2001].

El Tronco: Es un árbol maduro, al observar un corte transversal del tronco, presenta las siguientes partes:

Corteza Exterior: Que es la cubierta que protege al árbol de los agentes atmosféricos, está constituido por un tejido muerto denominado corcho o líber, que cumple la función de protección al tronco.

Corteza Interior: Llamada Líber formada por los tejidos vivos, cumple la función de distribuir los productos elaborados por las hojas hacia las ramas, el tronco y raíces.

Cambium: Es el tejido que se encuentra entre la corteza interior y la albura. El cambium constituye la zona generadora de corteza hacia afuera y madera hacia adentro.

La Madera o Xilema: Es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir en ella la albura, el duramen y la médula.

La Albura: Es la parte exterior del xilema, cuya función principal es la de conducir el agua y las sales minerales a las hojas, es de color claro y de espesor variable según las especies.

El Duramen: Es la parte inactiva y tiene como función proporcionar resistencia para el soporte del árbol.

Médula: Es la parte central de la sección del tronco y está constituido por el tejido parenquimático, que tiene la función de almacenar y distribuir las sustancias de reserva.

2.1.3. ESTRUCTURA ANATÓMICA

La parte maderable del árbol tiene tres funciones básicas: conducción de agua, almacenamiento de sustancias de reserva y resistencia mecánica; para cumplir con estas funciones en la madera se distinguen tres tipos de tejidos: tejido vascular (de conducción), tejido parenquimático (de almacenamiento) y tejido fibroso (de resistencia).

Estructura Macroscópica: Es observada a simple vista o con ayuda de una lupa de 10 aumentos, se observan las siguientes características:

- **Anillos de crecimiento:** Son anillos concéntricos, son capaces de crecimiento que tienen la forma de una circunferencia, el último anillo siempre se extiende desde el extremo inferior del árbol hasta la copa.
- **Radios Medulares:** Son líneas que van desde el interior hacia el exterior el árbol, siguiendo la dirección de los radios del círculo definido por el tronco, formando el sistema transversal del tronco.
- **Parénquima Longitudinal:** Constituye parte del sistema longitudinal del tronco, su disposición tiene importancia en la identificación de la especie. Las maderas con mayor tejido parenquimático son maderas de baja resistencia mecánica.

Estructura Microscópica: Trata de los diferentes tipos y características de las células que forman los tejidos. Según esto, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos: maderas latifoliadas y maderas coníferas.

- **Maderas Latifoliadas o Maderas Duras:** La madera tiene una estructura anatómica heterogénea, constituida por diferentes células leñosas. Existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50% o más del volumen de la madera.
- **Maderas Coníferas o Maderas Blandas:** La madera tiene una estructura anatómica homogénea, y está constituida por elementos leñosos llamados traquidos, que forman el 80% o 90% del volumen total de la madera.

Estructura Submicroscópica: Se puede observar la estructura de la fibra o célula leñosa, está presente una cavidad central denominada Lumen, delimitada por la pared celular propiamente dicha. La pared presenta tres capas:

- **Lamina Media:** Llamada capa intercelular porque une células adyacentes y está compuesta principalmente de lignina y pectina.
- **Pared Primaria:** Es la capa exterior de la célula, compuesta también por lignina y pectina, se distingue de la lámina media por la presencia de un 5% de celulosa en forma de fibrillas.
- **Pared Secundaria:** Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 94%.

2.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.

La madera está constituida por los siguientes elementos: Carbono (C) 49%, Hidrógeno (H) 6%, Oxígeno (O) 44%, Nitrógeno (N) y los minerales 1 %. La combinación de estos elementos forman los siguientes componentes de la madera: Celulosa (40% - 60%), Hemicelulosa (5% - 25%) y la Lignina (20% - 40%)

2.1.5. NORMAS DE CLASIFICACIÓN VISUAL MADERA DE CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL

Se denominan así a aquella madera que constituye el armazón estructural de la edificación. Es decir forma parte resistencia de componentes como muros o paredes, pisos, techos, pie derechos, columnas, vigas, cerchas, entre otros, etc.

2.1.6. REGLAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

Para que la madera se establezca como un material más, dentro de los usados en estructuras, es necesario que tenga características, como la de los materiales estructurales comunes, estas características son:

- Calidad controlada.
- Identificación de especies apropiadas y
- Dimensionamiento estandarizado

Estas características deberán de formar parte de la normalización vigente en el país para los materiales tradicionales y difundirse adecuadamente a todo nivel para su establecimiento definitivo. Como un alcance para la

pronta implementación de esta normalización, se presentan las siguientes propuestas:

2.1.7. REGLA DE CLASIFICACIÓN = CALIDAD GARANTIZADA

Las piezas de madera, en las dimensiones de los elementos constructivos, incluyen características que afectan negativamente su resistencia. Estas se conocen comúnmente como defectos por su presencia desfavorable. En piezas de madera que van a usarse en estructuras, estos defectos deben estar limitados para garantizar un comportamiento supuesto en el diseño. Cada lista de defectos con sus tolerancias se conoce como una “Regla de Clasificación” y da origen a una madera de calidad determinada.

En los proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de Recursos Forestales Tropicales (PAT.REFORT) y en particular en aquel llamado “El Estudio Integral de la Madera para la Construcción”, ejecutado por la Junta del Acuerdo de Cartagena como parte de su política tecnológica, se ha desarrollado una regla de clasificación visual por defectos para madera estructural. En ella se establece por ahora una sola calidad. Es decir, aquellas piezas que tienen menos defectos que los establecidos por las reglas son clasificadas como de calidad estructural. Aquellas que tienen más defectos que los permitidos no lo son, pudiendo usarse en todas aquellas aplicaciones de la madera que no cumplen una función resistente.

La regla de clasificación PADT-REFORT es del tipo visual, es decir, la identificación y medición de los defectos se hace inspeccionando cada pieza por parte de personal debidamente capacitado.

Otra característica de la regla es que no distinguen el uso a que se destine la pieza clasificada, ya sea a flexión, compresión, tracción o una combinación de ellas.

REGLAS DE CLASIFICACIÓN VISUAL PARA MADERA ESTRUCTURAL

TABLA 3: PADT- REFORT/JUNAC (1984)

DEFECTOS	TOLERANCIAS
1.- ABARQUILLADO	Se permite en forma leve, no mayor de 1% del ancho de la pieza.
2.- ARISTA FALTANTE	Se permite en una sola arista, las dimensiones de la cara y el canto (espesor) donde falta la arista deberán ser por lo menos $\frac{3}{4}$ de las respectivas dimensiones con la arista completa.
3.- ARQUEADURA	Se permite 1 cm. por cada 300 cm. de longitud de la pieza o su equivalente: $h/L \leq 0.3\%$
4.- BANDAS ANCHAS DE PARANQUIMA	No se permiten en piezas que van a estar sometidas a esfuerzo de compresión.
5.- DURAMEN QUEBRADIZO	No se permiten.
6.- ENCORVADURA	Se permite 1 cm. por cada 300 cm. de longitud de la pieza o su equivalente: $h/L \leq 0.3\%$
7.- ESCAMADURA	No se permite en las aristas. Se permiten en las caras si es paralela al eje de la pieza de una profundidad menor que $\frac{1}{10}$ del espesor y una longitud no mayor que $\frac{1}{4}$ de la longitud total
8.- FALLAS DE COMPRESIÓN	No se permiten.
9.- GRANO INCLINADO	Se permite hasta una inclinación de $\frac{1}{8}$ en cualquier parte de la pieza.
10.- GRIETAS	Se permiten con distribución moderada. La suma de sus profundidades, medidas entre ambos lados, no debe exceder un $\frac{1}{4}$ del espesor de la pieza.
11.- MANCHAS	Se permiten con un diámetro máximo de 2 cm. o de $\frac{1}{8}$ del ancho de la cara de la pieza, el que sea menor, máximo por 1 metro.
12.- MEDULA INCLINADA	No se permiten

13.- NUDOS ARRACINMADOS	No se permiten
14.- NUDO HUECO	Se permite con un diámetro máximo de 2 cm. o de un 1/8 del ancho de la cara de la pieza, el que sea menor máximo 1 metro.
15.- NUDO SANO	Se permite con un diámetro máximo de 4 cm. o de ¼ de ancho de la pieza, el que sea menor, máximo por 1 metro
16.- PERFORACIONES GRANDES	Se permite cuando una distribución es moderada y superficial máximo 3 agujeros en 100 cm. no pasantes no aliagas
17.- PERFORACIONES PEQUEÑAS	Se permite cuando una distribución es moderada y superficial y cubren una zona menor que ¼ de la longitud total de la pieza máximo 6 agujeros en 100 cm ² no pasantes ni alineados.
18.- PUDRICIÓN	No se permiten
19.- RAJADURA	Se permite solo en uno de los extremos y de una longitud no mayor del ancho de la cara de la pieza
20.- TORCEDURA	Se permite en una sola arista. Su magnitud no debe ser mayor que 1/300 de la longitud de la pieza.

Fuente: PADT- REFORT/JUNAC (1984)

2.1.8. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES O GRUPOS ESTRUCTURALES

Al hablar de la “identificación” del material como una característica indispensable para su aplicación en estructuras nos estamos refiriendo, en el caso de la madera, no solamente a identificar adecuadamente a la especie que se va a colocar en obra, sino a usar aquellas especies que han sido consideradas aptas para estructuras. En este aspecto intervienen: la densidad o peso específico de la madera, su abundancia y sobre todo que se conozca confiablemente su comportamiento bajo cargas.

Para usar la madera de una especie como elemento estructural es indispensable conocer sus propiedades mecánicas y más concretamente su comportamiento en la forma de elementos a escala natural, que son los que finalmente constituye los elementos estructurales. Esto es muy

importante por cuanto dichas piezas incluyen defectos que reducen su resistencia y rigidez.

Para que las propiedades asignadas a determinada especie puedan ser usadas con confianza en el diseño, deben haberse determinado con criterio estadístico. Por ello será necesario entonces realizar ensayos a escala natural con elementos de la especie en estudio y que dicho material sea representativo de la población de árboles de la especie.

Hay una cierta correlación entre la densidad básica (masa seca entre volumen verde) de la madera y los grupos estructurales. Las especies del Grupo C están entre 0.4 gr/cm³ y 0.55 gr/cm³, el Grupo B entre 0.56 gr/cm³ y 0.70 gr/cm³ y en el Grupo A entre 0.71 gr/cm³ y 0.90 gr/cm³.

[*FIN - REFERENCIA A LA TESIS ENSAYO DE UNIONES EMPERNADAS CON MADERA DE ALISO*, Santos López Marreros & Orlando M. Ríos Justiniano 2001].

2.1.9. LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

La madera de construcción es aquella que se utiliza en la producción intensiva de elementos estructurales como vigas, puntales, etc. o para la realización de estructuras portantes de un edificio, como por ejemplo techos, paredes, escaleras, etc.

Existe una amplia variedad de madera y productos estructurales de construcción a base de la misma, disponibles para usarse en casi todos los tipos de estructuras. Los productos más comunes incluyen madera sólida, madera laminada encolada, plywood y OSB (Oriented Strand Board). La madera aserrada sólida fue la base de las construcciones con este material y todavía es ampliamente utilizada; sin embargo el cambio en los recursos naturales ha limitado el tamaño y la calidad de la madera en bruto. Por lo cual, se ha vuelto cada vez más difícil obtener maderas de alta calidad y de gran dimensión para la construcción. Este cambio en el material bruto junto con una demanda de un material más resistente a un costo más rentable, inició el desarrollo de productos alternativos que pueden reemplazar a la madera sólida. Productos diseñados tales como vigas I armadas y madera estructural compuesta (SCL), fueron el

resultado de esta evolución. Estos productos han ganado popularidad rápidamente y han recibido un amplio uso en la construcción. (Diseño de una edificación de madera por el método de resistencia última – Douglas Paul Vasquez Montoya, 2008)

2.1.10. PINO RADITA:

El pino insigne, pino de Monterrey o pino de California (*Pinus radiata*) es una especie arbórea perteneciente a la familia de las pináceas, género *Pinus*, originaria del suroeste de los Estados Unidos, principalmente California.

Su preferencia en la producción como especie se debe a su alta rusticidad, rápido crecimiento y su fácil manejo en las plantaciones debido a su buena adaptabilidad a diversos tipos climas y suelos (Galaz, 1983)

Pertenece al grupo de las especies coníferas por ser una madera blanda. Se caracteriza por ser resinosa, de textura gruesa, con abundancia de nudos, permeable por lo tanto es fácil de secar y de impregnar, además es susceptible a los ataques de hongos (Galaz, 1983).

Características macroscópicas de la madera.

La madera presenta una albura blanco – amarillenta y un duramen rojizo. Anillos de crecimiento muy notorios y anchos, con paso gradual entre madera de primavera y verano. Alto porcentaje de madera tardía. Canales resiníferos muy visibles en caras longitudinales. Textura gruesa y abundancia de nudos. Rayos medulares bien visibles y numerosos. Olor resinoso. Liviana, blanda, poco durable y de baja resistencia mecánica. Permeable y por lo tanto fácil de secar y de impregnar. Se asierra sin inconvenientes, comportándose normalmente en los procesos de cepillado, rasurado y machihembrado. Muy susceptible al ataque de hongos provocadores de la mancha azul. La madera de Pino radiata puede considerarse como relativamente estable al compararse con Raulí, Tapa, Laurel, etc. Las contracciones tienden a disminuir con el aumento de la edad, lo mismo con la homogeneidad de la madera. Dicho de otra madera: Un bosque de mayor edad, en el cual se ha cumplido con las debidas prácticas de poda y raleos, proporcionará madera más estable.

Madera especial para fabricar elementos estructurales laminados encolados. Se le usa en revestimientos tanto interiores como exteriores. En construcción de viviendas (cerchas, paneles, pisos, cielos, etc.) En postes para cerco y de transmisión. Fabricación de embalajes y muebles. En moldajes para concreto. Se le utiliza también como materia prima para pastas celulósicas y papel. Se considera adecuada para la fabricación de tableros de fibras y de partículas. También para maderas contrachapadas, siempre que las plantaciones hayan tenido podas a edad temprana para evitar la formación de nudos en la madera.

Antecedentes Históricos:

- Construcción del puente Q"eswachaka
 - ✓ Material : hichu
 - ✓ Longitud : 28 m
 - ✓ Ubicación : Distrito de Quehue, provincia de Canas, Cusco – Perú.

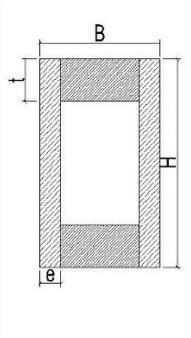
Conclusiones:

- Construcción del puente colgante a base de fibra vegetal

Antecedentes internacionales:

- Victor Hugo Vera Riveros, J. 2006. Caracterización mecánica de viga cajón. Tesis de titulación, Ciudad de Vladiblia, Chile, UAC. 58 p. Recuperado de:

TABLA 4: Caracterización mecánica de vigas

	TIPOS	B (mm)	H (mm)	e (mm)	t (mm)	L (mm)	MOMENTO DE INERCIA (Cm ⁴)
	VC 5,2	85.4	290	5.2	50	3.200	12.509
	VC 9	93	290	9	50	3.200	14.053

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifv473c/doc/fifv473c.pdf>

Vigas formadas por un cordón superior y otro inferior de madera aserrada con uniones dentadas o madera laminada, con revestimientos laterales a ambos lados de madera aserrada en diagonal o también con OSB o contrachapado fenólico. En su interior y en los extremos se ubican montantes verticales de madera que colaboran a resistir los esfuerzos de corte y a rigidizar las tapas laterales a distancias modulares.

Conclusiones:

- El módulo de elasticidad promedio de las vigas VC 9 resultó un 11,7% mayor que el de las vigas VC 5,2 y el módulo de rotura respectivo un 51,8% mayor. Ambas situaciones responden directamente a la diferencia existente en el espesor del contrachapado y al diámetro de los clavos.

Antecedentes Locales:

- Santos López Marreros y Orlando M. Ríos Justiniano, 2001, Ensayos de uniones empernadas con madera de Aliso, tesis Bach. Ciudad de Cajamarca, Perú, UNC, 471 p.

Conclusiones:

- Existe una relación directa entre la densidad y las largas al límite proporcional elástico en uniones empernadas, es decir mayor densidad básica, mayor resistencia.
- El valor de la resistencia paralela al grano es aproximadamente 1.35 veces mayor de la resistencia de las uniones perpendiculares.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TEORÍAS DE VIGAS COMPUESTAS LAMINADAS

2.2.1.1. Teoría de Euler-Bernoulli y teoría de Timoshenko

Haciendo referencia al cálculo a flexión de vigas formadas por un material homogéneo, se recuerda que las dos teorías de cálculo son la teoría clásica de Euler-Bernoulli y la de Timoshenko. La primera, basada en la ortogonalidad de las secciones transversales rectas con la fibra media, prescinde del efecto de la deformación por cortante y,

por tanto, su utilización es válida solo para vigas esbeltas (relación longitud/canto mayor a 10). Sin embargo, la segunda (teoría de Timoshenko) permite la no ortogonalidad de las secciones transversales con la fibra media tras la deformación. Esto introduce de forma natural el efecto de la deformación por cortante y la posibilidad de estudiar tanto vigas esbeltas como gruesas.

En las vigas compuestas laminadas, el efecto de la deformación por cortante es relevante debido a la heterogeneidad del material en dirección transversal al eje de la viga. Por ello, la teoría de Timoshenko es particularmente apropiada para este tipo de estructuras. Como veremos en el capítulo siguiente, el único inconveniente que encontramos en los elementos de viga de Timoshenko es que se produce un efecto bloqueo de la solución al analizar vigas de gran esbeltez, lo que deriva en resultados erróneos. Sin embargo, este efecto se puede suprimir utilizando técnicas especiales, como la integración reducida de la matriz de rigidez a cortante.

2.2.1.2. Teorías de un orden más alto

Debido a que las propiedades del material en las vigas compuestas no son uniformes a lo largo del eje seccional de la viga, aparece un desplazamiento axial que se tiene que tener en cuenta y la teoría de Timoshenko lo contempla. Este desplazamiento es la principal diferencia con las teorías de vigas homogéneas. No obstante, la teoría de Timoshenko supone una variación lineal del campo de desplazamientos sobre toda la sección de la viga, sin tener en cuenta diferencias según las capas. De ahí que, en vigas muy heterogéneas, esta teoría tienda a subestimar la tensión axial de la fibra superior e inferior de la sección y, también, presente errores en el desplazamiento horizontal de las interfaces entre capas.

Sin embargo, es posible realizar aproximaciones más precisas utilizando las llamadas teorías de un orden más alto. Dichas teorías admiten que los desplazamientos varían linealmente en el interior de las capas, aunque con diferente pendiente en cada una.

Estas, se utilizan cuando el espesor de la viga es demasiado grande o existe una heterogeneidad en el material tan alta que la teoría de Timoshenko no consigue resultados demasiado fiables. Existen dos teorías de un orden más alto, la llamada teoría layer-wise y la teoría del zigzag. A pesar de que estas teorías proporcionan resultados más precisos, la teoría de Timoshenko describe suficientemente bien el comportamiento de las vigas compuestas que nos podemos encontrar en la mayoría de casos.

2.2.2. LA MADERA LAMINADA PRENSADA Y ENCOLADA

La madera laminada es un producto industrial que se ha utilizado en el mundo desde hace muchos años, pero en las últimas cuatro décadas su uso se ha incrementado notoriamente. Este producto tiene una alta aplicación en la vida cotidiana de las sociedades desarrolladas, desde la construcción de edificaciones hasta reemplazar productos que provienen de recursos naturales, por lo que ha adquirido un alto valor industrial y social. Es un material renovable, acumulador natural de energía solar, poco necesitado de energía de transformación, no productor de agentes contaminantes y completamente reutilizable o reciclable. En Chile se fabrica con Pino radiata, uniendo piezas entre sí por medio de unión finger-joint en sentido longitudinal y una pieza sobre otra, pegadas con adhesivo en las caras.

Se define como madera laminada al material estructural obtenido de la unión de tablas entre sí mediante el uso de adhesivos, con el grano esencialmente paralelo al eje del elemento y que funciona como una sola unidad.

Las tablas serán de la misma especie y de espesor uniforme, debiendo cumplir con la regla de clasificaciones de la Norma ITINTEC 251.104. El contenido de humedad promedio deberá ser entre 8 a 12%, no debiendo las tablas tener diferencias en su contenido de humedad mayores que el 5%.

Las colas a utilizar para la fabricación de elementos estructurales de madera deben ser lo suficiente rígidas luego del encolado para lograr una

buena ligazón entre elementos y poder formar un conglomerado como si fuera madera sólida de alta calidad.

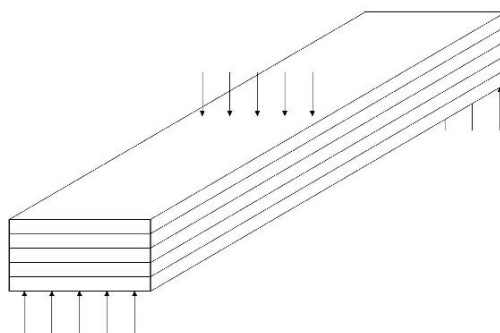
Las colas usadas deben ser resistentes al agua, es decir, que los elementos fabricados con ellas deben conservarse perfectamente a los rigores de la intemperie climas húmedos ó lluviosos.

El fabricante determinará y garantizará los valores de rigidez y resistencia y las propiedades de uso de los elementos laminados.

2.2.3. LAMINAS TIPO SÁNDWICH (LAMINACIÓN HORIZONTAL):

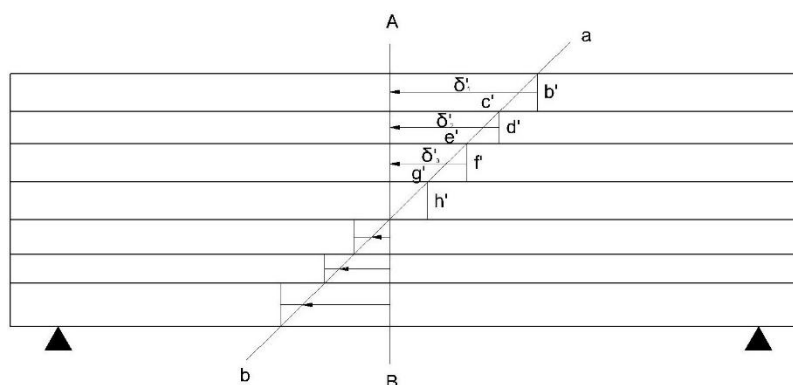
Están constituidas por láminas de madera encoladas de tal forma que las cargas actúan normalmente a los planos de laminación. En esta disposición las uniones de canto no trabajan.

Figura 3. Lámina horizontal



Fuente: LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: HISTORIA y DEFINICIÓN - LUIS SOMOZA VEIGA

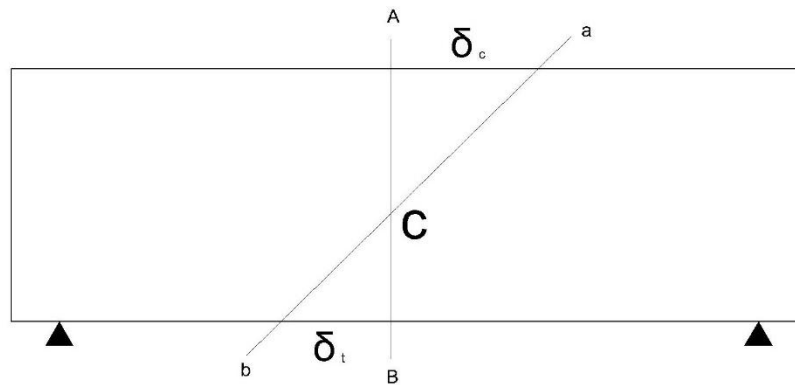
Figura 4. Esfuerzos en una viga laminada



Pieza de madera laminada encolada. Las láminas con distintas capacidades mecánicas, se sitúan en la posición más adecuada respecto a la fibra neutra.

Fuente: LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: HISTORIA y DEFINICIÓN - LUIS SOMOZA VEIGA

Figura 5. Esfuerzos en una viga maciza



Pieza de madera maciza trabajando a flexión. Distribución de tensiones.

Fuente: LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: HISTORIA y DEFINICIÓN - LUIS SOMOZA VEIGA

2.2.4. PROPIEDADES DE LA MADERA

2.2.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y ELÁSTICAS DE LA MADERA

PROPIEDADES FÍSICAS

– CONTENIDO DE HUMEDAD

La madera contiene agua de constitución, inerte a su naturaleza orgánica, agua de saturación, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y agua libre, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.

Como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera esta secada al aire.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por imbibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y

como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento.

La humedad de las maderas se aprecia, además del procedimiento de pesadas, de probetas, húmedas y desecadas, y el calorimétrico, por la conductividad eléctrica, empleando girómetros eléctricos. Estas variaciones de humedad hacen que la madera se hinche o contraiga, variando su volumen y, por consiguiente, su densidad.

El porcentaje de humedad (H):

$$\% H = \frac{\text{Peso del agua} \times 100}{\text{Peso de la madera seca en horno}} \quad \text{FÓRMULA (1)}$$

$$\text{Peso del agua} = \text{Peso de la madera húmeda} - \text{Peso de la madera seca en horno}$$

En la construcción las maderas deben utilizarse siempre descortezadas y secas.

Antes de la construcción, la madera deberá secarse a un contenido de humedad apropiado y tan parecido como sea práctico al contenido de humedad en equilibrio promedio de la región en la cual estará la estructura.

Si el contenido de humedad de la madera excede el límite indicado para la madera seca (15 por ciento), el material solamente podrá usarse si el riesgo de pudrición en el tiempo que dure el secado es eliminado.

La madera deberá ser almacenada y protegida apropiadamente, contra cambios en su contenido de humedad y daño mecánico, de tal manera que siempre satisfaga los requerimientos de la clase estructural especificada.

– **CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN DE LA MADERA**

La madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la

dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabea la madera.

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La madera sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento. La madera aumenta de volumen hasta el punto de saturación (20 a 25 por ciento de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua. Hay que tener muy presente estas variaciones de volumen en las piezas que hayan de estar sometidas a oscilaciones de sequedad y humedad, dejando espacios necesarios para que los empujes que se produzcan no comprometan la estabilidad de la obra.

– **Contracción normal**

Es la contracción que sufre la madera cuando pasa del estado verde al estado seco al aire de acuerdo a los tres ejes de la madera tenemos:

– **Contracción tangencial normal**

Es la que se da en dirección tangencial y se lo calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$C_{tn} = \frac{dvt (CH \geq 30\%) - dst (CH = 12\%)}{dtv (CH \geq 30\%)} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (2)}$$

Donde:

C_{tn} : Contracción tangencial normal

dvt : Dimensión tangencial de la probeta en estado verde (CH ≥ 30%)

dst : Dimensión tangencial de la probeta en estado seco al aire (CH = 12%)

– **Contracción radial normal**

Es la que se da en dirección radial y se lo calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$C_{rn} = \frac{dvr (CH \geq 30\%) - dsr (CH = 12\%)}{dvr (CH \geq 30\%)} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (3)}$$

Donde:

Crn : Contracción tangencial normal

dvr : Dimensión tangencial de la probeta en estado verde (CH ≥ 30%)

dsr : Dimensión tangencial de la probeta en estado seco al aire (CH = 12%)

– Contracción longitudinal normal

Es la que se da en dirección longitudinal y se lo calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$Cln = \frac{dvl (CH \geq 30\%) - dsl (CH = 12\%)}{dvl (CH \geq 30\%)} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (4)}$$

Donde:

Cln : Contracción longitudinal normal

dvl : Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde (CH ≥ 30%)

dsl : Dimensión longitudinal de la probeta en estado seco al aire (CH = 12%)

– Contracción volumétrica normal

Es la determinación de la contracción normal en sus tres direcciones simultáneamente (tangencial, radial y longitudinal) y se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$Cvn = Ctn + Crn + Cln (\%) \quad \text{FÓRMULA (5)}$$

Donde:

Cvn : Contracción volumétrica normal

Ctn : Contracción tangencial normal

Crn : Contracción radial normal

Cln : Contracción longitudinal normal

– **Contracción total**

Es la contracción que sufre la madera cuando pasa del estado verde al estado anhidro y de acuerdo a los tres ejes de la madera tenemos:

– Contracción tangencial total

Es la que se da en dirección tangencial y se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$Ctt = \frac{dvt - dsht}{dvt} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (6)}$$

Donde:

Ctt : Contracción tangencial total
dvt : Dimensión tangencial de la probeta en estado verde
dsht : Dimensión tangencial de la probeta anhidra (CH = 0%)

– Contracción radial total

Es la que se da en dirección radial y se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$Crt = \frac{dvr - dshr}{dvr} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (7)}$$

Donde:

Crt : Contracción radial total
dvr : Dimensión radial de la probeta en estado verde
dshr : Dimensión radial de la probeta anhidra (CH = 0%)

– Contracción longitudinal total

Es la que se da en dirección longitudinal y se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$Cl_t = \frac{dvl - dshl}{dvl} \times 100 (\%) \quad \text{FÓRMULA (8)}$$

Donde:

Cl_t : Contracción longitudinal total
dvl : Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde
dshl : Dimensión longitudinal de la probeta anhidra (CH = 0%)

– Contracción volumétrica total

Es la determinación de la contracción total en sus direcciones simultáneamente (tangencial, radial y longitudinal) y se lo calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$Cvt = Ctt + Crt + Cl_t (\%) \quad \text{FÓRMULA (9)}$$

Donde:

Cvt : Contracción volumétrica total
Ctt : Contracción tangencial total
Crt : Contracción radial total
Cl_t : Contracción longitudinal total

– **DENSIDAD DE LA MADERA**

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente entre la masa y el volumen. Sin embargo para la fuente bibliográfica del presente estudio esta propiedad física se define como el cociente entre el peso y su volumen.

La madera por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la

condición baja 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.

Según el manual de diseño para madera del grupo andino, se pueden distinguir cuatro densidades para una misma muestra de madera.

- **Densidad verde (Dv):** Es la que existe entre el Peso verde (Pv) y el Volumen verde (Vv) se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Dv = \frac{Pv}{Vv} \quad \text{FÓRMULA (10)}$$

Donde:

Dv : Densidad verde (gr/cm³)

Pv : Peso de la probeta en estado verde (gr)

Vv : Volumen de la probeta en estado verde (cm³)

- **Densidad seca al aire (Dsa):** Es la que existe entre el Peso seco al aire (Psa) y el Volumen seco al aire (Vsa) se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Dsa = \frac{Psa}{Vsa} \quad \text{FÓRMULA (11)}$$

Donde:

Dsa : Densidad seca al aire (gr/cm³)

Psa : Peso de la probeta seca al aire (gr)

Vsa : Volumen de la probeta seca al aire (cm³)

- **Densidad anhidra (Da):** Es la que existe entre el Peso seco al horno (Psh) y el Volumen seco al horno (Vsh) se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Da = \frac{Psh}{Vsh} \quad \text{FÓRMULA (12)}$$

Donde:

Da : Densidad anhidra (gr/cm³)
Psh : Peso de la probeta seca al horno (gr)
Vsh : Volumen de la probeta seca al horno (cm³)

- **Densidad básica (Db):** Es la que existe entre el Peso seco al horno (Psh) y el Volumen verde (Vv), es la menor de las cuatro sin embargo es la más importante porque nos permite clasificar estructuralmente a la madera estudiada, se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Db = \frac{Psh}{Vv} \quad \text{FÓRMULA (13)}$$

Donde:

Da : Densidad básica (gr/cm³)
Psh : Peso de la probeta seca al horno (gr)
Vv : Volumen de la probeta en estado verde (cm³)

PROPIEDADES ELÁSTICAS Y MECÁNICAS

ELÁSTICAS

LÍMITE ELÁSTICO: Se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica. El esfuerzo necesario para solicitar un material hasta el límite elástico, determina la tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.


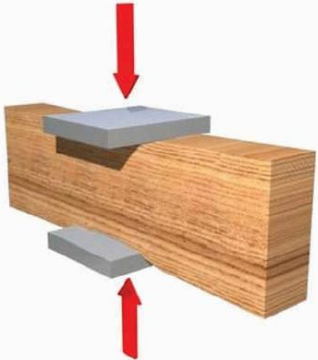
RIGIDEZ: Se define como la propiedad que tiene un material para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas.

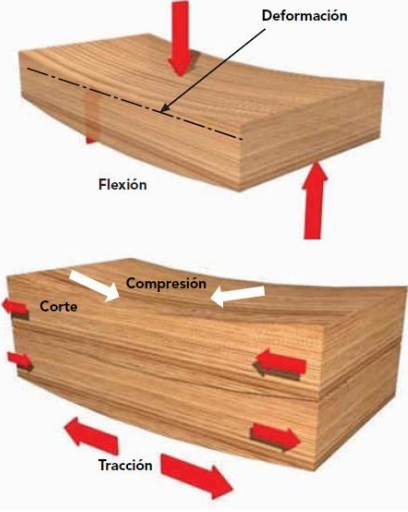



MÓDULO DE ELASTICIDAD O COEFICIENTE DE ELASTICIDAD:


Es la medida de rigidez de la madera, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud. Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

MÉTODO LRFD: (LRFD, por sus siglas en inglés): Es un método en el cual son aplicados por separados factores de carga y resistencia a las combinaciones de carga aplicadas a la estructura y a las resistencias nominales del material (acero, concreto armado, aluminio, madera, etc.) para asegurar que la probabilidad de alcanzar un estado límite es aceptablemente pequeña. Estos factores reflejan las incertidumbres de análisis, diseño, cargas, propiedades del material y fabricación.

MECÁNICAS

ENSAYOS	ESQUEMA
<p>Compresión paralela a las fibras:</p> <p>Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, la que se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de compresión paralela a las fibras.</i></p>
<p>Compresión normal a las fibras:</p> <p>Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de compresión normal a las fibras.</i></p>

<p>Flexión estática:</p> <p>Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de la flexión estática.</i></p>
<p>Tenacidad:</p> <p>Es la capacidad que tiene la madera de absorber energía al aplicar una carga que actúa en forma instantánea.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de tenacidad.</i></p>
<p>Cizalle:</p> <p>Es la medida de la capacidad de la pieza para resistir fuerzas que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre otra.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de cizalle longitudinal.</i></p>
<p>Cizalle paralelo tangencial:</p> <p>La sollicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla, tangente a los anillos de crecimiento.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de cizalle paralelo tangencial.</i></p>

<p>Cizalle paralelo radial:</p> <p>La sollicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla perpendicular a los anillos de crecimiento.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de cizalle paralelo radial.</i></p>
<p>Tracción paralela a las fibras:</p> <p>Es la resistencia a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de tracción paralela a las fibras.</i></p>
<p>Dureza:</p> <p>Es la resistencia que presenta la madera a la penetración.</p>	 <p><i>Esquema de ensayo de dureza. Puede medirse en forma normal o paralela a la fibra.</i></p>

Fuente: CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA, LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA EN MADERA,

2.2.5. DISEÑO DE VIGAS

Una viga es un elemento estructural que resiste cargas transversales. Generalmente, las cargas actúan en ángulo recto con respecto al eje longitudinal de la viga. Las cargas aplicadas sobre una viga tienden a flexionarla y se dice que el elemento se encuentra a flexión. Por lo común, los apoyos de las vigas se encuentran en los extremos o cerca de ellos y las fuerzas de apoyo hacia arriba se denominan reacciones.

2.2.5.1. PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

Además de la resistencia de la madera, caracterizada por los esfuerzos unitarios admisibles, el comportamiento de un miembro estructural también depende de las dimensiones y la forma de su sección transversal, estos dos factores se consideran dentro de las propiedades de la sección.

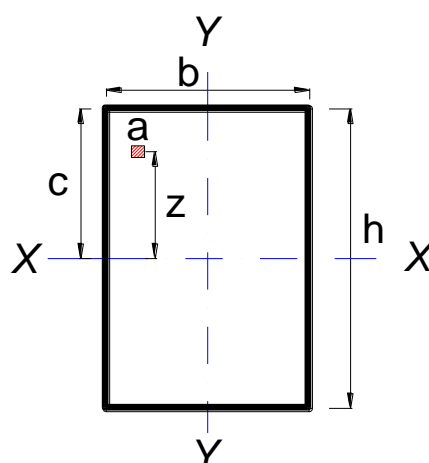
Centroides.- El centro de gravedad de un sólido es un punto imaginario en el cual se considera que todo su peso está concentrado o el punto a través del cual pasa la resultante de su peso. El punto en un área plana que corresponde al centro de gravedad de una placa muy delgada que tiene las mismas áreas y forma se conoce como el centroide del área.

Cuando una viga se flexiona debido a una carga aplicada, las fibras por encima de un cierto plano en la viga trabajan en compresión y aquellas por debajo de este plano, a tensión. Este plano se conoce como la superficie neutra. La intersección de la superficie neutra y la sección transversal de la viga se conoce como el eje neutro.

Momento de inercia.- En la figura 3-1 se ilustra una sección rectangular de ancho b y alto h con el eje horizontal $X-X$ que pasa por su centroide a una distancia $c = h/2$ a partir de la cara superior. En la sección, a representa un área infinitamente pequeña a una distancia z del eje $X-X$. Si se multiplica esta área infinitesimal por el cuadrado de su distancia al eje, se obtiene la cantidad $(a \times z^2)$. El área completa de la sección estará constituida por un número infinito de estas pequeñas áreas elementales a diferentes distancias por arriba y por debajo del eje $X-X$.

Entonces, el momento de inercia se define como la suma de los productos que se obtienen al multiplicar todas las áreas infinitamente pequeñas por el cuadrado de sus distancias a un eje.

Figura 6. Momento de inercia



Fuente: ESTRUCTURAS DE LA MADERA, TESIS BACH. CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA, UMSS.

Los dos ejes principales de la figura son X-X y Y-Y, pasan por el centroide de la sección rectangular, con respecto a un eje que pasa por el centroide y es paralelo a la base es $I_{X-X} = \frac{bh^3}{12}$, con respecto al eje vertical, la expresión sería $I_{Y-Y} = \frac{hb^3}{12}$.

Radio de Giro.- Esta propiedad de la sección transversal de un miembro estructural está relacionada con el diseño de miembros sujetos a compresión. Depende de las dimensiones y de la forma geométrica de la sección y es un índice de la rigidez de la sección cuando se usa como columna. El radio de giro se define matemáticamente como $r = \sqrt{I/A}$, Donde I es el momento de inercia y A el área de la sección. Se expresa en centímetros porque el momento de inercia está en centímetros a la cuarta potencia y el área de la sección transversal está en centímetros cuadrados. El radio de giro no se usa tan ampliamente en el diseño de madera estructural como en el diseño de acero estructural. Para las secciones rectangulares que se emplean comúnmente en las columnas de madera, es más conveniente sustituir el radio de giro por la dimensión lateral mínima en los procesos de diseño de columnas.

2.2.5.2. DEFLEXIONES ADMISIBLES

Se llama flecha o deflexión a la deformación que acompaña a la flexión de una viga, vigueta o entablado. La flecha se presenta en algún grado

en todas las vigas, y el ingeniero debe cuidar que la flecha no exceda ciertos límites establecidos. Es importante entender que una viga puede ser adecuada para soportar la carga impuesta sin exceder el esfuerzo flexionante admisible, pero al mismo tiempo la curvatura puede ser tan grande que aparezcan grietas en los cielos rasos suspendidos revestidos, que acumule agua en las depresiones de las azoteas, dificulte la colocación de paneles prefabricados, puertas o ventanas, o bien impida el buen funcionamiento de estos elementos.

Las deflexiones deben calcularse para los siguientes casos:

a.- Combinación más desfavorable de cargas permanentes y sobrecargas de servicio.

b.- Sobrecargas de servicio actuando solas.

Se recomienda que para construcciones residenciales estas no excedan los límites indicados en la siguiente Tabla:

TABLA 5: Deflexiones máximas admisibles

Carga Actuante	(a) con cielo	(b) sin cielo
	raso de yeso	raso de yeso
Cargas permanentes + sobrecargas	L/300	L/250
Sobrecarga	L/350	L/350

Ref.: TABLA 8.1 de Pág. 8-3 del "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino"

L es la luz entre caras de apoyos o la distancia de la cara del apoyo al extremo, en el caso de volados. Los valores indicados en la columna (a) deben ser utilizados cuando se tengan cielos rasos de yeso u otros acabados que pudieran ser afectados por las deformaciones: en otros casos deben utilizarse los valores de la columna (b).

Aunque las consideraciones para definir la flecha pueden ser importantes, la determinación precisa de la flecha es un objetivo inalcanzable por las siguientes razones:

- La determinación de las cargas siempre incluye algún grado de

aproximación.

- El módulo de elasticidad de cualquier pieza individual de madera siempre es un valor aproximado.
- Existen diferentes restricciones en la deformación estructural debido a la distribución de cargas, resistencias en las uniones, rigidez debida a elementos no estructurales de la construcción, etc.

Las deflexiones en vigas deben ser calculadas con el módulo de elasticidad E_{\min} del grupo de la madera estructural especificado.

Para entablados debe utilizarse el E_{promedio} , las deflexiones en viguetas y elementos similares pueden también determinarse con el E_{promedio} , siempre y cuando se tengan por lo menos cuatro elementos similares, y sea posible una redistribución de la carga.

Los módulos de elasticidad para los tres grupos de maderas estructurales considerados se indican en la tabla

TABLA 6: Módulos de elasticidad para los tres grupos de madera

	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
E_{\minimo}	95,000	75,000	55,000
E_{promedio}	130,000	100,000	90,000

Ref.: TABLA 8.2 de Pág. 8-3 del "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino"

2.2.5.3. REQUISITOS DE RESISTENCIA

Flexión.- El momento flexionante es una medida de la tendencia de las fuerzas externas que actúan sobre una viga, para deformarla. Ahora se considerará la acción dentro de la viga que resiste flexión y que se llama *momento resistente*.

Para cualquier tipo de viga se puede calcular el momento flexionante máximo generado por la carga. Si se desea diseñar una viga para resistir esta carga, se debe seleccionar un miembro con una sección transversal de forma, área y material tales, que sea capaz de producir un momento resistente igual momento flexionante máximo; lo anterior se logra usando la fórmula de la *flexión*.

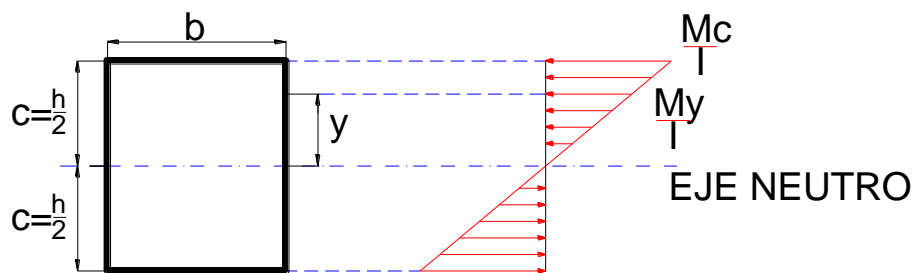
Por lo común la fórmula de la flexión se escribe como:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad \text{FÓRMULA (14)}$$

Donde el tamaño y la forma de la sección transversal están representados por la inercia (I) y el material del cual está hecha la viga está representado por σ , la distancia del plano neutro a cualquier fibra de la sección esta representa por "y", el esfuerzo en la fibra más alejada del eje neutro se le llama *esfuerzo de la fibra extrema* (c).

Para vigas rectangulares:

Figura 7. Sección Transversal, distribución de esfuerzos



Fuente: ESTRUCTURAS DE LA MADERA, TESIS BACH. CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA, UMSS.

Sustituyendo los datos para una viga rectangular y para obtener el esfuerzo de la fibra extrema tendremos:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M \cdot \frac{h}{2}}{\frac{b \cdot h^3}{12}} \quad \text{FÓRMULA (15)}$$

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot h^2} \quad \text{FÓRMULA (16)}$$

Los esfuerzos de compresión y de tensión producidos por flexión (σ), que actúan sobre la sección transversal de la viga, no deben exceder el esfuerzo admisible, f_m , para el grupo de madera especificado.

TABLA 7: Esfuerzos de compresión y tensión producidos por flexión

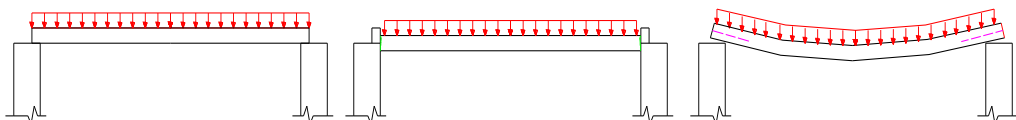
GRUPO A	210
GRUPO B	150
GRUPO C	100

Ref.: TABLA 8.3 de Pág. 8-4 del "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino"

Estos esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada.

Corte.- Como mencionamos en el capítulo anterior, se produce un *esfuerzo cortante* cuando dos fuerzas iguales, paralelas y de sentido contrario tienden a hacer resbalar, una sobre otra, las superficies contiguas de un miembro. En la figura 3.3a se representa una viga con una carga uniformemente distribuida. Existe una tendencia en la viga a fallar colapsándose entre apoyos, como se indica en la figura 3.3b. Éste es un ejemplo de cortante vertical. En la figura 3.3c se muestra, en forma exagerada, la flexión de una viga y la falla de partes de la viga por deslizamiento horizontal, este es un ejemplo de cortante horizontal. Las fallas por cortante en las vigas de madera se deben al esfuerzo cortante horizontal, no al vertical. Esto es verdad debido que la resistencia al esfuerzo cortante de la madera es mucho menor en el sentido paralelo a las fibras que en el transversal a éstas.

Figura 8. Generación del esfuerzo cortante



Fuente: ESTRUCTURAS DE LA MADERA, TESIS BACH. CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA, UMSS.

Los esfuerzos cortantes unitarios horizontales no están uniformemente distribuidos sobre la sección transversal de una viga. El esfuerzo de

corte en una sección transversal de un elemento a una cierta distancia del plano neutro puede obtenerse mediante:

$$\tau = \frac{V \cdot S}{b \cdot I} \quad \text{FÓRMULA (17)}$$

En esta expresión se tiene:

τ = esfuerzo cortante unitario horizontal, en cualquier punto específico de la sección.

V = fuerza cortante vertical total en la sección elegida

S = momento estático con respecto al eje neutro del área de la sección transversal.

I = momento de inercia de la sección transversal de la viga con respecto a su eje neutro.

b = ancho de la viga en el punto en el que se calcula τ .

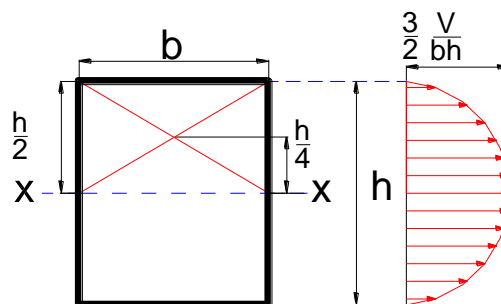
Para una viga de sección rectangular el máximo esfuerzo de corte resulta al sustituir:

$$S = \left(b \times \frac{h}{2} \right) \times \frac{h}{4} = \frac{b \cdot h^2}{8}; \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{FÓRMULA (18)}$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot b} = \frac{V \times bh^2 / 8}{bh^3 / 12 \times b} \quad \text{FÓRMULA (19)}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_{\max}}{b \cdot h} \quad \text{FÓRMULA (20)}$$

Figura 9. Generación del esfuerzo cortante en una viga



Fuente: ESTRUCTURAS DE LA MADERA, TESIS BACH. CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA, UMSS.

Los esfuerzos cortantes, τ , no deben exceder el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, f_v , del grupo de madera estructura especificado

TABLA 8: Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, $f_v(\text{kg/cm}^2)$

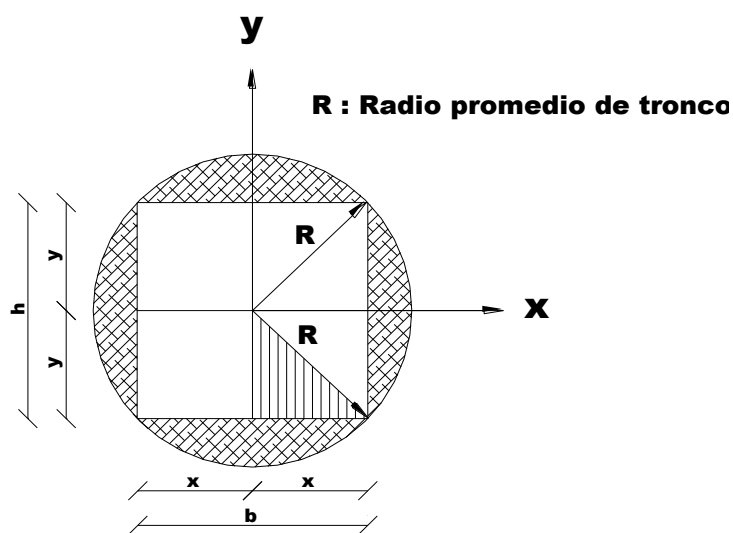
GRUPO A	15
GRUPO B	12
GRUPO C	8

Ref.: TABLA 8.4 de Pág. 8-5 del "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino"

Estos esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada.

2.2.5.4. ESCUADRÍA ÓPTIMA

Figura 10. Escuadría óptima



Fuente: ESTRUCTURAS DE LA MADERA, TESIS BACH. CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA, UMSS.

Se desea establecer una relación entre la base y la altura de una viga de sección rectangular, de tal manera que la capacidad resistente de esta viga sea la mayor posible, de esta forma se puede utilizar un tronco de madera con el menor desperdicio.

Como la deformación gobierna el diseño, entonces debe encontrarse dimensiones que generen el mayor momento de inercia posible.

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$R^2 = x^2 + y^2$$

$$y^2 = R^2 - x^2$$

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$I = \frac{2x \cdot (2y)^3}{12}$$

$$I = \frac{4}{3} \cdot x \cdot (\sqrt{R^2 - x^2})^3$$

$$I = \frac{4}{3} \cdot x \cdot \sqrt{(R^2 - x^2)^3}$$

$$I = \frac{4}{3} \cdot \sqrt{x^2 \cdot (R^2 - x^2)^3}$$

Derivando la inercia en función de x:

$$I'_x = \frac{4}{3} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \left[x^2 \cdot (R^2 - x^2)^3 \right]^{-1/2} \right] \cdot \left\{ \left[x^2 \cdot (3 \cdot (R^2 - x^2)^2) \cdot (-2x) \right] + \left[(R^2 - x^2)^3 \cdot (2x) \right] \right\}$$

Simplificando la expresión:

$$I'_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{\left\{ \left[x^2 \cdot (3 \cdot (R^2 - x^2)^2) \cdot (-2x) \right] + \left[(R^2 - x^2)^3 \cdot (2x) \right] \right\}}{2 \cdot \sqrt{x^2 \cdot (R^2 - x^2)^3}}$$

Ahora se iguala a cero la expresión derivada, esto con el fin de encontrar el punto crítico, o sea para maximizar la inercia:

$$I'_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{\left\{ \left[x^2 \cdot (3 \cdot (R^2 - x^2)^2) \cdot (-2x) \right] + \left[(R^2 - x^2)^3 \cdot (2x) \right] \right\}}{2 \cdot \sqrt{x^2 \cdot (R^2 - x^2)^3}} = 0$$

Simplificando la expresión:

$$I'_x = -x^2 \cdot (3 \cdot (R^2 - x^2)^2) + (R^2 - x^2)^3 = 0$$

$$I'_x = -3x^2 + (R^2 - x^2) = 0$$

$$R^2 = 4x^2$$

$$x = \frac{R}{2}$$

$$\therefore b = R$$

Reemplazando x en ecuación (1):

$$y = \sqrt{R^2 - \frac{R^2}{4}}$$

$$y = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot R^2}$$

$$y = R \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}$$

$$y = 0.866R$$

Ahora como $h = 2y$ entonces:

$$h = 1.73R$$

Y también como $b = R$:

$$\frac{h}{b} = 1.73$$

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

La presente investigación se realizaran con materiales brindados por ADEFOR, dichos materiales son:

- Madera de pino radiata
- Equipos de corte y prensado
- Materiales para el encolado

Estos materiales serán preparados (FABRICADOS) en ADEFOR y serán ensayados en sometidos a ensayos en la Universidad Nacional de Cajamarca

3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ESCENARIOS DE LA INVESTIGACIÓN

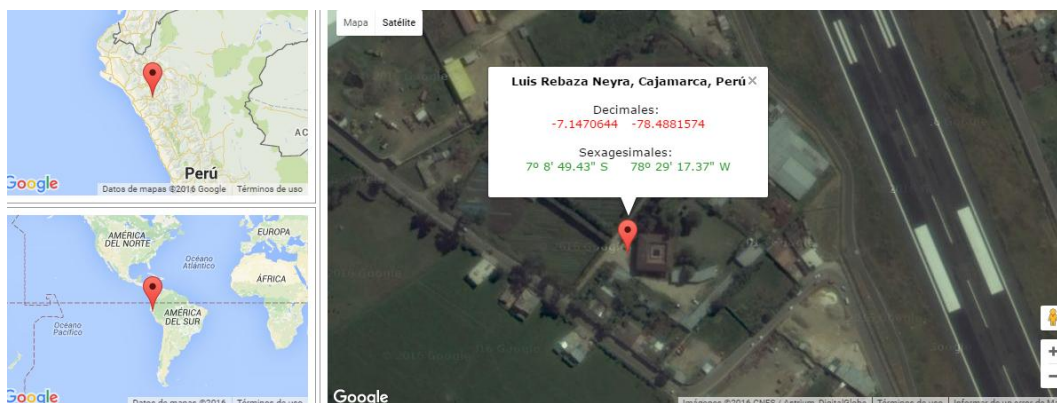
3.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ADEFOR:

TABLA 9: Ubicación geográfica de ADEFOR

Coordenadas geográficas (Gados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este	Norte
7°8'49.43" S	78°29'17.37" W	-7.1470644	-78.4881574	777434.54	9209236.64

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Ubicación geográfica de ADEFOR



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

TABLA 10: Ubicación geográfica de la UNC

Coordenadas geográficas (Gados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este	Norte
7°10'1.25" S	78°29'43.36" W	-7.1670136	-78.4953779	776624.5	9207033.6

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Ubicación geográfica de la UNC



Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.3. TIPO, NIVEL, ANÁLISIS Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Tipo: Cuantitativa, Aplicada o tecnológica, ya que se aplicarán los conocimientos existentes en la práctica.

Nivel: Descriptiva.

Análisis: Explicativa

Método: Experimental debido a que se manipulan variables independientes para ver sus efectos sobre las variables dependientes, de igual manera es un experimento puro debido a que existe una manipulación intencional de las variables independientes, se mide el efecto que tiene ésta sobre la variable dependiente y tiene una validez interna ya que se sabe que está ocurriendo realmente con la relación entre las dos variables.

3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Madera de pino radiata de Porcón Alto

ÁRBOL	CANTIDAD DE TROZAS
A	2 (I-II)
B	2 (I-II)
C	2 (I-II)
D	2 (I-II)

3.5. MUESTRA

Especímenes de madera según las normas técnicas peruanas fabricadas en ADEFOR y ensayadas a la flexión en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD DE MUESTRAS
Densidad Básica	48
Cizallamiento paralelo al grano SIN PEGAMENTO	7
Cizallamiento paralelo al grano CON PEGAMENTO	7
Flexión Estática Estándar	48
Flexión Estática con unión	6
Flexión Estática Vigas Macizas	6
Clasificación Visual de Vigas Macizas	6
Flexión Estática Vigas Laminadas	6
Contenido de humedad	1 por ensayo

3.6. UNIDAD DE ANÁLISIS

Especímen (06 especímenes laminada y 06 especímenes maciza) de longitud = 3.2m de ancho = 4" y alto = 8"

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas utilizadas para la recolección de datos:

- **Observación participante o directa:** el investigador forma parte de la comunidad o medio donde se desarrolla el estudio. Los datos recopilados son: la dimensión de las probetas (especímenes) ensayadas, características de los agregados, condiciones de curado, edad de la probeta, hora y fecha del ensayo, carga máxima aplicable durante el ensayo, deformaciones, etc. Para esto se utiliza un cuaderno de notas para la recolección de datos.
- **Revisión bibliográfica:** permite revisar gran cantidad de información sobre el área a la cual pertenece el estudio y el ámbito en que se encuentran los diferentes tipos de materiales entre los cuales podemos mencionar: publicaciones, revistas y toda la variedad de material impreso y electrónico que pueda aportar una guía a esta investigación. Para esta investigación se utilizó la técnica de fichas. Una vez revisada la

documentación se extrae de ella los puntos que pueden dar uso a esta investigación.

- **Grabaciones en audio y video, fotografías, internet.**

Instrumentos utilizados para la recolección de datos:

- **Ficha de observación:** facilita el registro de las observaciones de la investigación, anotación de las características de las muestras, fechas, horas, los resultados obtenidos, etc.
- **Fichas bibliográficas y resumen:** permiten recolectar información del material escrito y electrónico dispersos en múltiples archivos y fuentes de información referente a conocimientos de terminología técnica, conceptos involucrados en los análisis, entre otros.
- **Medios electrónicos.**

3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

- Junto a cada gráfico, cuadro o tabla se recomienda escribir unas pocas palabras con el análisis y la interpretación del mismo en función de los objetivos, de la hipótesis y de la propuesta que se va a incluir (propuesta: solución del problema).
- Análisis de resultados estadísticos, lógicamente destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.
- Interpretación de resultados, con el apoyo del marco teórico.
- Comprobación de la hipótesis (depende de los resultados e información que se obtenga).
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

3.9. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA NTP 251.017

3.9.1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayos de flexión estática en maderas.

3.9.2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta

publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos basándose en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

Normas Técnicas Peruanas

NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras

NTP 251.009:1980 MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos Físicos y Mecánicos

NTP 251.010:2003 MADERA. Método para determinar el contenido de humedad

3.9.3. CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Norma Técnica Peruana se aplica a maderas.

3.9.4. MUESTREO

El muestreo para realizar el presente ensayo se hará de acuerdo a las NTP 251.008 y NTP 251.009.

NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras

NTP 251.009:1980 MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos

3.9.5. MÉTODOS DE ENSAYO

Tamaño de las probetas: El ensayo de la flexión estática se realiza con una probeta de 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm de longitud total (luz 35 cm); y de 5 cm x 5 cm x 76cm de longitud (luz 70 cm). Las probetas se prepararán según 2.1.

Número de probetas: El número de probetas a ensayar se determina por el grado de exactitud que se desee lograr según la NTP 251.008.

Aparatos

Prensa: Una prensa capaz de aplicar una fuerza superior a los 2000 kg, con dos crucetas, una fija y una móvil y una válvula o mecanismo que permita regular la velocidad lineal de la cruceta.

Accesorios

Soportes: Compuesto de dos apoyos idénticos entre sí, con una prolongación en la base por medio del cual estos apoyos se asientan en un pie de guía consistente en una barra metálica provista de una ranura practicada a todo lo largo de la superficie paralela a la que le sirve de asiento para permitir el libre desplazamiento de los apoyos.

Los apoyos estarán provistos de tornillos que permitan asegurarlos firmemente a la barra guía. La parte superior de los apoyos deberá terminar en forma de cuña con aristas ligeramente romas.

Placas de acero con rodillos:

Para reducir al mínimo los esfuerzos de roce se emplea tres piezas de acero. Dos placas metálicas de 5,6 cm x 5,7 cm de lado y de 0,9 cm de espesor, con las superficies mayores planas, pulidas y paralelas entre sí. Una de las placas tendrá en una de sus superficies mayores una ranura en forma de "V" con una profundidad no mayor de 2 mm y que servirá para alojar la parte superior del apoyo.

Una armadura central constituida por un conjunto de rodillos metálicos que pueden girar libremente alrededor de su eje longitudinal.

Cabezal o bloque de carga: Construido según forma indicadas en la Figura

2, en metal o madera cuyo peso específico no sea inferior a 1 y cuya misión es la de transmitir a la probeta la fuerza producida por la prensa. Este cabezal debe asegurarse firmemente por cualquier dispositivo adecuado al tope o cruceta móvil, de tal manera, que la generatriz de la superficie cilíndrica a la cual pertenece el arco trazado con radio $r = 7,0$

cm sea perpendicular al eje longitudinal de la probeta.

Deflectómetro: En caso que la prensa empleada, no disponga de objetivos capaces de registrar automáticamente la curva que relaciona la fuerza aplicada y la deformación obtenida, se empleará un deflectómetro de precisión requerida.

Ubicación del plano neutral: Se efectuará la ubicación del plano neutral, utilizándose cualquier método conveniente para determinar las deformaciones a partir de este plano. La ubicación del plano neutral se deberá realizar en el caso de utilizar deflectómetro.

Procedimiento

Aplicación de la carga y soportes: La carga se aplica en el centro de la muestra (distancia entre los soportes de 35 cm) para probetas grandes y (distancia entre los soportes de 17,5 cm) para probetas pequeñas. Se colocan entre la probeta y los soportes, las placas de acero con rodillos. La carga se aplica a través del cabezal o bloque de carga, sobre la cara tangencial de la probeta más próxima a la médula.

Velocidad del ensayo: En el ensayo de flexión estática, se aplica la carga continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa de 1,3 mm/min, para probetas de 2,5 cm x 2,5 cm x 41 cm y de 2,5 mm/min para probetas de 5 cm x 5 cm x 76 cm.

Curva de la carga – deformación: En el caso de que la prensa empleada no disponga de dispositivos capaces de registrar automáticamente la curva que relaciona la carga aplicada y la deformación obtenida, se medirán las deflexiones producidas en la mitad de la luz para cargas progresivas, con intervalos de carga en función a la densidad de la especie, de modo que las lecturas que así se obtengan permitan trazar el gráfico de curva carga – deformación, para determinar el límite de proporcionalidad (P').

Descripción de falla de la probeta: Para una mejor interpretación de los resultados, es necesario hacer una descripción de la forma en que se produce la rotura, dibujando esquemáticamente la falla.

Determinación del contenido de humedad de la probeta: Inmediatamente después del ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla se corta una probeta de

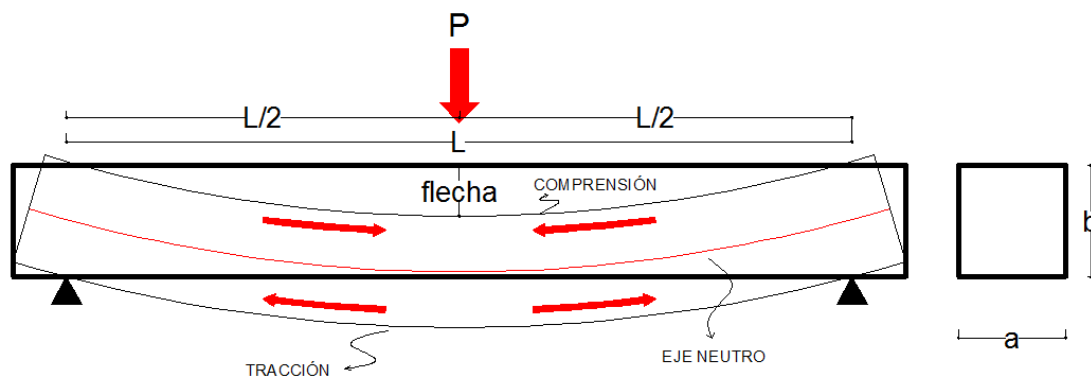
2 cm de largo. Se determina el contenido de humedad de la probeta, según lo establecido en la NTP 251.010.

Expresión de resultados

Determinación de la carga al límite proporcional (P[∧]): La carga al límite proporcional, se determina sobre la curva carga – deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto donde la tangente se separa de la curva.

Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional: El esfuerzo de la fibra al límite proporcional se calcula según la formula siguiente:

Figura 13. Flexión estática



Fuente: Elaboración Propia

3.9.6. FÓRMULAS DE CÁLCULO

Deformación unitaria

$$DU = 6fbL^{-2}$$

FÓRMULA (21)

Donde:

DU = Deformación unitaria

f = Deflexión (flecha) en el centro de luz de la probeta, en cm.

b = Peralte de la probeta, en cm.

L = Luz entre apoyos, en cm.

Esfuerzo

$$\sigma = \frac{3P}{2ab^2}$$

FÓRMULA (22)

Donde:

- σ = Esfuerzo en kg/cm²
- P = Carga en kg
- L = Luz entre apoyos, en cm.
- a = Ancho de la probeta, en cm.
- b = Peralte de la probeta, en cm.

Esfuerzo al límite proporcional elástico

$$\sigma.L = \frac{3P.L}{2ab^2} \quad \text{FÓRMULA (23)}$$

Donde:

- $\sigma.L$ = Esfuerzo al límite proporcional elástico en kg/cm²
- PL = Carga en el límite proporcional elástico en kg
- a = Ancho de la probeta, en cm.
- b = Peralte de la probeta, en cm.

Esfuerzo de rotura

$$\sigma.R = \frac{3P.R}{2ab^2} \quad \text{FÓRMULA (24)}$$

Donde:

- $\sigma.R$ = Esfuerzo de rotura en kg/cm²
- PR = Carga de rotura en kg
- a = Ancho de la probeta, en cm.
- b = Peralte de la probeta, en cm.

Módulo de elasticidad

$$MOE = \frac{\sigma L}{DU} \quad \text{FÓRMULA (25)}$$

Donde:

- MOE = Modulo de elasticidad en kg/cm²
- σL = Esfuerzo al límite proporcional elástico en kg/cm²
- DU = Deformación unitaria (Correspondiente al límite proporcional elástico).

Esfuerzo admisible

$$\sigma_{Adm} = \frac{(F.C)x(F.T)}{(F.S)x(F.D.C)} x \sigma R \quad \text{FÓRMULA (26)}$$

Donde:

- $\sigma.R$ = Esfuerzo de rotura en kg/cm²
- F.C = Factor de reducción por calidad

F.T = Factor de reducción por tamaño

F.S = Factor de servicio y seguridad

F.D.C = Factor de duración de carga

TABLA 11: Coeficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C	0,80	*	*	*
F.T	0,90	*	*	*
F.S	2,00	1,60	4,00**	1,60
F.D.C	1,15	1,25	*	*

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones – Norma E-010

(*) Incluido en F.S.

(**) Incluye un coeficiente por concentración de esfuerzos = 2,00 debido a la posible presencia de rajaduras por secado en los extremos de la piezas.

3.10. MÉTODOS DE DISEÑO

Actualmente se utilizan 2 métodos principales de diseño que son:

- El *método tradicional* que se conoce como *diseño por esfuerzos de trabajo admisibles*.- En este método se utilizan relaciones básicas derivadas de la teoría clásica del comportamiento elástico de los materiales; la adecuación o seguridad de los diseños se mide al comparar con respecto a dos límites principales: un aceptable para el esfuerzo máximo y un nivel tolerable para el alcance de la deformación. Estos límites se calculan tal como se presentan en respuestas a las cargas de servicio; es decir a las cargas producidas por las condiciones de uso normal de la estructura, los movimientos tolerables se llamaban *deflexiones admisibles*, *alargamiento admisible*, etc. En esencia el método de los esfuerzos de trabajo consiste en diseñar una estructura para **trabajar a algún porcentaje apropiado** establecido de su capacidad total. Sin embargo lo que es verdaderamente apropiado como una condición de trabajo tiene **mucho de especulación teórica**.

Con el objeto de establecer en forma convincente ambos límites de esfuerzo y deformación, fue necesario ejecutar ensayos de estructuras reales.

Este método de diseño constituye en su mayoría a los reglamentos de diseño, y en especial el **Manual de diseño para maderas del Grupo Andino, la cual es la que se usa en nuestro medio.**

- *Método de la resistencia o LRFD*, en el cual se usan **límites de falla** para el trabajo de diseño. El método de la resistencia consiste en **diseñar una estructura para fallar**, pero para una condición de carga **más allá** de lo que debería experimentar durante su uso. Una razón principal para favorecer los métodos de resistencia es que la falla de una estructura **se demuestra con relativa facilidad** mediante pruebas físicas.

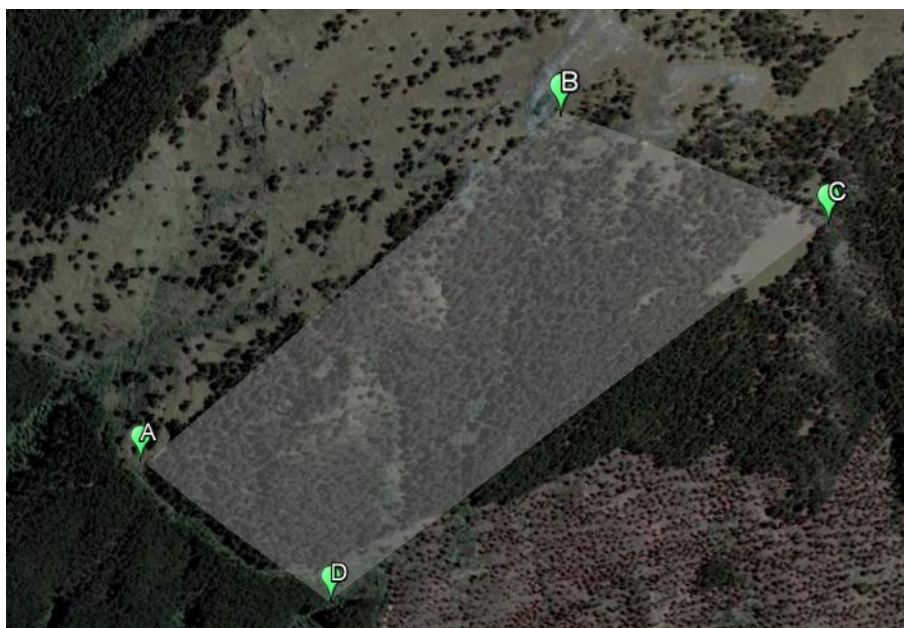
3.11. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS

3.11.1. ELECCIÓN DEL BOSQUE

La elección del bosque realizamos de acuerdo a la accesibilidad de recolección de muestras, el mismo que contenga árboles de mayor edad posible, los que presenten menor nudos, y los más derechos posible, de acuerdo al ANEXO A, de la NTP 251.008.2016 presentamos el siguiente cuadro informativo.

MUESTREO SEGÚN NTP 251.008.2016	
POBLACION	PINO RADIATA
ZONA	PORCON ALTO
SUB ZONA	BOSQUE DEL Sr. MARTIN CHILON INFANTE
BLOQUE	A
	B
	C
	D

Figura 14. Ubicación de la Sub Zona



Fuente: Elaboración Propia

COORDENADAS UTM DE LA SUB ZONA			
VERTICE	ESTE	NORTE	COTA
A	764004	9222330	3450
B	764470	9222663	3623
C	764732	9222567	3585
D	764213	9222175	3450

Fuente: Elaboración Propia
Toma de datos con GPS Garmin

Figura 15. Ubicación de árbol por la Sub Zona



Fuente: Elaboración Propia

COORDENADAS UTM DE ÁRBOL SELECCIONADO EN LA SUB ZONA			
ARBOL	ESTE	NORTE	COTA
A	764203	9222394	3517
B	764406	9222548	3585
C	764302	9222316	3497
D	764575	9222525	3590

Fuente: Elaboración Propia
Toma de datos con GPS Garmin

Figura 16. Características de árbol por la Sub Zona

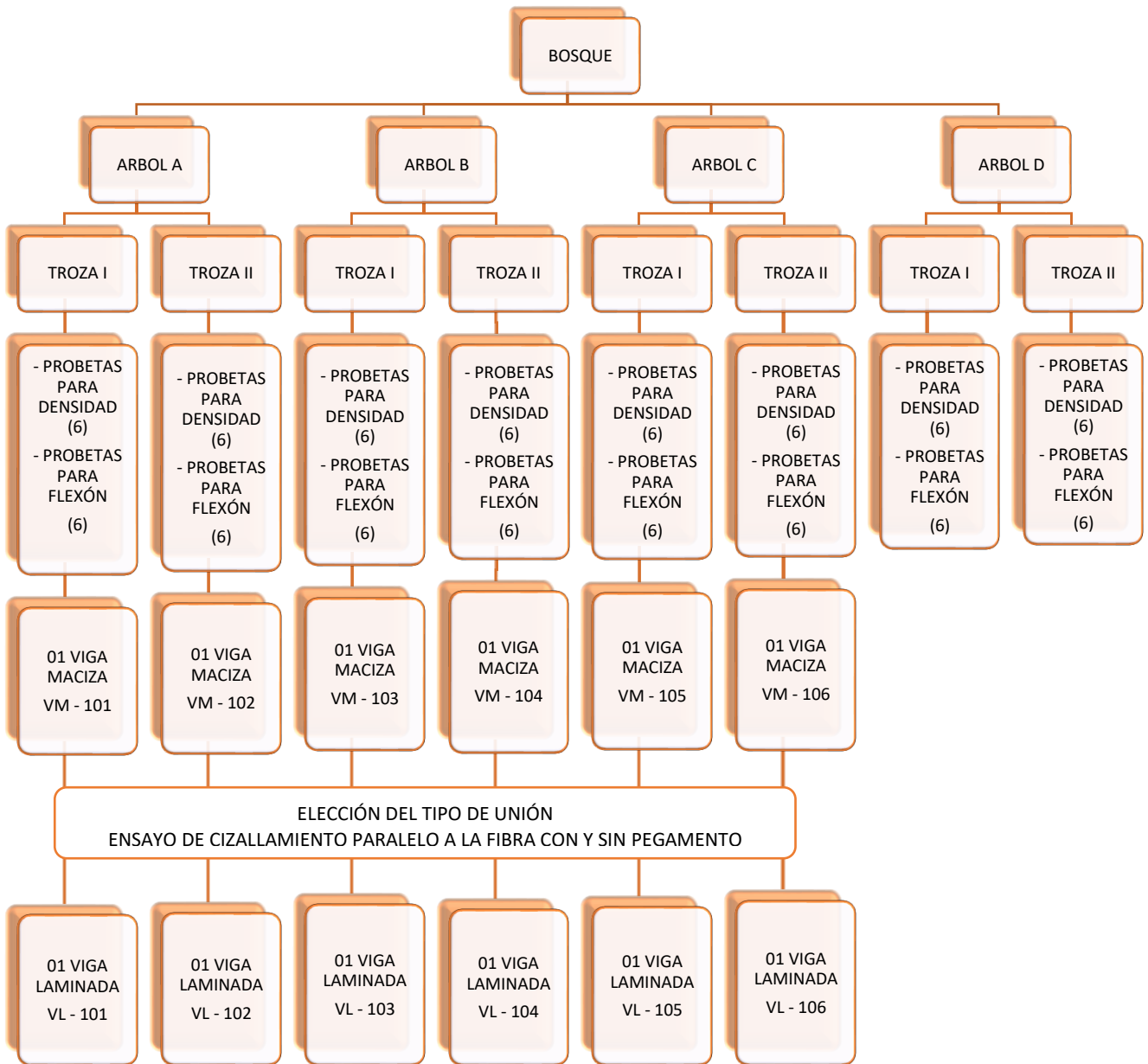


Figura 17. Procedimiento de corte de troza y habilitación primaria



Fuente: Elaboración Propia

3.11.2. CUADRO RESUMEN DE PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los ensayos realizados:

Contenido de humedad (NTP 251.010)⁵: Este valor se ha sido controlando desde la tala del árbol que supera el $W=80\%$, hasta tener valores desde entre los $w = 3\% -16\%$, con la finalidad de poder elaborar posteriormente las vigas laminadas, del mismo modo podemos resaltar que este parámetro está en relación al grosor de la muestra. (Ver anexo de ensayos)

Densidad Básica (NTP 251.011): Este parámetro se ha realizado con la finalidad de clasificar la madera de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones, de la misma manera para seleccionar los árboles con los que se confeccionaron las vigas laminadas, obteniendo resultados de una densidad básica entre los valores $0.348 \text{ g/cm}^3 - 0.449 \text{ g/cm}^3$. (Ver anexo del 1 al 4)

DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO (g/cm^3)	
Árbol A	0.359 g/cm^3
Árbol B	0.420 g/cm^3
Árbol C	0.425 g/cm^3
Árbol D	0.379 g/cm^3

Cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013): Este tipo de ensayo se realiza con la finalidad de obtener la relación de resistencia y forma de falla de la madera natural y de la madera pegada, obteniendo que el modo de falla esta fuera de la capa de pegamento, por lo tanto es un indicador de suma importancia para la elaboración de las vigas laminadas.

ESFUERZO AL CORTE SIN PEGAMENTO		ESFUERZO AL CORTE CON PEGAMENTO	
C-1	37.886 Kg/cm^2	CP-1	34.826 Kg/cm^2
C-2	34.661 Kg/cm^2	CP-2	35.984 Kg/cm^2
C-3	35.964 Kg/cm^2	CP-3	34.297 Kg/cm^2
C-4	36.381 Kg/cm^2	CP-4	36.111 Kg/cm^2
C-5	35.025 Kg/cm^2	CP-5	34.955 Kg/cm^2
C-6	36.690 Kg/cm^2	CP-6	38.806 Kg/cm^2
C-7	35.458 Kg/cm^2	CP-7	35.387 Kg/cm^2
\bar{x}	36.009 Kg/cm^2	\bar{x}	35.766 Kg/cm^2
σ	1.097 Kg/cm^2	σ	1.486 Kg/cm^2

Flexión estática (NTP 251.017): el mencionado ensayo se realiza con la finalidad de seleccionar los arboles con los que se elaboraron las vigas laminadas, para tal finalidad se sometieron 48 muestras de ensayos a flexión 6

⁵ Las medidas geométricas para las probetas para contenido de humedad difieren según el tipo de ensayo de las NTP.

por cada troza, descartando el árbol D, por tener baja resistencia a la flexión a comparación del árbol A, B, C. (Tipo de falla)

ÁRBOL	CÓDIGO DE PROBETA	Du (mm/mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
A	AI - 101	0.00918	302.76 kg/cm ²	46370.69 kg/cm ²
	AI - 102	0.00856	256.05 kg/cm ²	45217.66 kg/cm ²
	AI - 103	0.00727	350.88 kg/cm ²	52153.69 kg/cm ²
	AI - 104	0.01135	413.60 kg/cm ²	69147.47 kg/cm ²
	AI - 105	0.01031	329.24 kg/cm ²	52637.24 kg/cm ²
	AI - 106	0.00827	426.89 kg/cm ²	62829.83 kg/cm ²
	AII - 101	0.01380	352.70 kg/cm ²	34376.64 kg/cm ²
	AII - 102	0.00847	405.78 kg/cm ²	59823.45 kg/cm ²
	AII - 103	0.00843	372.56 kg/cm ²	52855.89 kg/cm ²
	AII - 104	0.01148	376.42 kg/cm ²	47497.04 kg/cm ²
	AII - 105	0.00843	415.99 kg/cm ²	70820.70 kg/cm ²
	AII - 106	0.00904	321.44 kg/cm ²	53157.81 kg/cm ²
	\bar{x}	=	360.361 kg/cm²	53907.344 kg/cm²
	σ	=	51.922 kg/cm²	10419.135 kg/cm²
B	BI - 101	0.01093	400.36 kg/cm ²	44981.75 kg/cm ²
	BI - 102	0.01428	474.18 kg/cm ²	64022.73 kg/cm ²
	BI - 103	0.00655	290.98 kg/cm ²	54876.63 kg/cm ²
	BI - 104	0.00730	481.87 kg/cm ²	73208.99 kg/cm ²
	BI - 105	0.00759	409.28 kg/cm ²	67742.92 kg/cm ²
	BI - 106	0.01081	344.57 kg/cm ²	46609.69 kg/cm ²
	BII - 101	0.01073	414.78 kg/cm ²	47457.17 kg/cm ²
	BII - 102	0.00595	343.06 kg/cm ²	64022.73 kg/cm ²
	BII - 103	0.00776	291.23 kg/cm ²	55095.10 kg/cm ²
	BII - 104	0.00835	376.18 kg/cm ²	76955.55 kg/cm ²
	BII - 105	0.00753	411.91 kg/cm ²	73916.42 kg/cm ²
	BII - 106	0.01066	344.95 kg/cm ²	49746.64 kg/cm ²
	\bar{x}	=	381.946 kg/cm²	59886.361 kg/cm²
	σ	=	62.064 kg/cm²	11542.045 kg/cm²
C	CI - 101	0.01316	468.50 kg/cm ²	71153.89 kg/cm ²
	CI - 102	0.01680	362.22 kg/cm ²	31714.32 kg/cm ²
	CI - 103	0.01458	371.70 kg/cm ²	40320.63 kg/cm ²
	CI - 104	0.01155	447.45 kg/cm ²	74249.12 kg/cm ²
	CI - 105	0.01408	423.36 kg/cm ²	46214.74 kg/cm ²
	CI - 106	0.01103	348.42 kg/cm ²	47024.63 kg/cm ²
	CII - 101	0.00906	364.97 kg/cm ²	46452.40 kg/cm ²
	CII - 102	0.00939	392.69 kg/cm ²	61966.95 kg/cm ²
	CII - 103	0.00764	294.72 kg/cm ²	56278.17 kg/cm ²
	CII - 104	0.01034	431.97 kg/cm ²	73208.99 kg/cm ²
	CII - 105	0.00759	320.08 kg/cm ²	50807.19 kg/cm ²

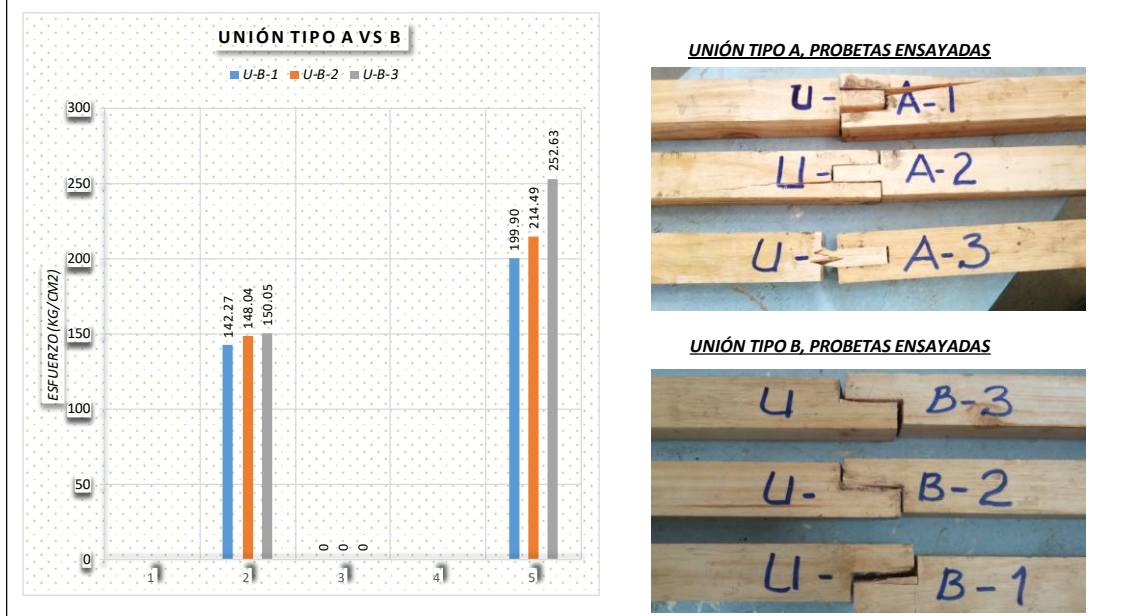
ÁRBOL	CÓDIGO DE PROBETA	Du (mm/mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
	CII - 106	0.01075	343.74 kg/cm ²	51254.87 kg/cm ²
	\dot{x}	=	380.819 kg/cm²	54220.492 kg/cm²
	σ	=	53.001 kg/cm²	13514.592 kg/cm²
D	DI - 101	0.00825	265.46 kg/cm ²	44981.75 kg/cm ²
	DI - 102	0.00744	308.04 kg/cm ²	63285.15 kg/cm ²
	DI - 103	0.00595	278.12 kg/cm ²	54821.25 kg/cm ²
	DI - 104	0.00699	290.85 kg/cm ²	72156.31 kg/cm ²
	DI - 105	0.01024	301.71 kg/cm ²	31508.34 kg/cm ²
	DI - 106	0.00773	299.85 kg/cm ²	46656.44 kg/cm ²
	DII - 101	0.00901	222.21 kg/cm ²	29598.22 kg/cm ²
	DII - 102	0.00543	267.81 kg/cm ²	60188.22 kg/cm ²
	DII - 103	0.00614	294.50 kg/cm ²	52855.89 kg/cm ²
	DII - 104	0.00665	283.63 kg/cm ²	47497.04 kg/cm ²
	DII - 105	0.00614	318.22 kg/cm ²	70820.70 kg/cm ²
	DII - 106	0.00773	299.85 kg/cm ²	46656.44 kg/cm ²
	\dot{x}	=	285.854 kg/cm²	51752.146 kg/cm²
	σ	=	25.476 kg/cm²	13521.834 kg/cm²

Flexión estática – Unión en el punto crítico (NTP 251.017): Acondicionamos la norma NTP 251.017, y realizamos los ensayos a flexión con unión en el punto crítico (En el centro), para ello elegimos tres tipos de uniones, A, B, C, eligiendo la del tipo B, por registrar la mayor resistencia a flexión, para la cual se ha ensayado 3 muestras por tipo de unión.

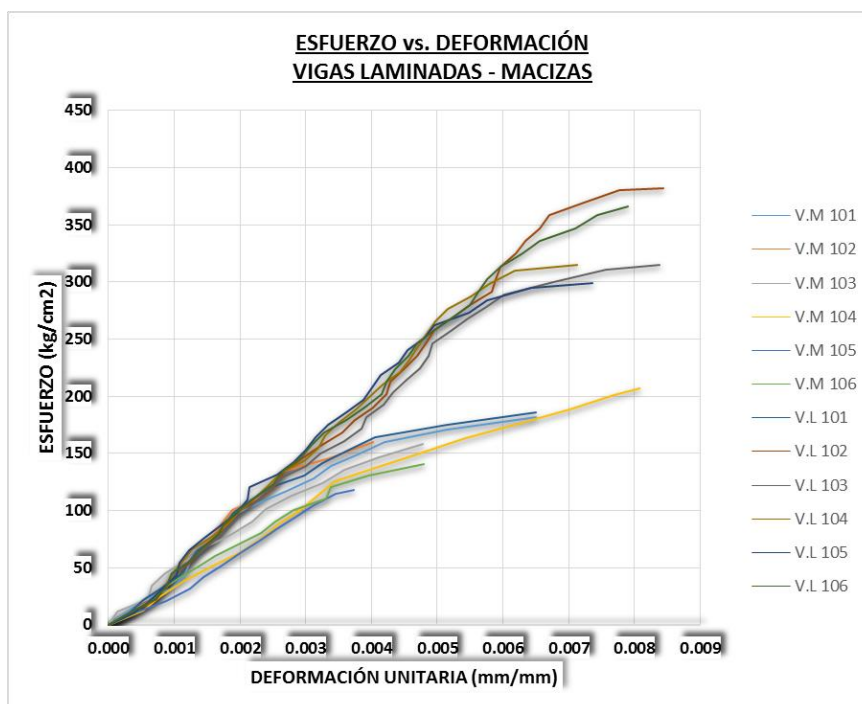
RESUMEN Y ELECCIÓN DE ENSAYOS A FLEXIÓN - UNIÓN EN EL PUNTO CRÍTICO

UNIÓN A - VS UNIÓN B											
PROBETA	σ L.P.E=	ϵ L.P.E=	M.E=	σ u=	ϵ u=	PROBETA	σ L.P.E=	ϵ L.P.E=	M.E=	σ u=	ϵ u=
U-A-1	106.70	0.003001	35554.17	142.27	0.004922	U-B-1	135.53	0.003664	36991.90	199.90	0.008243
U-A-2	84.11	0.002751	30580.68	148.04	0.006723	U-B-2	151.40	0.004279	35386.22	214.49	0.009168
U-A-3	87.49	0.002159	40520.23	150.05	0.006298	U-B-3	147.52	0.003545	41615.40	252.63	0.009453

GRÁFICA COMPARATIVA



Flexión estática para vigas (NTP 251.017): El mencionado ensayo se realiza con la finalidad de comparar la resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas, bajo los criterios de la norma NTP 251.017, la misma que es aplicada para probetas estándar.



Como podemos observar en la gráfica anterior las curvas de la parte superior representa al diagrama de esfuerzo deformación de las vigas laminadas, y las curvas inferiores representa al diagrama de esfuerzo deformación de las vigas macizas, las mismas que representan el incremento de resistencia a flexión.

Resistencia al agua: Con fines de aplicación de las vigas laminadas a las diferentes obras de ingeniería de manera estructural, realizamos un ensayo para verificar su resistencia al agente más comprometido como es el agua para ello, sumergimos una muestra pegada, y controlamos el tiempo que necesita para ser separada por tal agente, llegando a obtener un promedio de 48 horas necesarias para ser despegada, esto indica que algún elemento estructural puede soportar fuertes lluvias y ser 100% seguras en condiciones que no presenten contacto con el agua.

Clasificación visual: Este parámetro nos indica el área que representa los nudos con respecto a su cara de visualización, y su punto de ubicación al centro de luz de las vigas macizas.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.11.3. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en la tesis, afirmamos que la hipótesis es verdadera.
2. La resistencia a flexión de las vigas laminadas es 1.53 veces mayor que la resistencia a flexión de las macizas.
3. Propiedades físicas y mecánicas de pino radiata:
 - a. La densidad básica promedio de la madera utilizada es de 0.396 g/cm^3 .
 - b. El esfuerzo al corte con pegamento es mayor que esfuerzo al corte sin pegamento.
 - c. El módulo de elasticidad promedio de la madera utilizada es de 54941.59 kg/cm^2
 - d. La madera ensayada registra un contenido de humedad desde el 3% hasta el 16%, según sea las dimensiones de los ensayos.
4. El promedio aproximado de área de nudos respecto al área total de las vigas macizas corresponde al 4.6%.
5. El árbol de la sub zona D, se descarta para la elaboración de las vigas laminadas por registrar bajos valores a la resistencia a flexión, bajo valor de la densidad y presentar un tipo de falla tipo B (Tensión de grano entrecruzado)
6. Elegimos la unión tipo B, para las láminas ya que presenta la mejor resistencia a flexión en su punto crítico, y optamos por la distribución de uniones tipo muelle.

3.11.4. RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar con la investigación de madera laminada, ya que en Cajamarca y todo el Perú existen pocos talleres que practiquen esta técnica muy favorable para la ingeniería estructural con madera. Puesto que en nuestra región presenta un alto índice de plantaciones de diferentes especies de madera.
2. Se debe realizar otras investigaciones con diferentes uniones, diferente posición de unión, diferentes adhesivos, diferentes

dimensiones de vigas, diferentes formas geométricas con la finalidad de tener un registro de resistencia a flexión para la madera producida en Cajamarca.

3. Tener cuidado con la fabricación de probetas pequeñas porque se puede producir accidentes en las máquinas de carpintería.
4. Verificar el estado de calibración de los diferentes equipos utilizados. (Nivel mecánico, ubicación del pistón de la máquina a flexión, dial de registro de carga, balanzas, etc.)

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRÁFICAS

6.1.1.LIBROS

- Luis Somoza Veiga, 2007, La madera laminada encolada, La Coruña, España.
- Díaz-vaz, 2003, Anatomía de Maderas, Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias forestales, Chile.
- Ananías, 1993, Apuntes de Anatomía de la madera, Universidad del Bío-Bío, Departamento de ingeniería en maderas, facultad de ingeniería, Biobío, Chile.
- Cuevas, 1980, Elementos constructivos en madera laminada y su proceso de fabricación Universidad Austral de Chile, Chile.
- Ing. Paúl Ramírez Nelson, 2012, Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales, Lima, Perú, pág. 66.
- Arqto Verónica Veas B. Arqto Jing Chang Lou, 2000, Deformaciones de vigas, Universidad Austral de Chile, Chile, pág. 43, Folio EST 2-01.
- PADT REFORT, 1984, Manual de diseño para maderas del grupo andino, Ed. 3era Preliminar Corregida, Lima, Perú, pág. 591.
- Medina Sanchez Eduardo, 2013, Construcción de estructuras de madera, Ed. 1ra, Madrid, España, editorial Bellisco, pág. 302
- Ramón Agüelles y F. Arriaga, 2013, Estructuras de madera bases y cálculos, Ed. 2da, Madrid, España, pág. 570
- VVAA, 2004, Puentes de madera, Ed. 3ra, Madrid, España, pág. 288

6.1.2.TESIS

- Br. Douglas Paul Vásquez Montoya, Br. Reyna del Carmen Olivas Medina, Br. Glenda Vanessa Solís Moreno, F. 2008, Diseño de una edificación de madera por el método de resistencia última, tesis Bach. Ciudad de Managua, Nicaragua, UPAP, 255 p.
- Makarena Mabel Valdovino Hernández, 2005, Diseño, fabricación y ensayo de una losa de madera laminada verticalmente unida con cola fría, tesis Bach. Ciudad de Valdivia, Chile, UAC, 125 p.

- Osvaldo Andrés Messer Soubelet, A. 2007, Comportamiento en flexión de vigas laminadas que incorporan pino oregón, tesis Lic. Ciudad de Concepción, Chile, UAC, 52 p.
- Rob Renato Bruna Mella, 2006, Calidad superficial y resistencia mecánica de línea de cola en blancks laminados de Pinus radiata, tesis Bach. Ciudad de Valdivia, Chile, UAC, 64 p.
- Carolina Andrea Zambrano Triviño, 2012, Diseño de piezas de madera de pino radiata a través del método LRFD y su aplicación a una estructura de madera, tesis Bach. Ciudad de Valdivia, Chile, UAC, 198 p.
- Francisco Arriaga Martitegui, 1986, Consolidación de estructuras de madera mediante refuerzos embebidos en formulaciones epoxi, tesis Doc. Ciudad de Madrid, España, UPM, 391 p.
- Marta Cecilia González Huenumán, 2008, Losa compuesta: losa de madera laminada reforzada con pletinas de acero, tesis Bach. Ciudad de Valdivia, Chile, UAC, 119 p.
- Geovanny Rayo Morales y Eida María Reyes Ramirez, 2014, Comportamiento a flexión de vigas de madera de gran longitud de sección compuesta reforzadas con láminas pegadas prensadas de guadua “angustifolia kunth”, tesis Bach. Ciudad de Bogotá, Colombia, UMNG, 95 p.
- Santos López Marreros y Orlando M. Ríos Justiniano, 2001, Ensayos de uniones empernadas con madera de Aliso, tesis Bach. Ciudad de Cajamarca, Perú, UNC, 471 p.


6.1.3.NORMAS Y REGLAMENTOS

- American Forest And Paper Association, 1995, Norma para el diseño de construcciones de madera mediante el método de factores de carga y resistencia (LRFD), New York, Estados Unidos, 64 p.
- INACAL, 2015, Madera aserrada. Dimensiones. Métodos de medición. NTP.251.003.2015, 2da ed. Lima, Perú, 20 de nov, 07 p.
- INACAL, 2016, Madera y carpintería para construcción. Selección y colección de muestras. NTP.251.008.2016, 2da ed. Lima, Perú, 20 de dic, 18 p.

- INACAL, 2016, Madera y carpintería para construcción. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. NTP.251.009.2016, 2da ed. Lima, Perú, 20 de dic, 04 p.
- INACAL, 2014, Madera. Método para determinar el contenido de humedad. NTP.251.010.2014, 3da ed. Lima, Perú, 28 de dic, 19 p.
- INACAL, 2014, Madera. Método para determinar La densidad. NTP.251.011.2014, 3da ed. Lima, Perú, 28 de dic, 09 p.
- INACAL, 2015, Madera. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano. NTP.251.013.2015, 3da ed. Lima, Perú, 25 de dic, 06 p.
- INACAL, 2014, Madera. Método para determinar la flexión estática. NTP.251.011.2014, 3da ed. Lima, Perú, 14 de ene, 12 p.
- Isabel Ttito, 2016, Reglamento nacional de edificaciones, 8va ed. Lima, Perú. Ed. MACRO. 24 ene, 800 p.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO 1. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL A, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011

TIPO DE ENSAYO:	DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011
Operador: Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA	
Laboratorio: Universidad Nacional de Cajamarca	

Probeta Código	"a" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)
AI - 101	3.110	3.112	10.101	34.800	33.900	97.761	0.347
AI - 102	3.100	3.111	10.112	32.700	31.600	97.521	0.324
AI - 103	3.150	3.152	10.011	37.000	36.300	99.397	0.365
AI - 104	3.103	3.130	10.091	34.200	33.600	98.008	0.343
AI - 105	3.100	3.123	10.082	30.100	29.600	97.607	0.303
AI - 106	3.101	3.113	10.051	39.600	39.100	97.026	0.403
AII - 101	3.120	3.131	10.035	33.400	32.800	98.029	0.335
AII - 102	3.112	3.125	10.104	38.900	38.400	98.261	0.391
AII - 103	3.145	3.115	10.120	42.800	42.300	99.142	0.427
AII - 104	3.110	3.100	10.070	36.300	35.700	97.085	0.368
AII - 105	3.110	3.120	10.091	36.800	35.900	97.915	0.367
AII - 106	3.120	3.110	10.140	34.100	33.600	98.390	0.341

Anexo: Medidas y pesos para las probetas del árbol A

ANEXO 2. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL B, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca



Probeta Código	"a" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen (cm³)	DENSIDAD (gr/cm³)
BI - 101	3.145	3.105	10.090	48.400	46.500	98.531	0.472
BI - 102	3.125	3.125	10.040	49.100	46.700	98.047	0.476
BI - 103	3.110	3.110	9.980	34.400	32.100	96.528	0.333
BI - 104	3.130	3.100	10.125	47.900	45.600	98.243	0.464
BI - 105	3.050	3.090	10.115	48.400	46.400	95.329	0.487
BI - 106	3.100	3.110	10.110	38.700	37.000	97.471	0.380
BII - 101	3.115	3.110	10.080	43.900	42.800	97.652	0.438
BII - 102	3.090	3.090	10.080	33.900	32.400	96.245	0.337
BII - 103	3.080	3.115	10.090	40.900	40.100	96.805	0.414
BII - 104	3.110	3.100	10.100	44.700	43.500	97.374	0.447
BII - 105	3.115	3.095	10.060	40.100	39.200	96.988	0.404
BII - 106	3.110	3.110	10.070	38.700	37.600	97.398	0.386

Anexo: Medidas y pesos para las probetas del árbol B

ANEXO 3. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL C, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca



Probeta Código	"a" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen (cm³)	DENSIDAD (gr/cm³)
CI - 101	3.115	3.110	10.080	48.700	47.600	97.652	0.487
CI - 102	3.105	3.105	10.110	42.000	40.700	97.471	0.418
CI - 103	3.115	3.125	10.125	43.100	42.000	98.561	0.426
CI - 104	3.110	3.110	10.090	44.000	43.300	97.591	0.444
CI - 105	3.110	3.110	10.100	48.200	47.200	97.688	0.483
CI - 106	3.130	3.105	10.140	44.000	43.000	98.547	0.436
CII - 101	3.110	3.110	10.035	43.400	42.900	97.060	0.442
CII - 102	3.095	3.090	10.110	35.100	34.700	96.687	0.359
CII - 103	3.120	3.140	10.120	40.400	39.000	99.144	0.393
CII - 104	3.115	3.140	10.090	42.800	41.800	98.691	0.424
CII - 105	3.120	3.090	10.110	36.300	35.200	97.468	0.361
CII - 106	3.110	3.110	10.140	44.000	42.300	98.075	0.431

Anexo: Medidas y pesos para las probetas del árbol C

ANEXO 4. MEDIDAS Y PESOS PARA LAS PROBETAS DEL ÁRBOL D, TIPO DE ENSAYO DENSIDAD BÁSICA – NTP 251.011

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca



Probeta Código	"a" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	"b" Prom (cm)	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Volumen (cm³)	DENSIDAD (gr/cm³)
DI - 101	3.140	3.165	10.095	33.000	32.100	100.325	0.320
DI - 102	3.150	3.115	10.110	36.400	35.300	99.202	0.356
DI - 103	3.105	3.120	10.080	47.200	45.900	97.651	0.470
DI - 104	3.130	3.130	10.110	37.300	36.700	99.047	0.371
DI - 105	3.130	3.110	10.105	36.700	35.600	98.365	0.362
DI - 106	3.105	3.095	10.135	43.200	41.700	97.397	0.428
DII - 101	3.110	3.130	10.030	34.700	33.900	97.635	0.347
DII - 102	3.090	3.105	10.120	44.500	42.400	97.096	0.437
DII - 103	3.120	3.095	10.100	36.500	34.600	97.530	0.355
DII - 104	3.110	3.120	10.075	37.900	36.700	97.760	0.375
DII - 105	3.110	3.125	10.140	38.700	36.800	98.548	0.373
DII - 106	3.160	3.150	10.105	36.500	35.700	100.585	0.355

Anexo: Medidas y pesos para las probetas del árbol D

ANEXO 5. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL B, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017											
CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA	
BI - 101		BI - 102		BI - 103		BI - 104		BI - 105		BI - 106	
TIEMPO:	7.16 min	TIEMPO:	9.60 min	TIEMPO:	4.40 min	TIEMPO:	4.80 min	TIEMPO:	5.04 min	TIEMPO:	7.16 min
a1:	4.845 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.960 cm	a1:	4.990 cm
b1:	4.990 cm	b1:	4.860 cm	b1:	4.860 cm	b1:	4.965 cm	b1:	4.920 cm	b1:	4.930 cm
c1:	2.210 cm	c1:	2.225 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.230 cm	c1:	2.230 cm
w%:	7.57 %	w%:	8.70 %	w%:	8.29 %	w%:	5.63 %	w%:	7.56 %	w%:	8.49 %
D.B	0.470 gr/cm³	D.B	0.516 gr/cm³	D.B	0.384 gr/cm³	D.B	0.521 gr/cm³	D.B	0.316 gr/cm³	D.B	0.386 gr/cm³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00049	17.40702	0.00036	17.96146	0.00024	17.96146	0.00024	17.20979	0.00024	17.49071	0.00036	17.31510
0.00122	34.81404	0.00065	35.92291	0.00054	35.92291	0.00049	34.41958	0.00042	34.98142	0.00066	34.63019
0.00171	52.22106	0.00119	53.88437	0.00089	53.88437	0.00067	51.62937	0.00054	52.47213	0.00097	51.94529
0.00196	69.62808	0.00131	71.84583	0.00119	71.84583	0.00097	68.83916	0.00060	69.96284	0.00121	69.26039
0.00232	87.03510	0.00167	89.80728	0.00155	89.80728	0.00122	86.04895	0.00072	87.45354	0.00151	86.57548
0.00251	104.44212	0.00184	107.76874	0.00179	107.76874	0.00134	103.25874	0.00090	104.94425	0.00181	103.89058
0.00306	121.84914	0.00214	125.73020	0.00214	125.73020	0.00152	120.46854	0.00120	122.43496	0.00217	121.20567
0.00330	139.25616	0.00238	143.69165	0.00238	143.69165	0.00182	137.67833	0.00157	139.92567	0.00248	138.52077
0.00367	156.66318	0.00268	161.65311	0.00298	161.65311	0.00195	154.88812	0.00181	157.41638	0.00284	155.83587
0.00397	174.07020	0.00298	179.61457	0.00321	179.61457	0.00231	172.09791	0.00241	174.90709	0.00332	173.15096
0.00428	191.47722	0.00315	197.57602	0.00363	197.57602	0.00243	189.30770	0.00271	192.39780	0.00374	190.46606
0.00464	208.88424	0.00351	215.53748	0.00393	215.53748	0.00274	206.51749	0.00301	209.88851	0.00423	207.78116
0.00519	226.29126	0.00369	233.49894	0.00440	233.49894	0.00310	223.72728	0.00331	227.37922	0.00483	225.09625
0.00550	243.69828	0.00393	251.46039	0.00476	251.46039	0.00328	240.93707	0.00361	244.86993	0.00507	242.41135
0.00599	261.10530	0.00417	272.11607	0.00536	269.42185	0.00353	258.14686	0.00374	262.36063	0.00537	259.72644
0.00617	278.51232	0.00446	287.38331	0.00595	287.38331	0.00371	275.35665	0.00422	279.85134	0.00573	277.04154
0.00642	297.66004	0.00476	305.34477	0.00655	290.97560	0.00395	292.56644	0.00452	297.34205	0.00652	294.35664
0.00697	313.32636	0.00506	323.30622			0.00413	309.77623	0.00482	314.83276	0.00773	311.67173
0.00739	330.73338	0.00536	341.26768			0.00432	326.98602	0.00512	332.32347	0.00863	328.98683
0.00825	348.14040	0.00595	359.22914			0.00456	344.19582	0.00536	349.81418	0.01081	344.57042
0.00917	365.54741	0.00744	377.19059			0.00486	361.40561	0.00596	367.30489		
0.01093	400.36145	0.00863	395.15205			0.00517	378.61540	0.00614	384.79560		
		0.00922	413.11351			0.00547	395.82519	0.00759	409.28259		
		0.01012	431.07496			0.00584	413.03498				
		0.01131	449.03642			0.00608	430.24477				
		0.01428	474.18246			0.00730	481.87414				
TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA	
E		D		D		A		E		D	
COMPRESIÓN (Vista lateral)		TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)		COMPRESIÓN (Vista lateral)		TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	
DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO	
σ L.P.E=	208.88 kg/cm²	σ L.P.E=	251.46 kg/cm²	σ L.P.E=	215.54 kg/cm²	σ L.P.E=	258.15 kg/cm²	σ L.P.E=	244.87 kg/cm²	σ L.P.E=	225.10 kg/cm²
ε L.P.E=	0.00464	ε L.P.E=	0.00393	ε L.P.E=	0.00393	ε L.P.E=	0.00353	ε L.P.E=	0.00361	ε L.P.E=	0.00483
σ u=	400.36 kg/cm²	σ u=	474.18 kg/cm²	σ u=	290.98 kg/cm²	σ u=	481.87 kg/cm²	σ u=	409.28 kg/cm²	σ u=	344.57 kg/cm²
ε u=	0.01093	ε u=	0.01428	ε u=	0.00655	ε u=	0.00730	ε u=	0.00759	ε u=	0.01081
M.E=	44981.75 kg/cm²	M.E=	64022.73 kg/cm²	M.E=	54876.63 kg/cm²	M.E=	73208.99 kg/cm²	M.E=	67742.92 kg/cm²	M.E=	46609.69 kg/cm²

ANEXO 7. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL C, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO:						FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017					
CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA	
CI - 101		CI - 102		CI - 103		CI - 104		CI - 105		CI - 106	
TIEMPO:	8.80 min	TIEMPO:	11.20 min	TIEMPO:	9.60 min	TIEMPO:	7.60 min	TIEMPO:	9.20 min	TIEMPO:	7.28 min
a1:	4.865 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.880 cm	a1:	4.950 cm	a1:	5.000 cm	a1:	4.895 cm
b1:	4.885 cm	b1:	4.900 cm	b1:	4.960 cm	b1:	4.965 cm	b1:	5.000 cm	b1:	4.950 cm
c1:	2.220 cm	c1:	2.210 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.230 cm	c1:	2.220 cm
w%:	4.55 %	w%:	5.33 %	w%:	5.33 %	w%:	5.63 %	w%:	6.40 %	w%:	5.43 %
D.B	0.417 gr/cm³	D.B	0.420 gr/cm³	D.B	0.419 gr/cm³	D.B	0.521 gr/cm³	D.B	0.364 gr/cm³	D.B	0.417 gr/cm³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00024	18.08870	0.00060	17.66941	0.00061	17.49187	0.00024	17.20979	0.00061	16.80000	0.00030	17.50879
0.00060	36.17740	0.00120	35.33881	0.00091	34.98373	0.00049	34.41958	0.00122	33.60000	0.00067	35.01759
0.00090	54.26609	0.00210	53.00822	0.00152	52.47560	0.00067	51.62937	0.00135	50.40000	0.00097	52.52638
0.00120	72.35479	0.00240	70.67762	0.00213	69.96746	0.00097	68.83916	0.00171	67.20000	0.00121	70.03517
0.00138	90.44349	0.00270	88.34703	0.00292	87.45933	0.00122	86.04895	0.00214	84.00000	0.00145	87.54396
0.00173	108.53219	0.00300	106.01643	0.00304	104.95119	0.00134	103.25874	0.00245	100.80000	0.00182	105.05276
0.00191	126.62089	0.00360	123.68584	0.00334	122.44306	0.00152	120.46854	0.00276	117.60000	0.00218	122.56155
0.00215	144.70959	0.00420	141.35524	0.00364	139.93492	0.00182	137.67833	0.00306	134.40000	0.00255	140.07034
0.00239	162.79828	0.00480	159.02465	0.00425	157.42679	0.00195	154.88812	0.00331	151.20000	0.00279	157.57913
0.00269	180.88698	0.00540	176.69405	0.00456	174.91865	0.00231	172.09791	0.00367	168.00000	0.00333	175.08793
0.00287	198.97568	0.00600	194.36346	0.00486	192.41052	0.00243	189.30770	0.00398	184.80000	0.00376	192.59672
0.00305	217.06438	0.00660	212.03287	0.00516	209.90238	0.00274	206.51749	0.00429	201.60000	0.00424	210.10551
0.00317	235.15308	0.00726	229.70227	0.00547	227.39425	0.00310	223.72728	0.00459	218.40000	0.00491	227.61431
0.00341	253.24178	0.00780	247.37168	0.00607	244.88611	0.00328	240.93707	0.00490	235.20000	0.00521	245.12310
0.00359	271.33047	0.00840	267.69149	0.00638	265.00176	0.00353	258.14686	0.00551	252.00000	0.00539	262.63189
0.00383	289.41917	0.00900	282.71049	0.00729	279.86984	0.00371	275.35665	0.00582	268.80000	0.00606	280.14068
0.00419	309.31674	0.00960	300.37989	0.00850	297.36171	0.00395	292.56644	0.00612	285.60000	0.00667	297.64948
0.00437	325.59657	0.01050	318.04930	0.00972	314.85357	0.00413	309.77623	0.00673	302.40000	0.00776	315.15827
0.00479	343.68527	0.01200	335.71870	0.01093	332.34544	0.00432	326.98602	0.00722	319.20000	0.00909	332.66706
0.00508	361.77396	0.01440	353.38811	0.01215	349.87370	0.00456	344.19582	0.00765	336.00000	0.01103	348.42497
0.00538	379.86266	0.01680	362.22281	0.01458	371.70213	0.00486	361.40561	0.00827	352.80000		
0.00592	397.95136					0.00517	378.61540	0.00918	369.60000		
0.00718	416.04006					0.00608	395.82519	0.01041	386.40000		
0.00897	434.12876					0.00730	413.03498	0.01102	403.20000		
0.01166	452.21746					0.00912	430.24477	0.01224	420.00000		
0.01316	468.49728					0.01155	447.45456	0.01408	423.36000		
TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA
D	A	A	A	A	A	A	B	B	D	D	D
TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)	TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)	TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)
DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO
σ L.P.E=	217.06 kg/cm²	σ L.P.E=	247.37 kg/cm²	σ L.P.E=	244.89 kg/cm²	σ L.P.E=	275.36 kg/cm²	σ L.P.E=	268.80 kg/cm²	σ L.P.E=	245.12 kg/cm²
ε L.P.E=	0.00305	ε L.P.E=	0.00780	ε L.P.E=	0.00607	ε L.P.E=	0.00371	ε L.P.E=	0.00582	ε L.P.E=	0.00521
σ u=	468.50 kg/cm²	σ u=	362.22 kg/cm²	σ u=	371.70 kg/cm²	σ u=	447.45 kg/cm²	σ u=	423.36 kg/cm²	σ u=	348.42 kg/cm²
ε u=	0.01316	ε u=	0.01680	ε u=	0.01458	ε u=	0.01155	ε u=	0.01408	ε u=	0.01103
M.E=	71153.89 kg/cm²	M.E=	31714.32 kg/cm²	M.E=	40320.63 kg/cm²	M.E=	74249.12 kg/cm²	M.E=	46214.74 kg/cm²	M.E=	47024.63 kg/cm²

ANEXO 8. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL C, TROZA II, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017											
CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA	
CII - 101		CII - 102		CII - 103		CII - 104		CII - 105		CII - 106	
TIEMPO:	6.00 min	TIEMPO:	6.20 min	TIEMPO:	5.20 min	TIEMPO:	6.80 min	TIEMPO:	5.04 min	TIEMPO:	7.16 min
a1:	4.865 cm	a1:	4.855 cm	a1:	5.010 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.960 cm	a1:	4.850 cm
b1:	4.930 cm	b1:	4.945 cm	b1:	4.800 cm	b1:	4.965 cm	b1:	4.920 cm	b1:	4.905 cm
c1:	2.200 cm	c1:	2.100 cm	c1:	2.200 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.230 cm	c1:	2.235 cm
w%:	8.49 %	w%:	9.07 %	w%:	5.83 %	w%:	5.63 %	w%:	7.56 %	w%:	9.69 %
D.B	0.514 gr/cm³	D.B	0.450 gr/cm³	D.B	0.405 gr/cm³	D.B	0.521 gr/cm³	D.B	0.316 gr/cm³	D.B	0.427 gr/cm³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00054	17.75999	0.00036	17.68876	0.00024	18.19278	0.00024	17.20979	0.00024	17.49071	0.00036	17.99698
0.00127	35.51997	0.00067	35.37753	0.00053	36.38556	0.00049	34.41958	0.00048	34.98142	0.00066	35.99395
0.00163	53.27996	0.00121	53.06629	0.00088	54.57834	0.00067	51.62937	0.00072	52.47213	0.00096	53.99093
0.00199	71.03994	0.00133	70.75505	0.00118	72.77112	0.00097	68.83916	0.00108	69.96284	0.00120	71.98790
0.00229	88.79993	0.00170	88.44382	0.00153	90.96391	0.00122	86.04895	0.00145	87.45354	0.00150	89.98488
0.00248	106.55991	0.00188	106.13258	0.00176	109.15669	0.00134	103.25874	0.00193	104.94425	0.00180	107.98185
0.00302	124.31990	0.00218	123.82134	0.00212	127.34947	0.00152	120.46854	0.00217	122.43496	0.00216	125.97883
0.00332	142.07989	0.00242	141.51011	0.00235	145.54225	0.00182	137.67833	0.00265	139.92567	0.00246	143.97581
0.00362	159.83987	0.00272	159.19887	0.00294	163.73503	0.00195	154.88812	0.00301	157.41638	0.00288	161.97278
0.00392	177.59986	0.00303	176.88763	0.00317	181.92781	0.00231	172.09791	0.00337	174.90709	0.00342	179.96976
0.00423	195.35984	0.00321	194.57640	0.00359	200.12059	0.00243	189.30770	0.00386	192.39780	0.00372	197.96673
0.00459	213.11983	0.00357	212.26516	0.00388	218.31337	0.00274	206.51749	0.00422	209.88851	0.00420	215.96371
0.00513	230.87981	0.00375	229.95392	0.00435	236.50615	0.00310	223.72728	0.00452	227.37922	0.00456	233.96069
0.00543	248.63980	0.00400	247.64269	0.00470	254.69894	0.00328	240.93707	0.00482	244.86993	0.00505	251.95766
0.00592	266.39979	0.00424	267.98476	0.00529	272.89172	0.00353	258.14686	0.00512	262.36063	0.00541	269.95464
0.00610	284.15977	0.00454	283.02021	0.00617	291.08450	0.00371	275.35665	0.00536	279.85134	0.00571	287.95161
0.00634	303.69576	0.00484	300.70897	0.00764	294.72305	0.00395	292.56644	0.00596	297.34205	0.00643	305.94859
0.00688	319.67974	0.00515	318.39774			0.00413	309.77623	0.00663	314.83276	0.00769	323.94556
0.00730	337.43973	0.00545	336.08650			0.00432	326.98602	0.00759	320.07997	0.00859	341.94254
0.00815	355.19971	0.00606	353.77526			0.00456	344.19582			0.01075	343.74224
0.00906	364.96771	0.00666	371.46403			0.00517	361.40561				
		0.00878	389.15279			0.00608	378.61540				
		0.00939	392.69054			0.00699	395.82519				
						0.00790	413.03498				
						0.00912	430.24477				
						0.01034	431.96575				
TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA	
A		A		D		D		D		D	
TENSION SIMPLE (Vista Lateral)		TENSION SIMPLE (Vista Lateral)		TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	
DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO	
σ L.P.E=	213.12 kg/cm²	σ L.P.E=	247.64 kg/cm²	σ L.P.E=	218.31 kg/cm²	σ L.P.E=	258.15 kg/cm²	σ L.P.E=	244.87 kg/cm²	σ L.P.E=	233.96 kg/cm²
ε L.P.E=	0.00459	ε L.P.E=	0.00400	ε L.P.E=	0.00388	ε L.P.E=	0.00353	ε L.P.E=	0.00482	ε L.P.E=	0.00456
σ u=	364.97 kg/cm²	σ u=	392.69 kg/cm²	σ u=	294.72 kg/cm²	σ u=	431.97 kg/cm²	σ u=	320.08 kg/cm²	σ u=	343.74 kg/cm²
ε u=	0.00906	ε u=	0.00939	ε u=	0.00764	ε u=	0.01034	ε u=	0.00759	ε u=	0.01075
M.E=	46452.40 kg/cm²	M.E=	61966.95 kg/cm²	M.E=	56278.17 kg/cm²	M.E=	73208.99 kg/cm²	M.E=	50807.19 kg/cm²	M.E=	51254.87 kg/cm²

ANEXO 9. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL D, TROZA I, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017											
CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA	
DI - 101		DI - 102		DI - 103		DI - 104		DI - 105		DI - 106	
TIEMPO:	5.40 min	TIEMPO:	5.00 min	TIEMPO:	4.00 min	TIEMPO:	4.60 min	TIEMPO:	6.80 min	TIEMPO:	5.12 min
a1:	4.845 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.955 cm	a1:	4.950 cm	a1:	4.960 cm	a1:	4.985 cm
b1:	4.990 cm	b1:	4.860 cm	b1:	4.860 cm	b1:	4.965 cm	b1:	4.920 cm	b1:	4.930 cm
c1:	2.210 cm	c1:	2.225 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.215 cm	c1:	2.230 cm	c1:	2.225 cm
w%:	7.57 %	w%:	5.80 %	w%:	8.29 %	w%:	4.55 %	w%:	7.56 %	w%:	8.49 %
D.B	0.470 gr/cm³	D.B	0.364 gr/cm³	D.B	0.383 gr/cm³	D.B	0.364 gr/cm³	D.B	0.316 gr/cm³	D.B	0.388 gr/cm³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00049	17.40702	0.00036	17.96146	0.00024	17.94333	0.00024	17.20979	0.00030	17.49071	0.00036	17.33246
0.00122	34.81404	0.00065	35.92291	0.00054	35.88666	0.00049	34.41958	0.00066	34.98142	0.00066	34.66493
0.00171	52.22106	0.00119	53.88437	0.00089	53.83000	0.00067	51.62937	0.00096	52.47213	0.00097	51.99739
0.00196	69.62808	0.00131	71.84583	0.00119	71.77333	0.00097	68.83916	0.00133	69.96284	0.00121	69.32985
0.00232	87.03510	0.00167	89.80728	0.00155	89.71666	0.00122	86.04895	0.00211	87.45354	0.00151	86.66232
0.00251	104.44212	0.00184	107.76874	0.00179	107.65999	0.00134	103.25874	0.00271	104.94425	0.00181	103.99478
0.00306	121.84914	0.00214	125.73020	0.00214	125.60333	0.00152	120.46854	0.00337	122.43496	0.00217	121.32724
0.00330	139.25616	0.00238	143.69165	0.00238	143.54666	0.00182	137.67833	0.00386	139.92567	0.00248	138.65971
0.00367	156.66318	0.00268	161.65311	0.00298	161.48999	0.00195	154.88812	0.00452	157.41638	0.00284	155.99217
0.00397	174.07020	0.00298	179.61457	0.00321	179.43332	0.00231	172.09791	0.00512	174.90709	0.00332	173.32463
0.00428	191.47722	0.00315	197.57602	0.00363	197.37665	0.00243	189.30770	0.00572	192.39780	0.00374	190.65710
0.00464	208.88424	0.00351	215.53748	0.00393	215.31999	0.00274	206.51749	0.00663	209.88851	0.00423	207.98956
0.00519	226.29126	0.00369	233.49894	0.00440	233.26332	0.00310	223.72728	0.00723	227.37922	0.00483	225.32203
0.00550	243.69828	0.00393	251.46039	0.00476	251.20665	0.00328	240.93707	0.00777	244.86993	0.00507	242.65449
0.00672	261.10530	0.00417	272.11607	0.00536	269.14998	0.00365	258.14686	0.00819	262.36063	0.00537	259.98695
0.00825	265.45705	0.00476	287.38331	0.00595	278.12165	0.00486	275.35665	0.00862	279.85134	0.00573	277.31942
		0.00595	305.34477			0.00699	290.84546	0.00964	297.34205	0.00652	294.65188
		0.00744	308.03898					0.01024	301.71473	0.00773	299.85162
TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA	
B		B		B		B		C		D	
TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista DEL GRÁFICO)		TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista DEL GRÁFICO)		TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista DEL GRÁFICO)		TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista DEL GRÁFICO)		TENSIÓN DE ASTILLAMIENTO (Vista de superficie de tensión)		TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	
σ L.P.E=	208.88 kg/cm²	σ L.P.E=	233.50 kg/cm²	σ L.P.E=	215.32 kg/cm²	σ L.P.E=	223.73 kg/cm²	σ L.P.E=	244.87 kg/cm²	σ L.P.E=	225.32 kg/cm²
ε L.P.E=	0.00464	ε L.P.E=	0.00369	ε L.P.E=	0.00393	ε L.P.E=	0.00310	ε L.P.E=	0.00777	ε L.P.E=	0.00483
σ u=	265.46 kg/cm²	σ u=	308.04 kg/cm²	σ u=	278.12 kg/cm²	σ u=	290.85 kg/cm²	σ u=	301.71 kg/cm²	σ u=	299.85 kg/cm²
ε u=	0.00825	ε u=	0.00744	ε u=	0.00595	ε u=	0.00699	ε u=	0.01024	ε u=	0.00773
M.E=	44981.75 kg/cm²	M.E=	63285.15 kg/cm²	M.E=	54821.25 kg/cm²	M.E=	72156.31 kg/cm²	M.E=	31508.34 kg/cm²	M.E=	46656.44 kg/cm²

ANEXO 10. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ÁRBOL D, TROZA II, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017											
CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA	
DII - 101		DII - 102		DII - 103		DII - 104		DII - 105		DII - 106	
TIEMPO:	6.00 min	TIEMPO:	3.60 min	TIEMPO:	4.08 min	TIEMPO:	4.40 min	TIEMPO:	6.80 min	TIEMPO:	4.08 min
a1:	4.910 cm	a1:	4.920 cm	a1:	4.890 cm	a1:	4.925 cm	a1:	4.960 cm	a1:	4.880 cm
b1:	4.905 cm	b1:	4.930 cm	b1:	4.920 cm	b1:	4.935 cm	b1:	4.920 cm	b1:	4.920 cm
c1:	2.220 cm	c1:	2.218 cm	c1:	2.225 cm	c1:	2.220 cm	c1:	2.230 cm	c1:	2.240 cm
w%:	3.45 %	w%:	8.79 %	w%:	5.26 %	w%:	7.53 %	w%:	7.56 %	w%:	7.55 %
D.B	0.325 gr/cm³	D.B	0.338 gr/cm³	D.B	0.319 gr/cm³	D.B	0.345 gr/cm³	D.B	0.316 gr/cm³	D.B	0.394 gr/cm³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00060	17.77705	0.00060	17.56145	0.00024	17.74109	0.00024	17.50809	0.00024	17.77744	0.00036	17.33246
0.00120	35.55411	0.00091	35.12290	0.00060	35.48217	0.00109	35.01618	0.00048	35.55488	0.00066	34.66493
0.00180	53.33116	0.00121	52.68435	0.00090	53.22326	0.00151	52.52427	0.00072	53.33233	0.00097	51.99739
0.00240	71.10821	0.00151	70.24580	0.00120	70.96435	0.00181	70.03236	0.00120	71.10977	0.00121	69.32985
0.00300	88.88527	0.00169	87.80725	0.00157	88.70544	0.00212	87.54045	0.00133	88.88721	0.00151	86.66232
0.00360	106.66232	0.00193	105.36870	0.00181	106.44652	0.00242	105.04853	0.00169	106.66465	0.00181	103.99478
0.00432	124.43937	0.00229	122.93014	0.00211	124.18761	0.00272	122.55662	0.00181	124.44209	0.00217	121.32724
0.00499	142.21643	0.00254	140.49159	0.00277	141.92870	0.00302	140.06471	0.00193	142.21953	0.00248	138.65971
0.00541	159.99348	0.00272	158.05304	0.00301	159.66978	0.00332	157.57280	0.00229	159.99698	0.00284	155.99217
0.00613	177.77053	0.00296	175.61449	0.00325	177.41087	0.00369	175.08089	0.00253	177.77442	0.00332	173.32463
0.00679	195.54759	0.00320	193.17594	0.00361	195.15196	0.00423	192.58898	0.00289	195.55186	0.00374	190.65710
0.00769	213.32464	0.00350	210.73739	0.00392	212.89305	0.00435	210.09707	0.00301	213.32930	0.00423	207.98956
0.00901	222.21317	0.00374	228.29884	0.00428	230.63413	0.00483	227.60516	0.00313	231.10674	0.00483	225.32203
		0.00404	245.86029	0.00470	248.37522	0.00514	245.11325	0.00361	248.88419	0.00507	242.65449
		0.00483	263.42174	0.00518	266.11631	0.00580	262.62134	0.00380	266.66163	0.00537	259.98695
		0.00543	267.81210	0.00542	283.85739	0.00610	280.12942	0.00422	284.43907	0.00573	277.31942
				0.00614	294.50205	0.00665	283.63104	0.00482	302.21651	0.00652	294.65188
								0.00614	318.21621	0.00773	299.85162
TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA	
B		E		B		B		C		D	
TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)		COMPRESIÓN (Vista lateral)		TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)		TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)		TENSIÓN DE ASTILLAMIENTO (Vista de)		TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	
DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO		DEL GRÁFICO	
σ L.P.E=	159.99 kg/cm²	σ L.P.E=	210.74 kg/cm²	σ L.P.E=	248.38 kg/cm²	σ L.P.E=	175.08 kg/cm²	σ L.P.E=	213.33 kg/cm²	σ L.P.E=	225.32 kg/cm²
ε L.P.E=	0.00541	ε L.P.E=	0.00350	ε L.P.E=	0.00470	ε L.P.E=	0.00369	ε L.P.E=	0.00301	ε L.P.E=	0.00483
σ u=	222.21 kg/cm²	σ u=	267.81 kg/cm²	σ u=	294.50 kg/cm²	σ u=	283.63 kg/cm²	σ u=	318.22 kg/cm²	σ u=	299.85 kg/cm²
ε u=	0.00901	ε u=	0.00543	ε u=	0.00614	ε u=	0.00665	ε u=	0.00614	ε u=	0.00773
M.E=	29598.22 kg/cm²	M.E=	60188.22 kg/cm²	M.E=	52855.89 kg/cm²	M.E=	47497.04 kg/cm²	M.E=	70820.70 kg/cm²	M.E=	46656.44 kg/cm²

ANEXO 11. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LAS VIGAS MACIZAS, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017									
CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA		CODIGO DE PROBETA	
VM - 101		VM - 102		VM - 103		VM - 104		VM - 105		VM - 106	
TIEMPO:	28.80 min	TIEMPO:	12.00 min	TIEMPO:	19.20 min	TIEMPO:	24.40 min	TIEMPO:	10.80 min	TIEMPO:	15.60 min
a1:	10.200 cm	a1:	9.947 cm	a1:	10.057 cm	a1:	9.103 cm	a1:	10.080 cm	a1:	10.053 cm
b1:	20.333 cm	b1:	20.100 cm	b1:	19.920 cm	b1:	19.853 cm	b1:	20.700 cm	b1:	21.130 cm
c1:	5.013 cm	c1:	5.152 cm	c1:	5.057 cm	c1:	5.012 cm	c1:	5.017 cm	c1:	5.123 cm
w%:	9.49 %	w%:	12.33 %	w%:	8.26 %	w%:	8.57 %	w%:	8.57 %	w%:	10.88 %
D.B	0.375 gr/cm ³	D.B	0.342 gr/cm ³	D.B	0.323 gr/cm ³	D.B	0.386 gr/cm ³	D.B	0.334 gr/cm ³	D.B	0.391 gr/cm ³
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00027	10.67076	0.00034	11.19806	0.00013	11.27664	0.00053	12.54138	0.00041	10.41865	0.00035	10.02544
0.00054	21.34151	0.00067	22.39612	0.00060	22.55328	0.00079	25.08275	0.00088	20.83729	0.00063	20.05088
0.00095	32.01227	0.00083	33.59418	0.00066	33.82993	0.00113	37.62413	0.00124	31.25594	0.00077	30.07632
0.00115	42.68302	0.00107	44.79224	0.00086	45.10657	0.00154	50.16551	0.00145	41.67458	0.00106	40.10176
0.00122	53.35378	0.00121	55.99031	0.00120	56.38321	0.00199	62.70688	0.00173	52.09323	0.00134	50.12720
0.00136	64.02453	0.00141	67.18837	0.00146	67.65985	0.00232	75.24826	0.00200	62.51188	0.00162	60.15264
0.00163	74.69529	0.00161	78.38643	0.00186	78.93649	0.00258	87.78963	0.00228	72.93052	0.00197	70.17808
0.00176	85.36605	0.00174	89.58449	0.00219	90.21314	0.00291	100.33101	0.00255	83.34917	0.00232	80.20352
0.00190	96.03680	0.00188	100.78255	0.00239	101.48978	0.00318	112.87239	0.00283	93.76782	0.00254	90.22896
0.00230	106.70756	0.00235	111.98061	0.00279	112.76642	0.00344	125.41376	0.00312	104.18646	0.00282	100.25440
0.00271	117.37831	0.00253	123.17867	0.00325	124.04306	0.00410	137.95514	0.00345	114.60511	0.00331	110.27984
0.00312	128.04907	0.00268	134.37673	0.00359	135.31970	0.00476	150.49652	0.00373	117.73070	0.00338	120.30528
0.00339	138.71983	0.00335	145.57479	0.00412	146.59635	0.00543	163.03789			0.00394	130.33072
0.00380	149.39058	0.00402	159.57237	0.00478	157.87299	0.00622	175.57927			0.00479	140.35616
0.00420	160.06134					0.00701	188.12064				
0.00515	170.73209					0.00768	200.66202				
0.00651	181.40285					0.00807	206.93271				
TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA		TIPO DE FALLA	
D		D		A		B		B		A	
TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSION ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)		TENSION SIMPLE (Vista Lateral)		TENSION DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)		TENSION DE GRANO ENTRECruzADO (Vista)		TENSION SIMPLE (Vista Lateral)	
DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO		DEL GRAFICO	
σ L.P.E=	138.72 kg/cm ²	σ L.P.E=	123.18 kg/cm ²	σ L.P.E=	112.77 kg/cm ²	σ L.P.E=	137.96 kg/cm ²	σ L.P.E=	93.77 kg/cm ²	σ L.P.E=	100.25 kg/cm ²
ε L.P.E=	0.00339	ε L.P.E=	0.00253	ε L.P.E=	0.00279	ε L.P.E=	0.00410	ε L.P.E=	0.00283	ε L.P.E=	0.00282
σ P.F=	160.06 kg/cm ²	σ P.F=	134.38 kg/cm ²	σ P.F=	135.32 kg/cm ²	σ P.F=	188.12 kg/cm ²	σ P.F=	104.19 kg/cm ²	σ P.F=	120.31 kg/cm ²
ε P.F=	0.00420	ε P.F=	0.00268	ε P.F=	0.00359	ε P.F=	0.00701	ε P.F=	0.00312	ε P.F=	0.00338
σ u=	181.40 kg/cm ²	σ u=	159.57 kg/cm ²	σ u=	157.87 kg/cm ²	σ u=	206.93 kg/cm ²	σ u=	117.73 kg/cm ²	σ u=	140.36 kg/cm ²
ε u=	0.00651	ε u=	0.00402	ε u=	0.00478	ε u=	0.00807	ε u=	0.00373	ε u=	0.00479
M.E=	40933.72 kg/cm ²	M.E=	48637.24 kg/cm ²	M.E=	40435.46 kg/cm ²	M.E=	33622.81 kg/cm ²	M.E=	33145.22 kg/cm ²	M.E=	35584.86 kg/cm ²

ANEXO 12. CÁLCULO DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN DE LAS VIGAS LAMINADAS, ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP 251.017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA		CÓDIGO DE PROBETA	
VL - 101		VL - 102		VL - 103		VL - 104		VL - 105		VL - 106	
TIEMPO:	26.00 min	TIEMPO:	25.20 min	TIEMPO:	24.80 min	TIEMPO:	21.20 min	TIEMPO:	22.00 min	TIEMPO:	23.60 min
a1:	10.007 cm	a1:	9.947 cm	a1:	10.223 cm	a1:	10.005 cm	a1:	10.235 cm	a1:	9.947 cm
b1:	20.300 cm	b1:	20.100 cm	b1:	20.277 cm	b1:	20.167 cm	b1:	20.067 cm	b1:	20.100 cm
c1:	4.850 cm	c1:	5.152 cm	c1:	5.152 cm	c1:	5.010 cm	c1:	5.018 cm	c1:	5.152 cm
w%:	5.82 %	w%:	6.67 %	w%:	6.15 %	w%:	6.17 %	w%:	6.43 %	w%:	6.67 %
D.B	0.401 gr/cm ²	D.B	0.403 gr/cm ²	D.B	0.362 gr/cm ²	D.B	0.408 gr/cm ²	D.B	0.397 gr/cm ²	D.B	0.403 gr/cm ²
Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.	Du	ESF.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00032	10.91267	0.00038	11.19806	0.00034	10.70599	0.00038	11.05929	0.00040	10.91878	0.00035	11.19806
0.00053	21.82534	0.00074	22.39612	0.00068	21.41198	0.00069	22.11858	0.00064	21.83756	0.00072	22.39612
0.00081	32.73801	0.00086	33.59418	0.00088	32.11797	0.00089	33.17786	0.00083	32.75635	0.00087	33.59418
0.00108	43.65068	0.00105	44.79224	0.00101	42.82396	0.00097	44.23715	0.00104	43.67513	0.00096	44.79224
0.00122	54.56335	0.00127	55.99031	0.00119	53.52995	0.00113	55.29644	0.00108	54.59391	0.00126	55.99031
0.00135	65.47602	0.00145	67.18837	0.00142	64.23595	0.00128	66.35573	0.00123	65.51269	0.00142	67.18837
0.00162	76.38869	0.00168	78.38643	0.00165	74.94194	0.00159	77.41502	0.00146	76.43147	0.00166	78.38643
0.00176	87.30136	0.00181	89.58449	0.00184	85.64793	0.00183	88.47431	0.00171	87.35026	0.00177	89.58449
0.00189	98.21403	0.00201	100.78255	0.00201	96.35392	0.00200	99.53359	0.00196	98.26904	0.00198	100.78255
0.00217	109.12670	0.00235	111.98061	0.00224	107.05991	0.00222	110.59288	0.00211	109.18782	0.00225	111.98061
0.00244	120.03937	0.00255	123.17867	0.00243	117.76590	0.00242	121.65217	0.00214	120.10660	0.00251	123.17867
0.00298	130.95203	0.00268	134.37673	0.00264	128.47189	0.00262	132.71146	0.00257	131.02538	0.00265	134.37673
0.00325	141.86470	0.00295	145.57479	0.00300	139.17788	0.00298	143.77075	0.00281	141.94417	0.00292	145.57479
0.00365	152.77737	0.00322	156.77286	0.00322	149.88387	0.00320	154.83004	0.00301	152.86295	0.00308	156.77286
0.00406	163.69004	0.00355	167.97092	0.00358	160.58986	0.00329	165.88932	0.00314	163.78173	0.00328	167.97092
0.00514	174.60271	0.00375	179.16898	0.00385	171.29585	0.00350	176.94861	0.00334	174.70051	0.00362	179.16898
0.00650	185.51538	0.00402	190.36704	0.00392	182.00184	0.00376	188.00790	0.00361	185.61929	0.00389	190.36704
		0.00422	201.56510	0.00419	192.70784	0.00397	199.06719	0.00388	196.53808	0.00415	201.56510
		0.00429	212.76316	0.00433	203.41383	0.00417	210.12648	0.00401	207.45686	0.00422	212.76316
		0.00449	223.96122	0.00453	214.11982	0.00444	221.18577	0.00415	218.37564	0.00436	223.96122
		0.00469	235.15928	0.00473	224.82581	0.00457	232.24505	0.00441	229.29442	0.00456	235.15928
		0.00482	246.35735	0.00487	235.53180	0.00471	243.30434	0.00455	240.21320	0.00469	246.35735
		0.00496	257.55541	0.00492	246.23779	0.00484	254.36363	0.00482	251.13199	0.00496	257.55541
		0.00523	268.75347	0.00520	256.94378	0.00497	265.42292	0.00495	262.05077	0.00523	268.75347
		0.00549	279.95153	0.00546	267.64977	0.00516	276.48221	0.00548	272.96955	0.00549	279.95153
		0.00583	291.14959	0.00575	278.35576	0.00551	287.54150	0.00575	283.88833	0.00563	291.14959
		0.00590	302.34765	0.00602	289.06175	0.00578	298.60078	0.00642	294.80711	0.00576	302.34765
		0.00596	313.54571	0.00676	299.76774	0.00618	309.66007	0.00736	299.17463	0.00596	313.54571
		0.00619	324.74377	0.00757	310.47374	0.00713	315.18972			0.00630	324.74377
		0.00634	335.94183	0.00838	315.29143					0.00657	335.94183
		0.00657	347.13990							0.00710	347.13990
		0.00670	358.33796							0.00744	358.33796
		0.00724	369.53602							0.00791	366.17660
		0.00777	380.73408								
		0.00844	381.85389								
TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA	TIPO DE FALLA
A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)	TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)
DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO	DEL GRÁFICO
σ L.P.E=	130.95 kg/cm ²	σ L.P.E=	302.35 kg/cm ²	σ L.P.E=	246.24 kg/cm ²	σ L.P.E=	254.36 kg/cm ²	σ L.P.E=	251.13 kg/cm ²	σ L.P.E=	302.35 kg/cm ²
ε L.P.E=	0.00298	ε L.P.E=	0.00590	ε L.P.E=	0.00492	ε L.P.E=	0.00484	ε L.P.E=	0.00482	ε L.P.E=	0.00576
σ P.F.=	163.69 kg/cm ²	σ P.F.=	358.34 kg/cm ²	σ P.F.=	278.36 kg/cm ²	σ P.F.=	287.54 kg/cm ²	σ P.F.=	283.89 kg/cm ²	σ P.F.=	358.34 kg/cm ²
ε P.F.=	0.00406	ε P.F.=	0.00670	ε P.F.=	0.00575	ε P.F.=	0.00551	ε P.F.=	0.00575	ε P.F.=	0.00744
σ u=	185.52 kg/cm ²	σ u=	381.85 kg/cm ²	σ u=	315.29 kg/cm ²	σ u=	315.19 kg/cm ²	σ u=	299.17 kg/cm ²	σ u=	366.18 kg/cm ²
ε u=	0.00650	ε u=	0.00844	ε u=	0.00838	ε u=	0.00713	ε u=	0.00736	ε u=	0.00791
M.E=	43982.99 kg/cm ²	M.E=	51280.13 kg/cm ²	M.E=	50043.54 kg/cm ²	M.E=	52554.47 kg/cm ²	M.E=	52145.35 kg/cm ²	M.E=	52472.69 kg/cm ²

ANEXO 13. ENSAYOS DE ACUERDO A LAS NTP.

TIPO DE ENSAYO:	DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011
------------------------	--------------------------------------

Operador: Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA	CÓDIGO DE PROBETA AI - 102
--	--------------------------------------

Laboratorio:
 Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.100	3.111	10.112		97.521 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	32.700	3.481 %	Volumen (cm ³)	97.521	0.324 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	31.600		Peso Anhidro (gr.)	31.600	

Peso Verde (gr.)

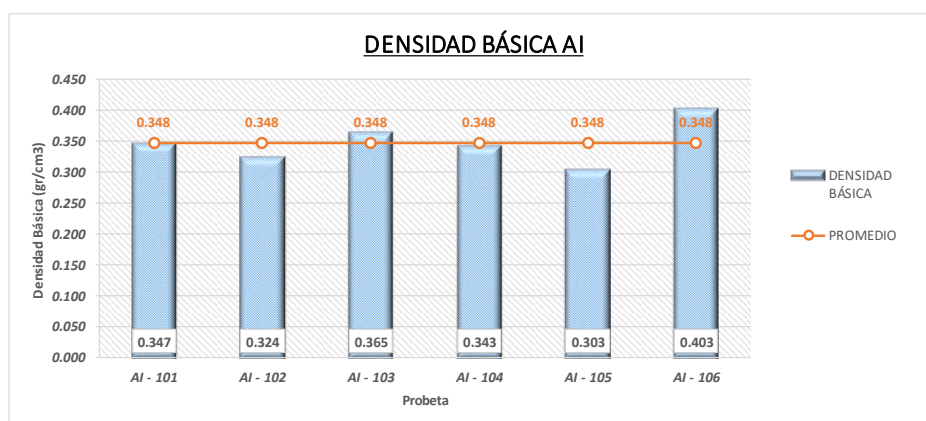
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de AI - 102, ver tabla de Anexo

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AII - 105

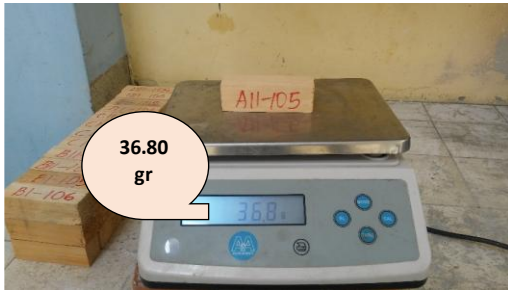
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.110	3.120	10.091		97.915 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)		2.507 %	Volumen (cm ³)	97.915	0.367 gr/cm ³
36.800			Peso Anhidro (gr.)		

Peso Verde (gr.)

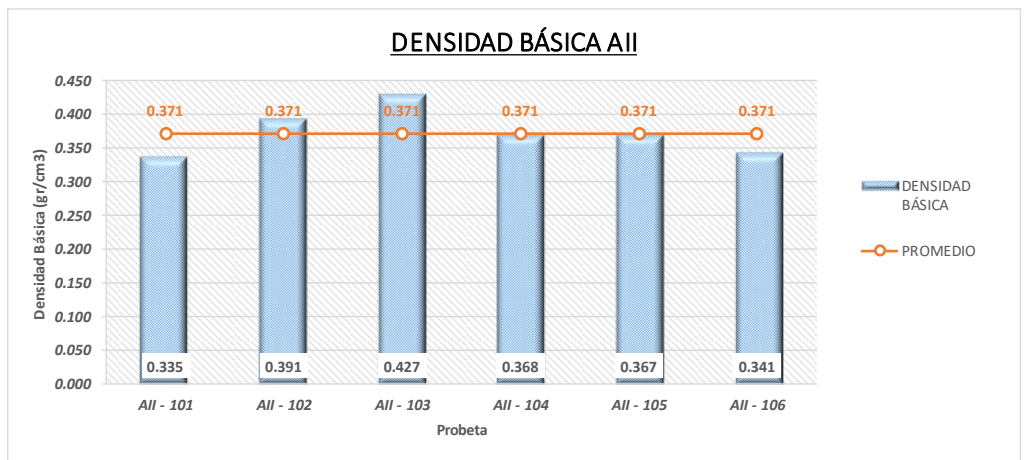
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de AII - 105, ver tabla de Anexo

INTERPRETACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA NTP 251.011

CUADRO DE REGISTRO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL A	
AI - 101	0.347 gr/cm ³
AI - 102	0.324 gr/cm ³
AI - 103	0.365 gr/cm ³
AI - 104	0.343 gr/cm ³
AI - 105	0.303 gr/cm ³
AI - 106	0.403 gr/cm ³
All - 101	0.335 gr/cm ³
All - 102	0.391 gr/cm ³
All - 103	0.427 gr/cm ³
All - 104	0.368 gr/cm ³
All - 105	0.367 gr/cm ³
All - 106	0.341 gr/cm ³

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL A	
Media	0.359 gr/cm³
Error típico	0.010 gr/cm ³
Mediana	0.356 gr/cm ³
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.035 gr/cm³
Varianza de la muestra	0.001 gr/cm³
Curtosis	-0.054 gr/cm ³
Coficiente de asimetría	0.439 gr/cm ³
Rango	0.123 gr/cm ³
Mínimo	0.303 gr/cm³
Máximo	0.427 gr/cm³
Suma	4.313 gr/cm ³
Cuenta	12.000
Nivel de confianza(95.0%)	0.022

Interpretación: el árbol A, presenta una densidad promedio de 0.359 g/cm³, una densidad máxima de 0.427 g/cm³, y una mínima de 0.303 g/cm³, la variación se debe a la precisión de medida directa y la perfección del corte de la probeta. Estos resultados a un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 0.035 y una varianza del 0.001.

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
BI - 101

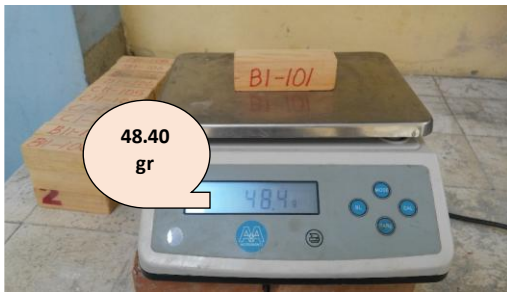
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.145	3.105	10.090		98.531 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	48.400	4.086 %	Volumen (cm ³)	98.531	0.472 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	46.500		Peso Anhidro (gr.)	46.500	

Peso Verde (gr.)

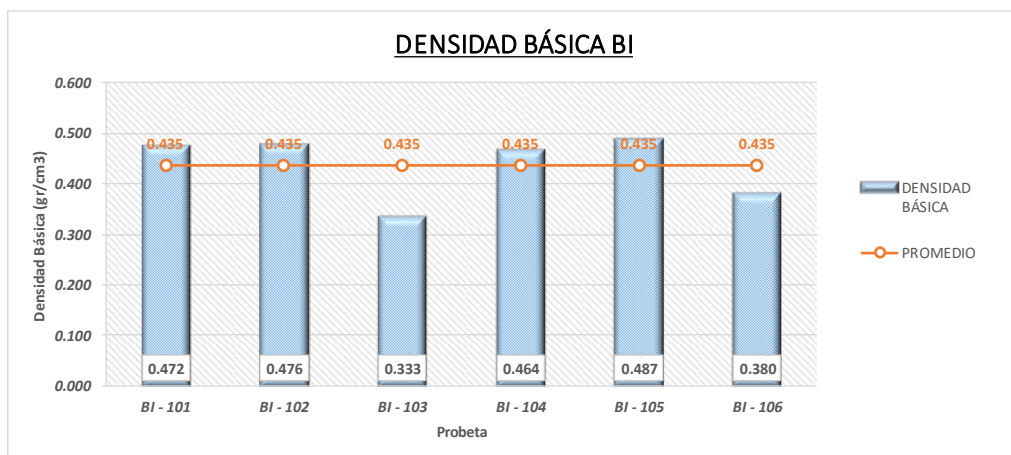
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de BI - 101, ver tabla de Anexo

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

BII - 106

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.110	3.110	10.070		97.398 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	38.700	2.926 %	Volumen (cm ³)	97.398	0.386 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	37.600		Peso Anhidro (gr.)	37.600	

Peso Verde (gr.)

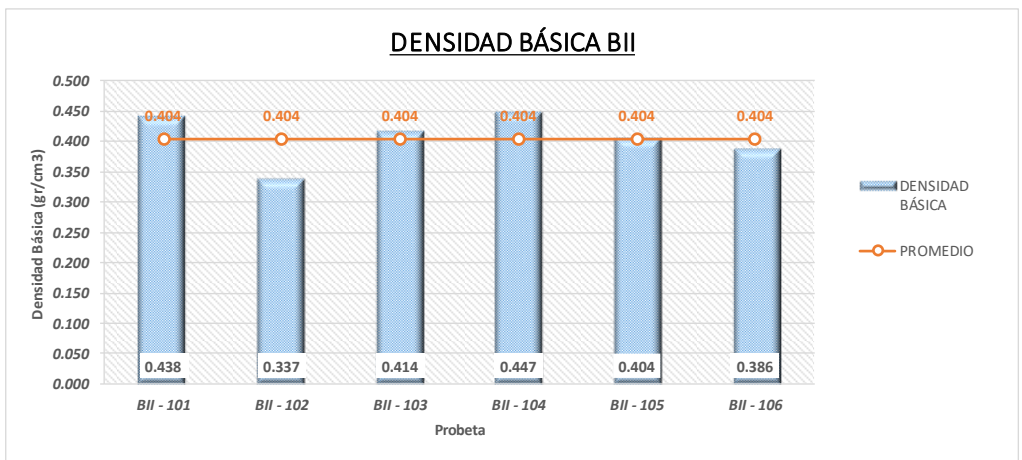
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de BII - 106, ver tabla de Anexo

INTERPRETACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA NTP 251.011

CUADRO DE REGISTRO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL B	
BI - 101	0.472 gr/cm ³
BI - 102	0.476 gr/cm ³
BI - 103	0.333 gr/cm ³
BI - 104	0.464 gr/cm ³
BI - 105	0.487 gr/cm ³
BI - 106	0.380 gr/cm ³
BII - 101	0.438 gr/cm ³
BII - 102	0.337 gr/cm ³
BII - 103	0.414 gr/cm ³
BII - 104	0.447 gr/cm ³
BII - 105	0.404 gr/cm ³
BII - 106	0.386 gr/cm ³

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL B	
Media	0.420 gr/cm³
Error típico	0.015 gr/cm ³
Mediana	0.426 gr/cm ³
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.053 gr/cm³
Varianza de la muestra	0.003 gr/cm³
Curtosis	-1.017 gr/cm ³
Coefficiente de asimetría	-0.445 gr/cm ³
Rango	0.154 gr/cm ³
Mínimo	0.333 gr/cm³
Máximo	0.487 gr/cm³
Suma	5.037 gr/cm ³
Cuenta	12.000
Nivel de confianza(95.0%)	0.034

Interpretación: el árbol B, presenta una densidad promedio de 0.420 g/cm³, una densidad máxima de 0.487 g/cm³, y una mínima de 0.333 g/cm³, la variación se debe a la precisión de medida directa y la perfección del corte de la probeta. Estos resultados a un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 0.053 y una varianza del 0.003.

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
CI - 103

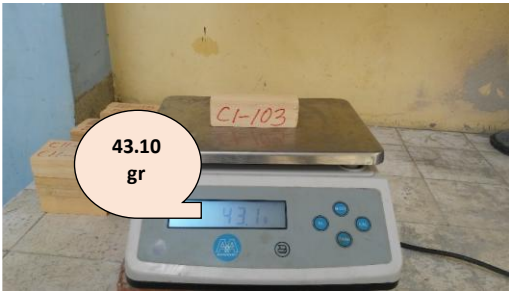
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.115	3.125	10.125		98.561 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	43.100	2.619 %	Volumen (cm ³)	98.561	0.426 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	42.000		Peso Anhidro (gr.)	42.000	

Peso Verde (gr.)

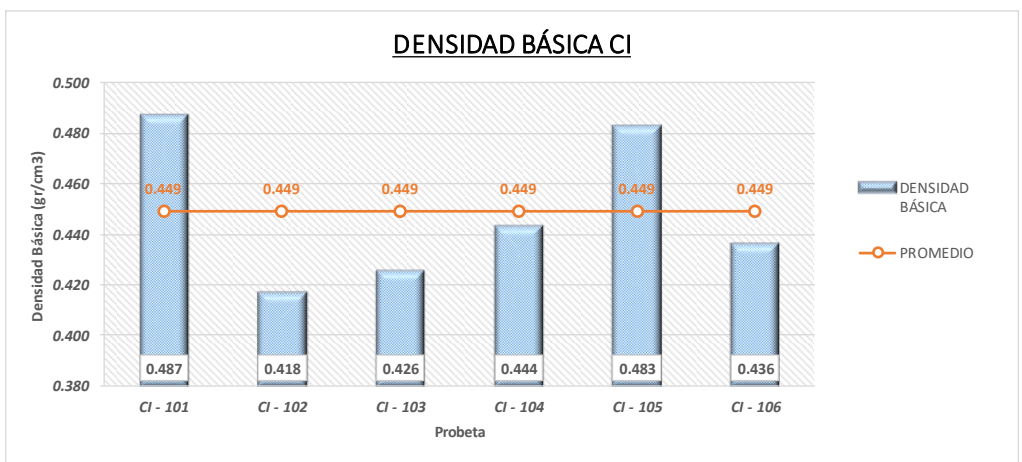
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de CI - 103, ver tabla de Anexo

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
CII - 106

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.110	3.110	10.140		98.075 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	44.000	4.019 %	Volumen (cm ³)	98.075	0.431 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	42.300		Peso Anhidro (gr.)	42.300	

Peso Verde (gr.)

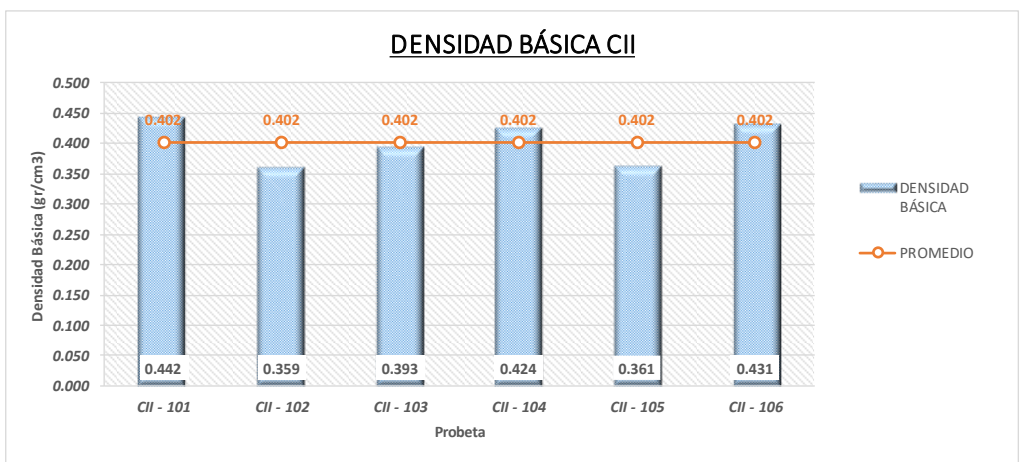
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de CII - 106, ver tabla de Anexo

INTERPRETACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA NTP 251.011

CUADRO DE REGISTRO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL C	
CI - 101	0.487 gr/cm ³
CI - 102	0.418 gr/cm ³
CI - 103	0.426 gr/cm ³
CI - 104	0.444 gr/cm ³
CI - 105	0.483 gr/cm ³
CI - 106	0.436 gr/cm ³
CII - 101	0.442 gr/cm ³
CII - 102	0.359 gr/cm ³
CII - 103	0.393 gr/cm ³
CII - 104	0.424 gr/cm ³
CII - 105	0.361 gr/cm ³
CII - 106	0.431 gr/cm ³

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL C	
Media	0.425 gr/cm³
Error típico	0.012 gr/cm ³
Mediana	0.429 gr/cm ³
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.040 gr/cm³
Varianza de la muestra	0.002 gr/cm³
Curtosis	-0.103 gr/cm ³
Coficiente de asimetría	-0.252 gr/cm ³
Rango	0.129 gr/cm ³
Mínimo	0.359 gr/cm³
Máximo	0.487 gr/cm³
Suma	5.105 gr/cm ³
Cuenta	12.000
Nivel de confianza(95.0%)	0.025

Interpretación: el árbol C, presenta una densidad promedio de 0.425 g/cm³, una densidad máxima de 0.487 g/cm³, y una mínima de 0.359 g/cm³, la variación se debe a la precisión de medida directa y la perfección del corte de la probeta. Estos resultados a un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 0.040 y una varianza del 0.002.

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
DI - 104

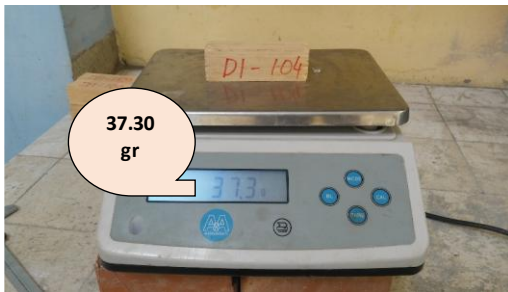
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.130	3.130	10.110		99.047 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	37.300	1.635 %	Volumen (cm ³)	99.047	0.371 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	36.700		Peso Anhidro (gr.)	36.700	

Peso Verde (gr.)

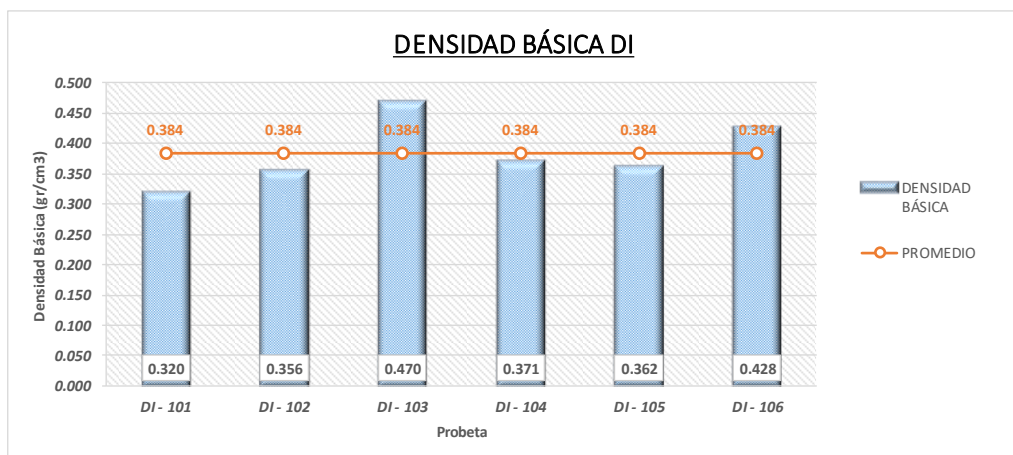
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de DI - 104, ver tabla de Anexo

TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD BÁSICA - NTP 251.011

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
DII - 102

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

DIMENSIONES (DIMENSIÓN DIRECTA)				
"a" cm Prom.	"b" cm Prom	"c" cm Prom		a. b. c cm ³
3.090	3.105	10.120		97.096 cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)			
Peso Verde (gr.)	44.500	4.953 %	Volumen (cm ³)	97.096	0.437 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	42.400		Peso Anhidro (gr.)	42.400	

Peso Verde (gr.)

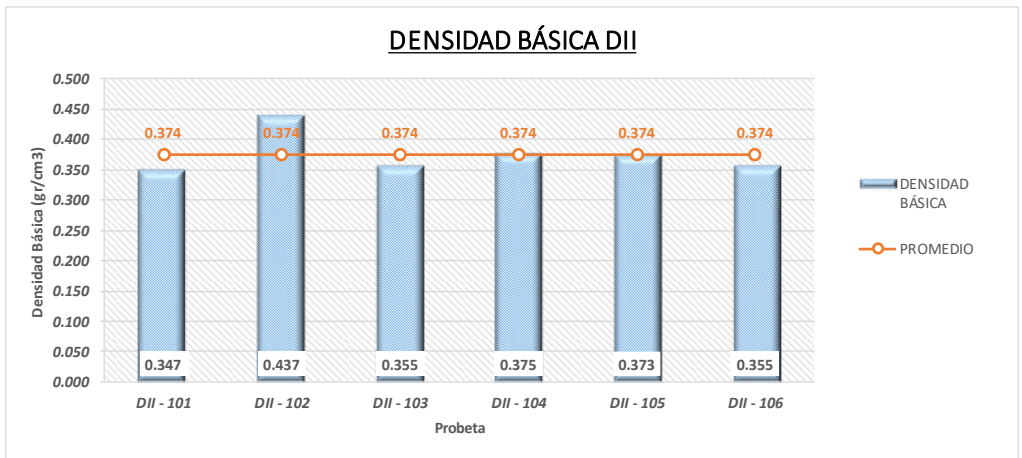
Peso Seco (gr.)



Lectura "c" en vernier



Lectura "a" & "b" en vernier



Para las muestras diferentes de DII - 102, ver tabla de Anexo

INTERPRETACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA NTP 251.011

CUADRO DE REGISTRO DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL ARBOL D	
DI - 101	0.320 gr/cm ³
DI - 102	0.356 gr/cm ³
DI - 103	0.470 gr/cm ³
DI - 104	0.371 gr/cm ³
DI - 105	0.362 gr/cm ³
DI - 106	0.428 gr/cm ³
DII - 101	0.347 gr/cm ³
DII - 102	0.437 gr/cm ³
DII - 103	0.355 gr/cm ³
DII - 104	0.375 gr/cm ³
DII - 105	0.373 gr/cm ³
DII - 106	0.355 gr/cm ³

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DENSIDADES

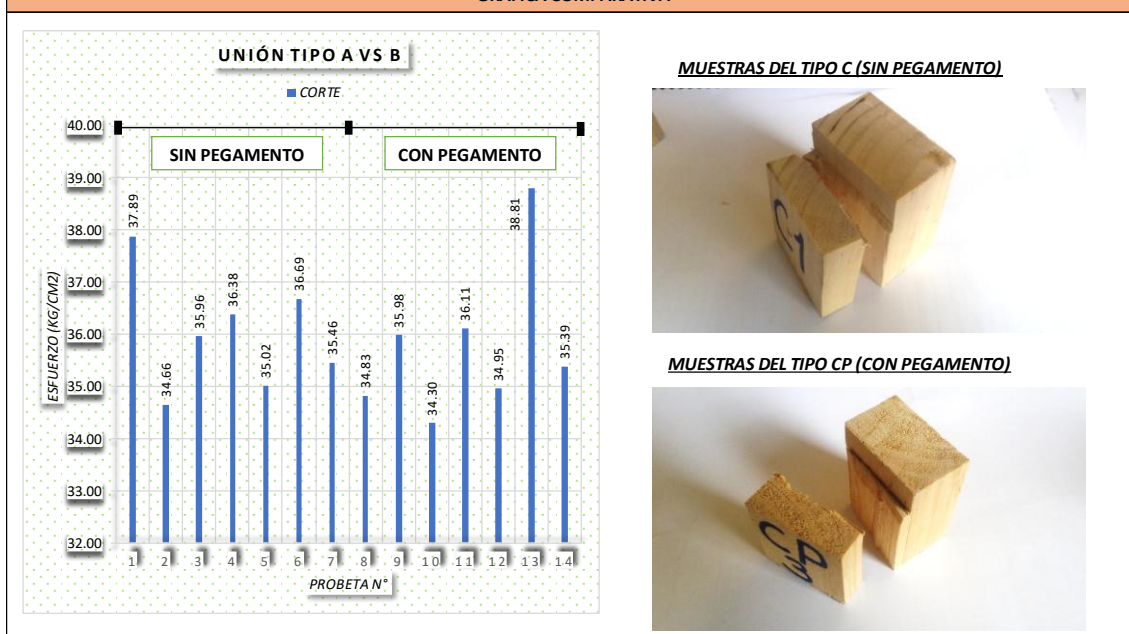
DENSIDAD DEL ARBOL D	
Media	0.379 gr/cm³
Error típico	0.013 gr/cm ³
Mediana	0.366 gr/cm ³
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.043 gr/cm³
Varianza de la muestra	0.002 gr/cm³
Curtosis	0.426 gr/cm ³
Coficiente de asimetría	1.042 gr/cm ³
Rango	0.150 gr/cm ³
Mínimo	0.320 gr/cm³
Máximo	0.470 gr/cm³
Suma	4.549 gr/cm ³
Cuenta	12.000
Nivel de confianza(95.0%)	0.028

Interpretación: el árbol D, presenta una densidad promedio de 0.379 g/cm³, una densidad máxima de 0.470 g/cm³, y una mínima de 0.320 g/cm³, la variación se debe a la presión de medida directa y la perfección del corte de la probeta para el volumen. Estos resultados a un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 0.043 y una varianza del 0.002.

ENSAYOS CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO NTP 251.013

SIN PEGAMENTO - CON PEGAMENTO											
PROBETA	"a" Prom.	"b" Prom.	P (C. en Kg)	$\sigma u=$	FALLA	PROBETA	"a" Prom.	"b" Prom.	P (C. en Kg)	$\sigma u=$	FALLA
C-1	5.015	5.000	950.00	37.89	CERCA	CP-1	5.020	5.005	875.00	34.83	LEJOS
C-2	5.005	5.015	870.00	34.66	CERCA	CP-2	5.010	5.020	905.00	35.98	LEJOS
C-3	5.000	5.005	900.00	35.96	CERCA	CP-3	5.005	5.010	860.00	34.30	LEJOS
C-4	5.015	5.015	915.00	36.38	CERCA	CP-4	5.020	5.020	910.00	36.11	LEJOS
C-5	5.015	5.010	880.00	35.02	CERCA	CP-5	5.020	5.015	880.00	34.95	LEJOS
C-6	5.010	5.005	920.00	36.69	CERCA	CP-6	5.015	5.010	975.00	38.81	LEJOS
C-7	5.005	5.015	890.00	35.46	CERCA	CP-7	5.010	5.020	890.00	35.39	LEJOS

GRÁFICA COMPARATIVA



INTERPRETACIÓN DEL CIZALLAMIENTO PARALELO A LA FIBRA CON Y SIN PEGAMENTO NTP 251.013

CUADRO DE ESFUERZO

ESFUERZO AL CORTE SIN PEGAMENTO	
C-1	37.886 gr/cm ²
C-2	34.661 gr/cm ²
C-3	35.964 gr/cm ²
C-4	36.381 gr/cm ²
C-5	35.025 gr/cm ²
C-6	36.690 gr/cm ²
C-7	35.458 gr/cm ²

ESFUERZO AL CORTE CON PEGAMENTO	
CP-1	34.826 gr/cm ²
CP-2	35.984 gr/cm ²
CP-3	34.297 gr/cm ²
CP-4	36.111 gr/cm ²
CP-5	34.955 gr/cm ²
CP-6	38.806 gr/cm ²
CP-7	35.387 gr/cm ²

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ESFUERZOS

ESFUERZO AL CORTE SIN PEGAMENTO	
Media	36.009 gr/cm²
Error típico	0.415 gr/cm ²
Mediana	35.964 gr/cm ²
Moda	#N/A
Desviación estándar	1.097 gr/cm²
Varianza de la muestra	1.203 gr/cm²
Curtosis	0.076 gr/cm ²
Coeficiente de asimetría	0.602 gr/cm ²
Rango	3.225 gr/cm ²
Mínimo	34.661 gr/cm²
Máximo	37.886 gr/cm²
Suma	252.066 gr/cm ²
Cuenta	7.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.014

ESFUERZO AL CORTE CON PEGAMENTO	
Media	35.766 gr/cm²
Error típico	0.562 gr/cm ²
Mediana	35.387 gr/cm ²
Moda	#N/A
Desviación estándar	1.486 gr/cm²
Varianza de la muestra	2.208 gr/cm²
Curtosis	3.332 gr/cm ²
Coeficiente de asimetría	1.673 gr/cm ²
Rango	4.509 gr/cm ²
Mínimo	34.297 gr/cm²
Máximo	38.806 gr/cm²
Suma	250.365 gr/cm ²
Cuenta	7.000
Nivel de confianza(95.0%)	1.374

Interpretación: Elaboramos 07 probetas para ensayos al corte paralelo al gramo sin pegamento y 07 probetas con pegamento, seleccionada de manera al azar de los diferentes árboles y trozas, este ensayo realizamos con la finalidad de analizar el tipo de falla mas no la carga ultima. Ya que en ambos casos es el material quien falla registrando una carga en relación proporcional al estado compacto del material. A mayor densidad mayor carga registrada.

Como podemos observar en las imágenes del mismo ensayo, el tipo de falla para las probetas sin pegamento es más cercana al plano de corte, mientras que la falla de las probetas con pegamento está más distante del plano de falla, en conclusión el pegamento es de alta adhesividad.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.12 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

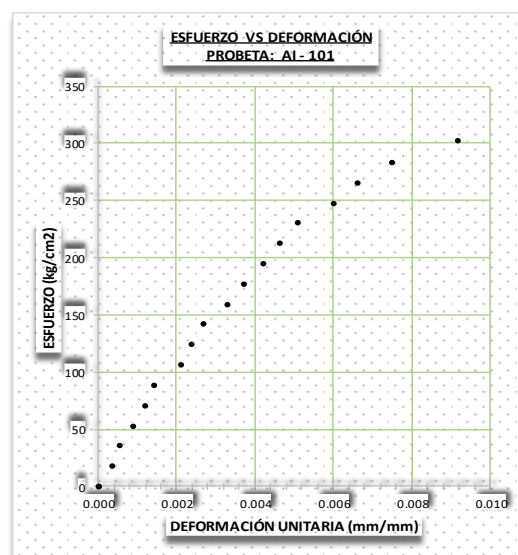
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.940	4.950	4.930	4.940 cm	237.219 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.905	4.900	4.895	4.900 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.220	2.200	2.210	2.210 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	21.000	5.000 %	Volumen (cm ³)	53.495	0.374 gr/cm ³
Peso Anhído (gr.)	20.000		Peso Anhído (gr.)	20.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420			
2	20	0.60	17.705	0.00036	23	440			
3	40	0.90	35.410	0.00054	24	460			
4	60	1.50	53.116	0.00090	25	480			
5	80	2.00	70.821	0.00120	26	500			
6	100	2.40	88.526	0.00144					
7	120	3.50	106.231	0.00210					
8	140	4.00	123.936	0.00240					
9	160	4.50	141.641	0.00270					
10	180	5.50	159.347	0.00330					
11	200	6.20	177.052	0.00372					
12	220	7.00	194.757	0.00420					
13	240	7.70	212.462	0.00462					
14	260	8.50	230.167	0.00510					
15	280	10.00	247.872	0.00600					
16	300	11.00	265.578	0.00660					
17	320	12.50	283.283	0.00750					
18	342	15.30	302.758	0.00918					
19	360								
20	380								
21	400								



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-101 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 15.30mm y una carga máxima de rotura de 302.758 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.12 Min

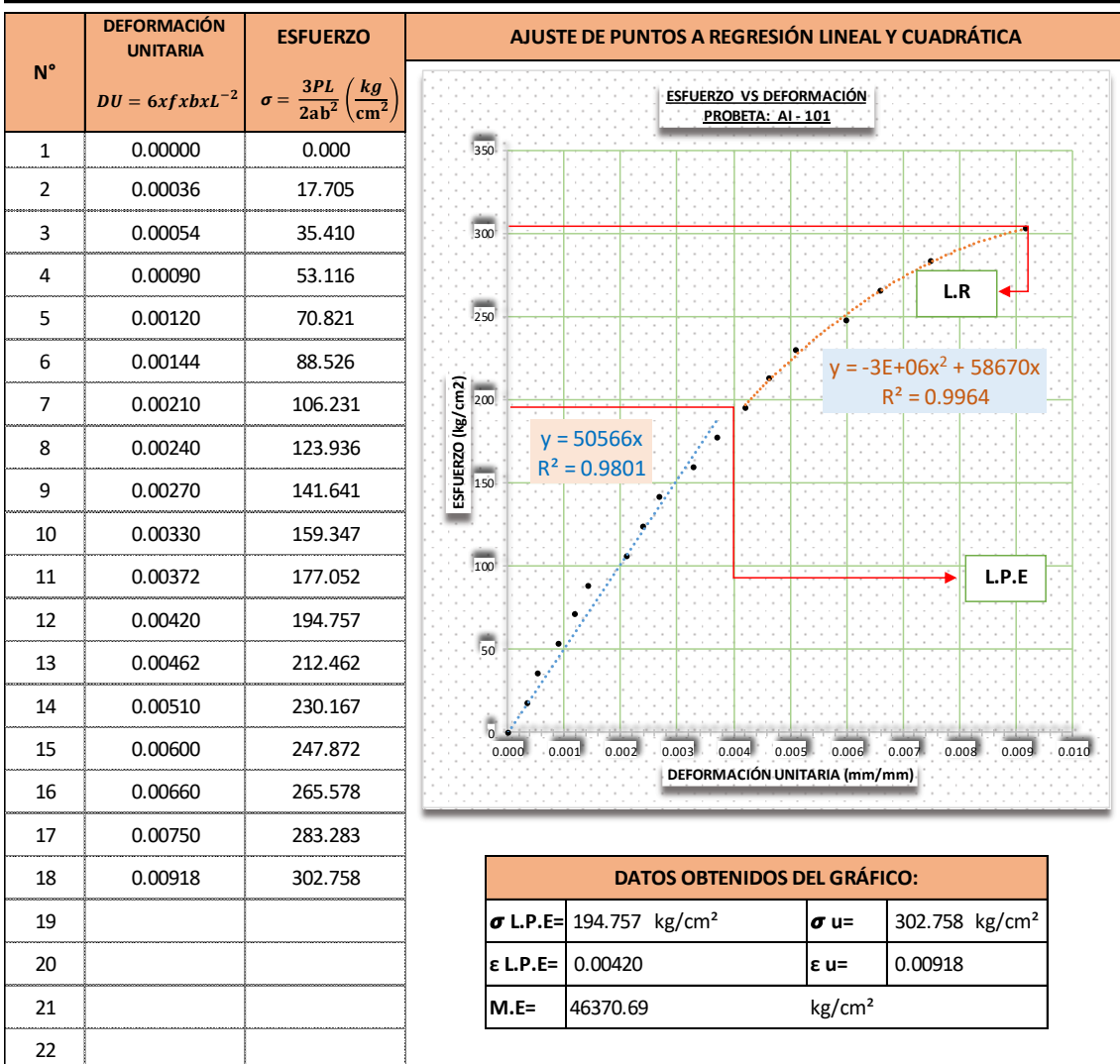


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista Lateral)

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AI - 102

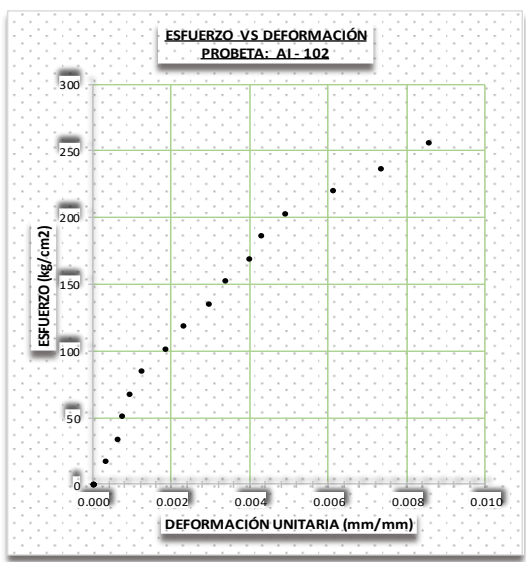
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
5.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.980	4.995	4.965	4.980 cm	248.502 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.995	4.995	4.995	4.995 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.210	2.215	2.205	2.210 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	20.000	5.263 %	Volumen (cm ³)	54.974	0.346 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	19.000		Peso Anhidro (gr.)	19.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420			
2	20	0.50	16.901	0.00031	23	440			
3	40	1.00	33.803	0.00061	24	460			
4	60	1.20	50.704	0.00073	25	480			
5	80	1.50	67.605	0.00092	26	500			
6	100	2.00	84.506	0.00122					
7	120	3.00	101.408	0.00183					
8	140	3.80	118.309	0.00232					
9	160	4.80	135.210	0.00294					
10	180	5.50	152.111	0.00336					
11	200	6.50	169.013	0.00398					
12	220	7.00	185.914	0.00428					
13	240	8.00	202.815	0.00489					
14	260	10.00	219.716	0.00612					
15	280	12.00	236.618	0.00734					
16	303	14.00	256.054	0.00856					
17	320								
18	340								
19	360								
20	380								
21	400								



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-102 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 14.00mm y una carga máxima de rotura de 336.054 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

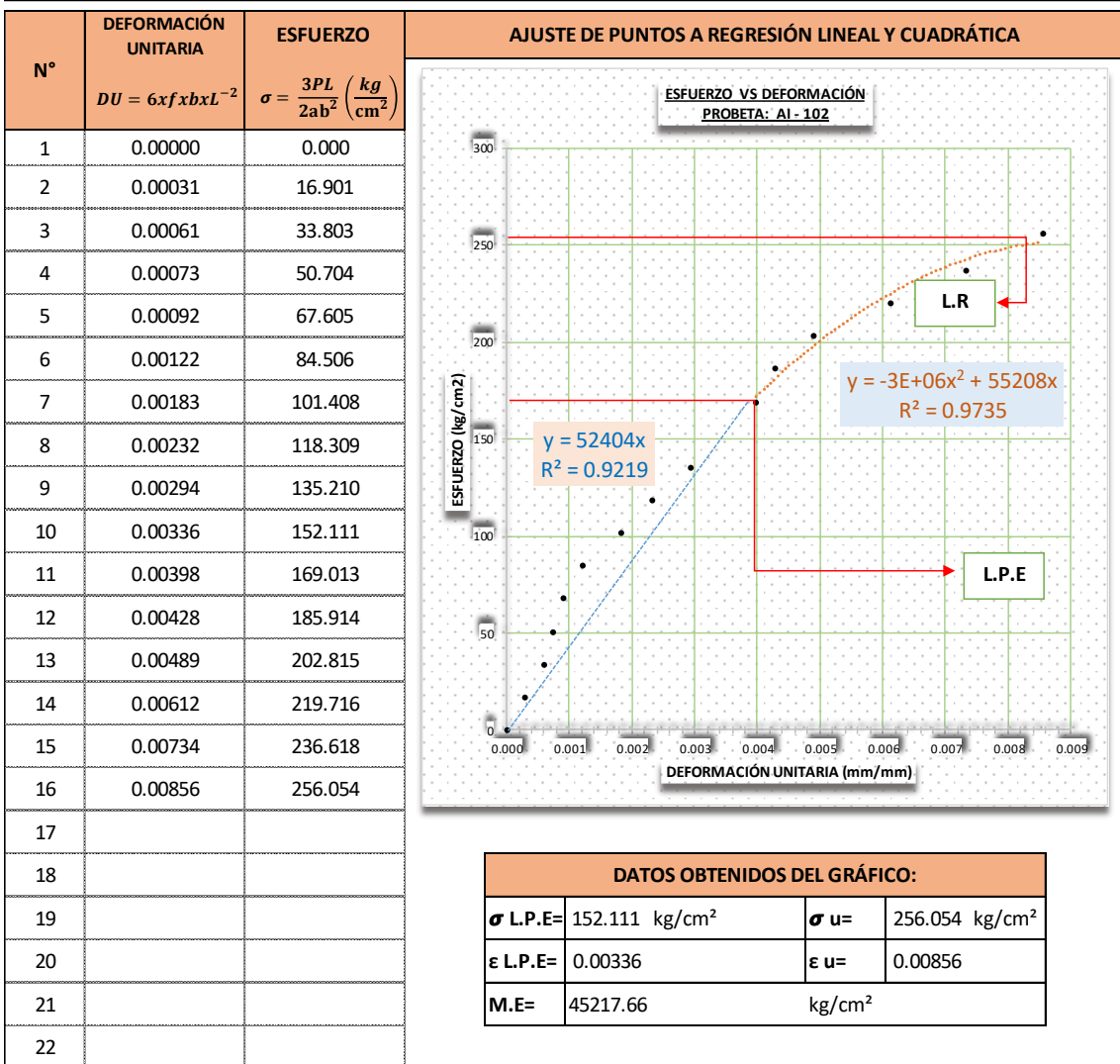


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AI - 103

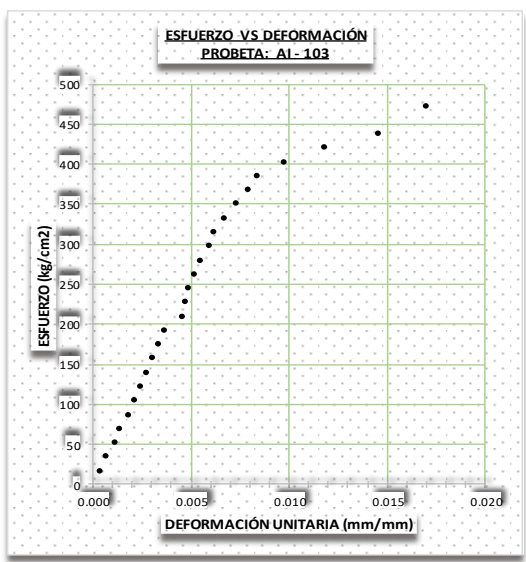
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
11.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.890	4.895	4.900	4.895 cm	239.395 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.945	4.955	4.935	4.945 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.215	2.210	2.205	2.210 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	20.000	8.108 %	Volumen (cm ³)	53.495	0.346 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	18.500		Peso Anhidro (gr.)	18.500	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	13.00	368.429	0.00787
2	20	0.50	17.544	0.00030	23	440	13.80	385.973	0.00836
3	40	1.10	35.088	0.00067	24	460	16.00	403.517	0.00969
4	60	1.80	52.633	0.00109	25	480	19.50	421.061	0.01181
5	80	2.20	70.177	0.00133	26	500	24.00	438.605	0.01453
6	100	3.00	87.721	0.00182	27	539	28.00	472.817	0.01695
7	120	3.50	105.265	0.00212					
8	140	4.00	122.810	0.00242					
9	160	4.50	140.354	0.00272					
10	180	5.00	157.898	0.00303					
11	200	5.50	175.442	0.00333					
12	220	6.00	192.986	0.00363					
13	240	7.50	210.531	0.00454					
14	260	7.80	228.075	0.00472					
15	280	8.00	245.619	0.00484					
16	300	8.50	263.163	0.00515					
17	320	9.00	280.707	0.00545					
18	340	9.80	298.252	0.00593					
19	360	10.20	315.796	0.00618					
20	380	11.00	333.340	0.00666					
21	400	12.00	350.884	0.00727					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-103 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 28.00mm y una carga máxima de rotura de 472.817 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

11.20 Min

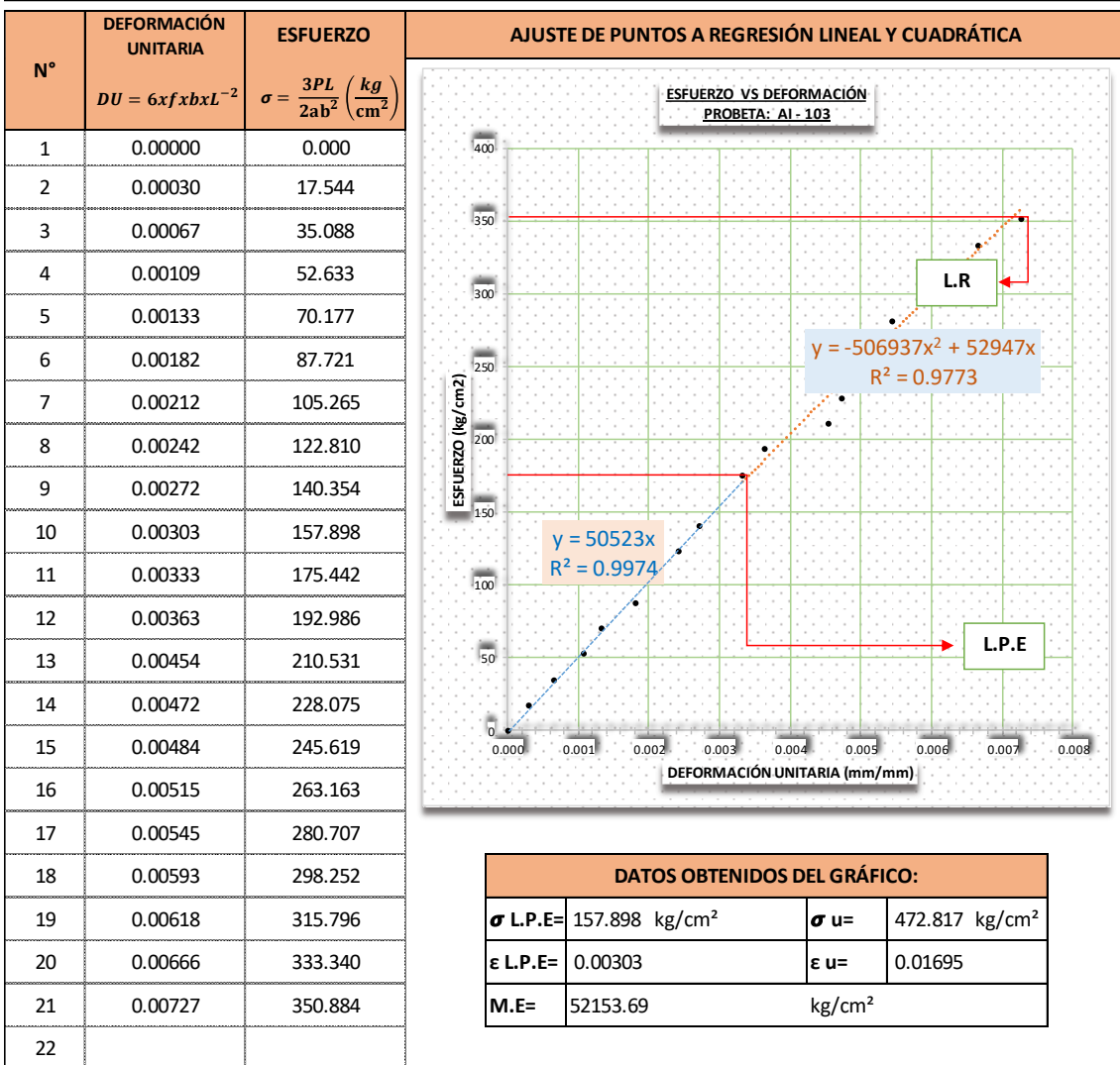


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AI - 104

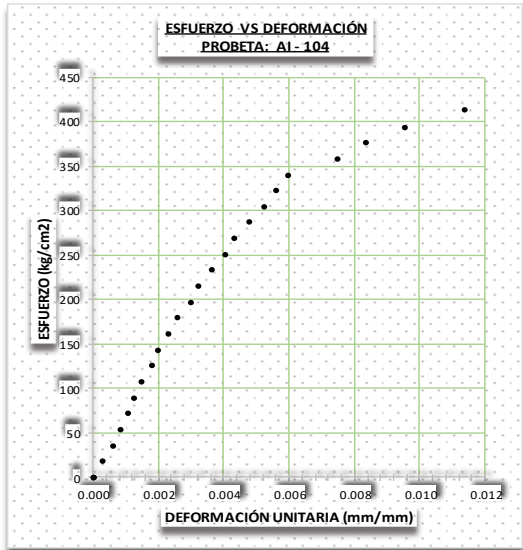
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
7.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.925	4.920	4.930	4.925 cm	234.572 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.875	4.885	4.880	4.880 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.225	2.215	2.160	2.200 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	22.000	10.000 %	Volumen (cm ³)	52.875	0.378 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	20.000		Peso Anhidro (gr.)	20.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	14.00	376.004	0.00837
2	20	0.50	17.905	0.00030	23	440	16.00	393.909	0.00956
3	40	1.00	35.810	0.00060	24	462	19.00	413.605	0.01135
4	60	1.40	53.715	0.00084	25				
5	80	1.80	71.620	0.00108	26				
6	100	2.10	89.525	0.00125	27				
7	120	2.50	107.430	0.00149					
8	140	3.00	125.335	0.00179					
9	160	3.30	143.240	0.00197					
10	180	3.90	161.145	0.00233					
11	200	4.30	179.050	0.00257					
12	220	5.00	196.955	0.00299					
13	240	5.40	214.860	0.00323					
14	260	6.10	232.765	0.00365					
15	280	6.80	250.669	0.00406					
16	300	7.20	268.574	0.00430					
17	320	8.00	286.479	0.00478					
18	340	8.80	304.384	0.00526					
19	360	9.40	322.289	0.00562					
20	380	10.00	340.194	0.00598					
21	400	12.50	358.099	0.00747					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-104 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 19.00mm y una carga máxima de rotura de 413.605 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

7.60 Min

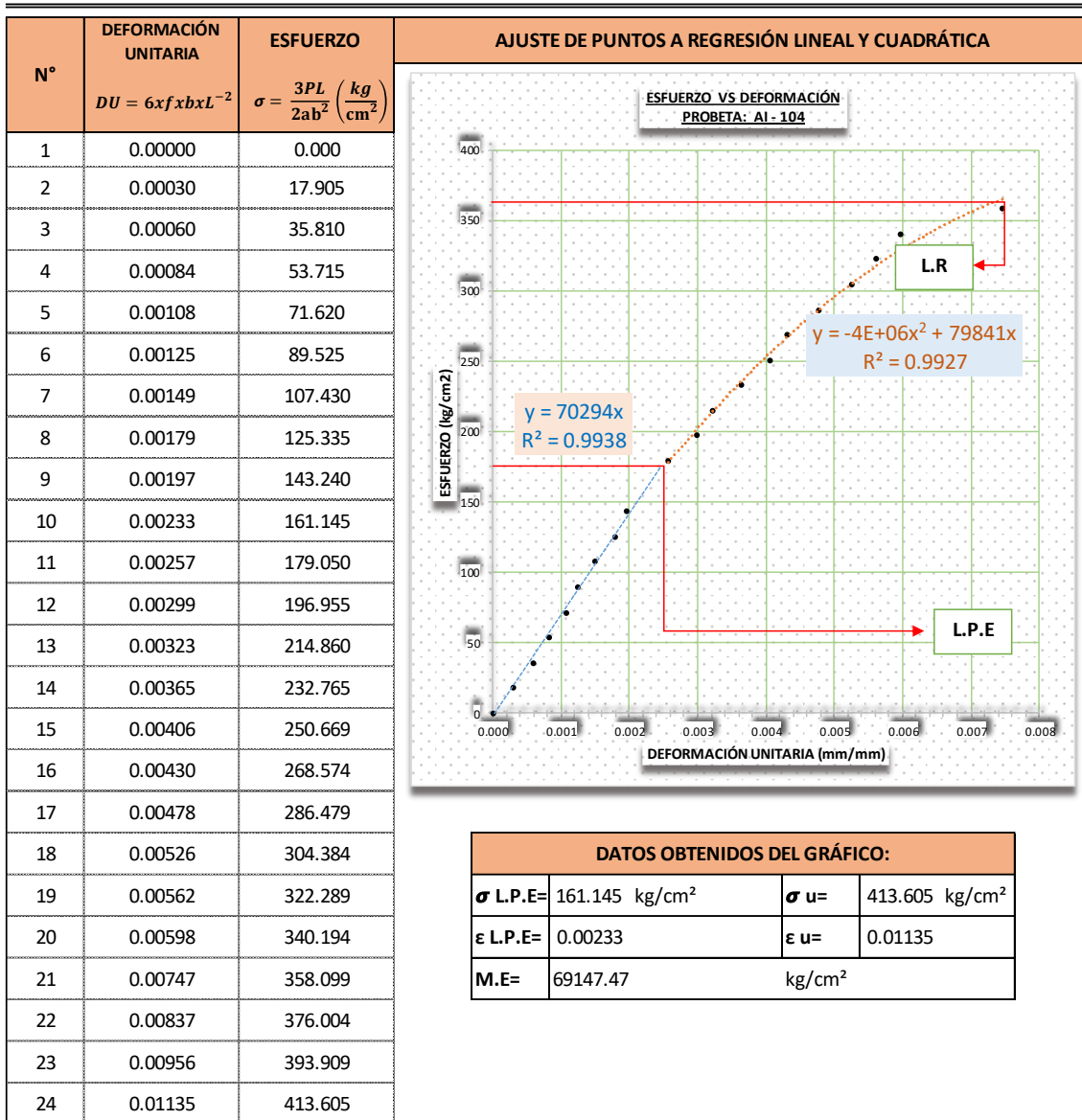


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AI - 105

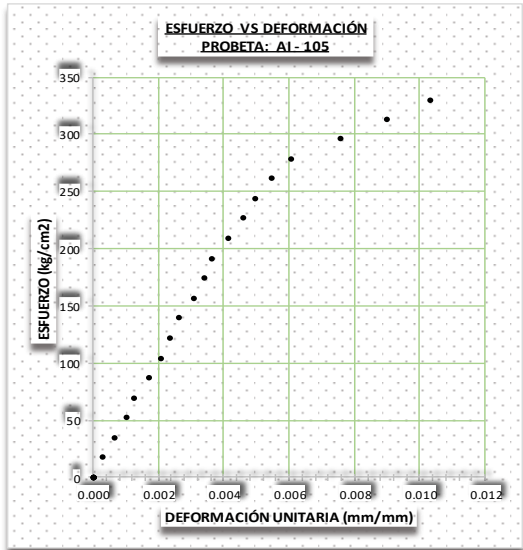
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
6.80 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.920	4.910	4.900	4.910 cm	241.101 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.965	4.945	4.955	4.955 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.210	2.210	2.210	2.210 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	21.000	10.526 %	Volumen (cm ³)	53.767	0.353 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	19.000		Peso Anhidro (gr.)	19.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.50	17.420	0.00030	23				
3	40	1.10	34.840	0.00067	24				
4	60	1.70	52.260	0.00103	25				
5	80	2.10	69.680	0.00127	26				
6	100	2.80	87.100	0.00170	27				
7	120	3.40	104.521	0.00206					
8	140	3.90	121.941	0.00237					
9	160	4.35	139.361	0.00264					
10	180	5.10	156.781	0.00309					
11	200	5.60	174.201	0.00340					
12	220	6.00	191.621	0.00364					
13	240	6.80	209.041	0.00413					
14	260	7.60	226.461	0.00461					
15	280	8.20	243.881	0.00498					
16	300	9.00	261.301	0.00546					
17	320	10.00	278.721	0.00607					
18	340	12.50	296.142	0.00758					
19	360	14.80	313.562	0.00898					
20	378	17.00	329.240	0.01031					
21									



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-105 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 17.00mm y una carga máxima de rotura de 329.240 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.80 Min

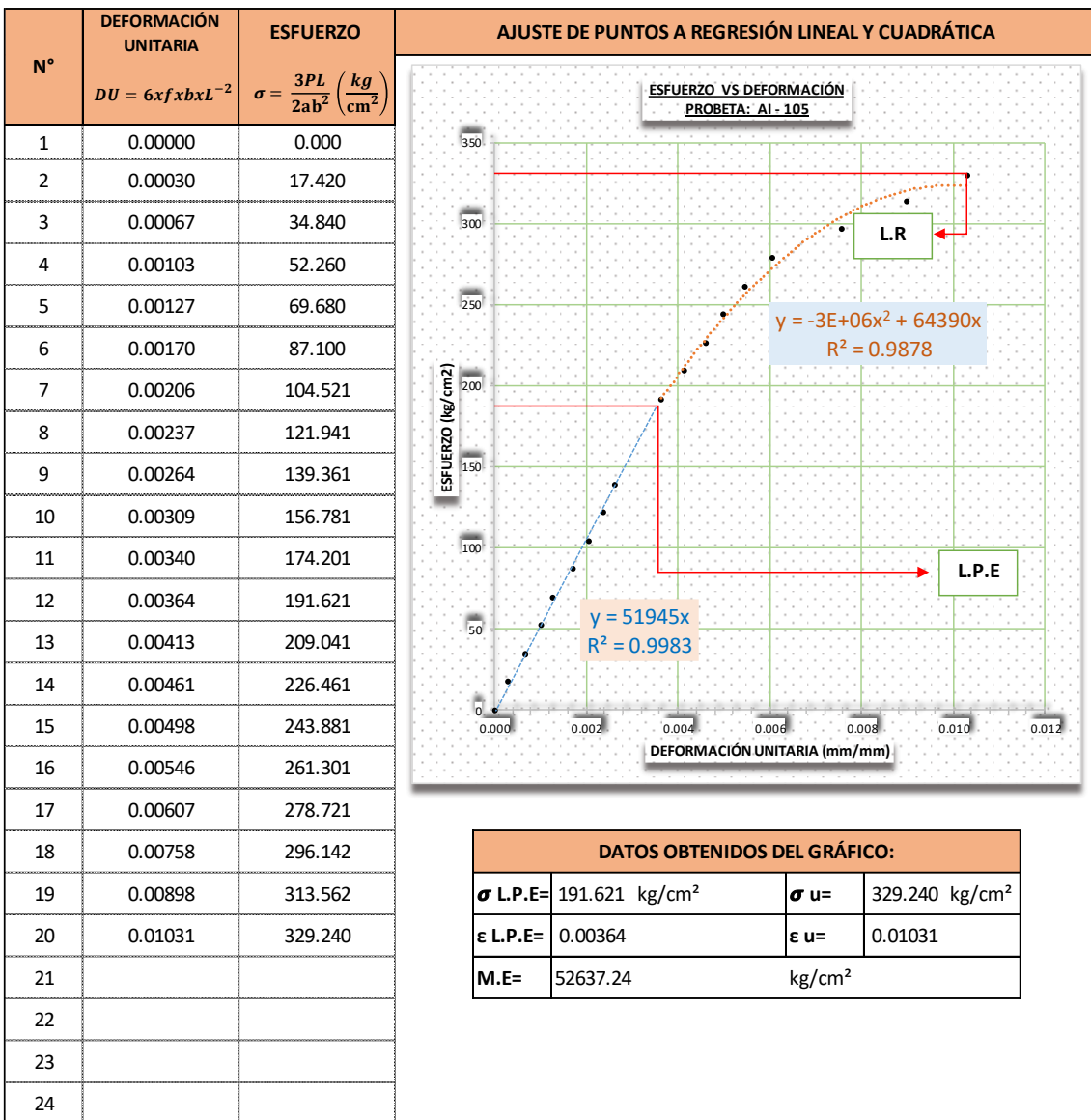


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

10.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

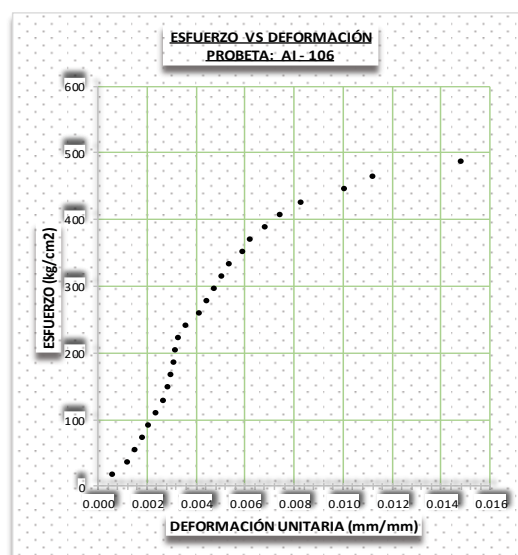
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.865	4.860	4.855	4.860 cm	226.288 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.820	4.830	4.825	4.825 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.150	2.200	2.250	2.200 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	20.000	5.263 %	Volumen (cm ³)	51.589	0.368 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	19.000		Peso Anhidro (gr.)	19.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	11.50	389.769	0.00679
2	20	1.00	18.560	0.00059	23	440	12.50	408.330	0.00739
3	40	2.00	37.121	0.00118	24	460	14.00	426.890	0.00827
4	60	2.50	55.681	0.00148	25	480	17.00	445.451	0.01004
5	80	3.00	74.242	0.00177	26	500	19.00	464.011	0.01123
6	100	3.50	92.802	0.00207	27	525	25.00	487.212	0.01477
7	120	4.00	111.363	0.00236					
8	140	4.50	129.923	0.00266					
9	160	4.80	148.484	0.00284					
10	180	5.00	167.044	0.00295					
11	200	5.20	185.604	0.00307					
12	220	5.30	204.165	0.00313					
13	240	5.50	222.725	0.00325					
14	260	6.00	241.286	0.00354					
15	280	7.00	259.846	0.00414					
16	300	7.50	278.407	0.00443					
17	320	8.00	296.967	0.00473					
18	340	8.50	315.528	0.00502					
19	360	9.00	334.088	0.00532					
20	380	10.00	352.648	0.00591					
21	400	10.50	371.209	0.00620					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AI-106 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 25.00mm y una carga máxima de rotura de 487.212 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AI - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

10.00 Min

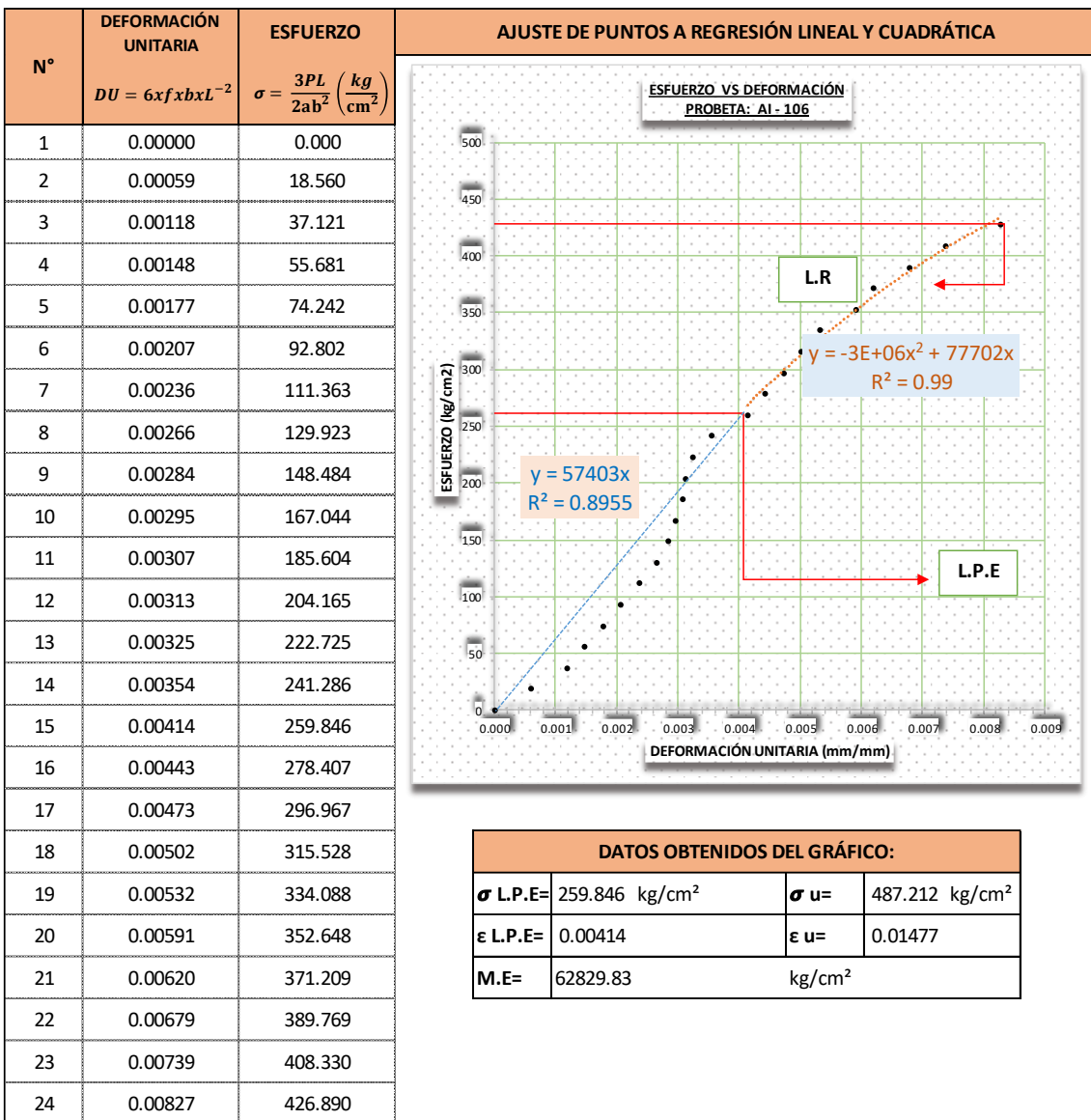


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AII - 101

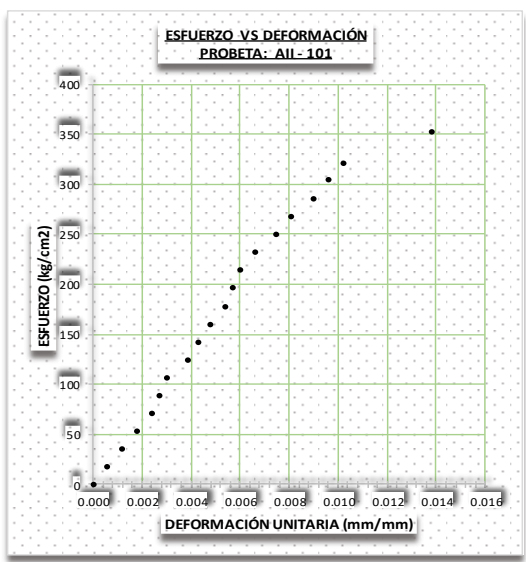
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
9.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.910	4.910	4.910	4.910 cm	235.778 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.905	4.900	4.895	4.900 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.220	2.200	2.210	2.210 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	18.000	3.448 %	Volumen (cm ³)	53.170	0.327 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	17.400		Peso Anhidro (gr.)	17.400	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	1.00	17.813	0.00060	23				
3	40	2.00	35.627	0.00120	24				
4	60	3.00	53.440	0.00180	25				
5	80	4.00	71.253	0.00240	26				
6	100	4.50	89.067	0.00270					
7	120	5.00	106.880	0.00300					
8	140	6.50	124.693	0.00390					
9	160	7.20	142.507	0.00432					
10	180	8.00	160.320	0.00480					
11	200	9.00	178.134	0.00540					
12	220	9.50	195.947	0.00570					
13	240	10.00	213.760	0.00600					
14	260	11.00	231.574	0.00660					
15	280	12.50	249.387	0.00750					
16	300	13.50	267.200	0.00810					
17	320	15.00	285.014	0.00900					
18	342	16.00	304.608	0.00960					
19	360	17.00	320.640	0.01020					
20	396	23.00	352.704	0.01380					
21									



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-101 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 23.00mm y una carga máxima de rotura de 352.704 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

9.20 Min

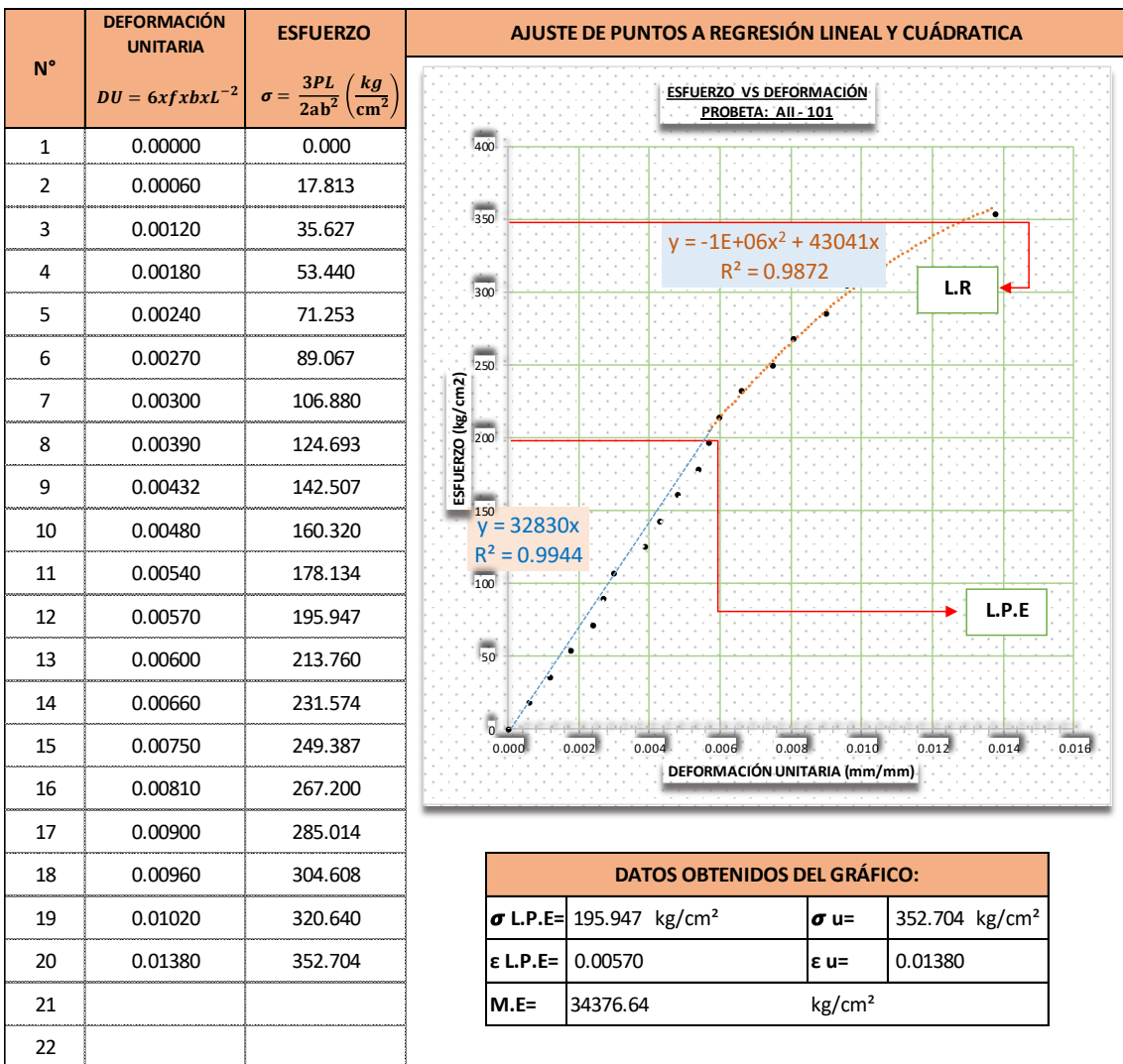


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

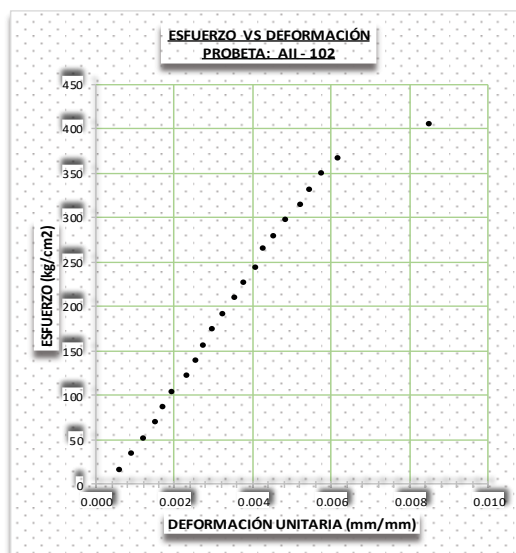
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.920	4.925	4.915	4.920 cm	240.131 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.940	4.940	4.940	4.940 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.230	2.230	2.230	2.230 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	19.800	8.791 %	Volumen (cm ³)	54.200	0.336 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	18.200		Peso Anhidro (gr.)	18.200	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	10.20	367.299	0.00617
2	20	1.00	17.490	0.00060	23	464	14.00	405.778	0.00847
3	40	1.50	34.981	0.00091	24				
4	60	2.00	52.471	0.00121	25				
5	80	2.50	69.962	0.00151	26				
6	100	2.80	87.452	0.00169					
7	120	3.20	104.943	0.00194					
8	140	3.80	122.433	0.00230					
9	160	4.20	139.923	0.00254					
10	180	4.50	157.414	0.00272					
11	200	4.90	174.904	0.00296					
12	220	5.30	192.395	0.00321					
13	240	5.80	209.885	0.00351					
14	260	6.20	227.375	0.00375					
15	280	6.70	244.866	0.00405					
16	303	7.00	264.980	0.00423					
17	320	7.50	279.847	0.00454					
18	340	8.00	297.337	0.00484					
19	360	8.60	314.828	0.00520					
20	380	9.00	332.318	0.00544					
21	400	9.50	349.808	0.00575					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-102 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 14.00mm y una carga máxima de rotura de 405.778 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

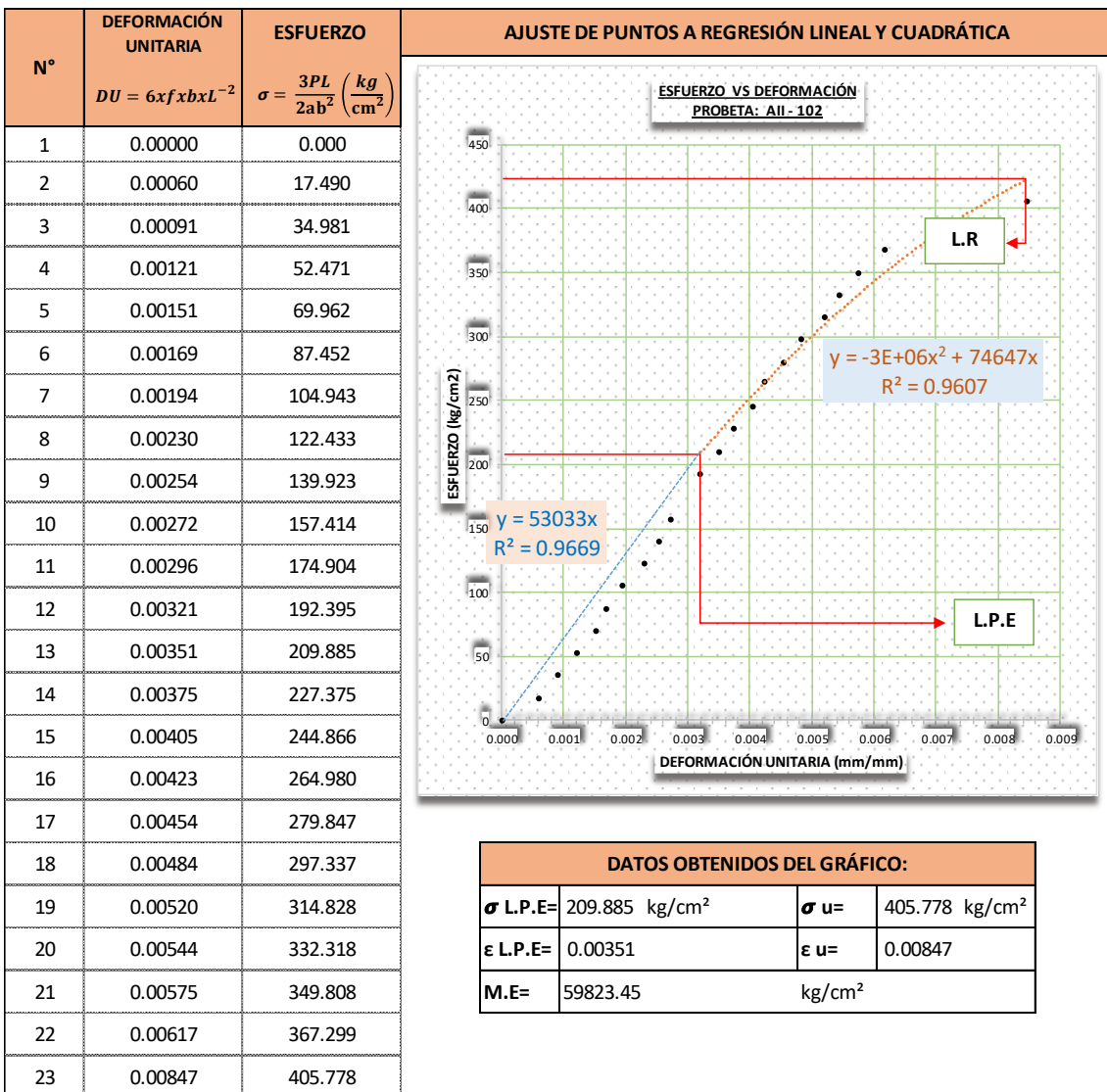


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AII - 103

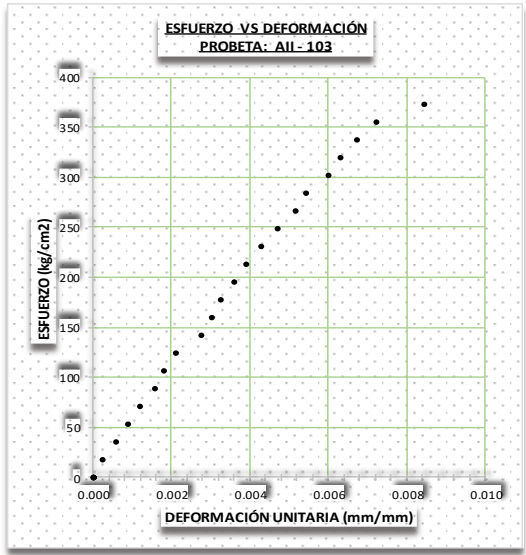
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
5.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	$2ab^2 \text{ cm}^3$ 236.739 cm^3
4.890	4.895	4.885	4.890 cm	
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.925	4.920	4.915	4.920 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.235	2.240	2.230	2.235 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)		
Peso Verde (gr.)	18.000	5.263%	Volumen (cm³)	53.771	0.318 gr/cm^3
Peso Anhidro (gr.)	17.100		Peso Anhidro (gr.)	17.100	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	14.00	372.563	0.00843
2	20	0.40	17.741	0.00024	23	440			
3	40	1.00	35.482	0.00060	24	460			
4	60	1.50	53.223	0.00090	25	480			
5	80	2.00	70.964	0.00120	26	500			
6	100	2.60	88.705	0.00157	27	539			
7	120	3.00	106.447	0.00181					
8	140	3.50	124.188	0.00211					
9	160	4.60	141.929	0.00277					
10	180	5.00	159.670	0.00301					
11	200	5.40	177.411	0.00325					
12	220	6.00	195.152	0.00361					
13	240	6.50	212.893	0.00392					
14	260	7.10	230.634	0.00428					
15	280	7.80	248.375	0.00470					
16	300	8.60	266.116	0.00518					
17	320	9.00	283.857	0.00542					
18	340	10.00	301.598	0.00602					
19	360	10.50	319.340	0.00633					
20	380	11.20	337.081	0.00675					
21	400	12.00	354.822	0.00723					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-103 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 14.00mm y una carga máxima de rotura de 372.563.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

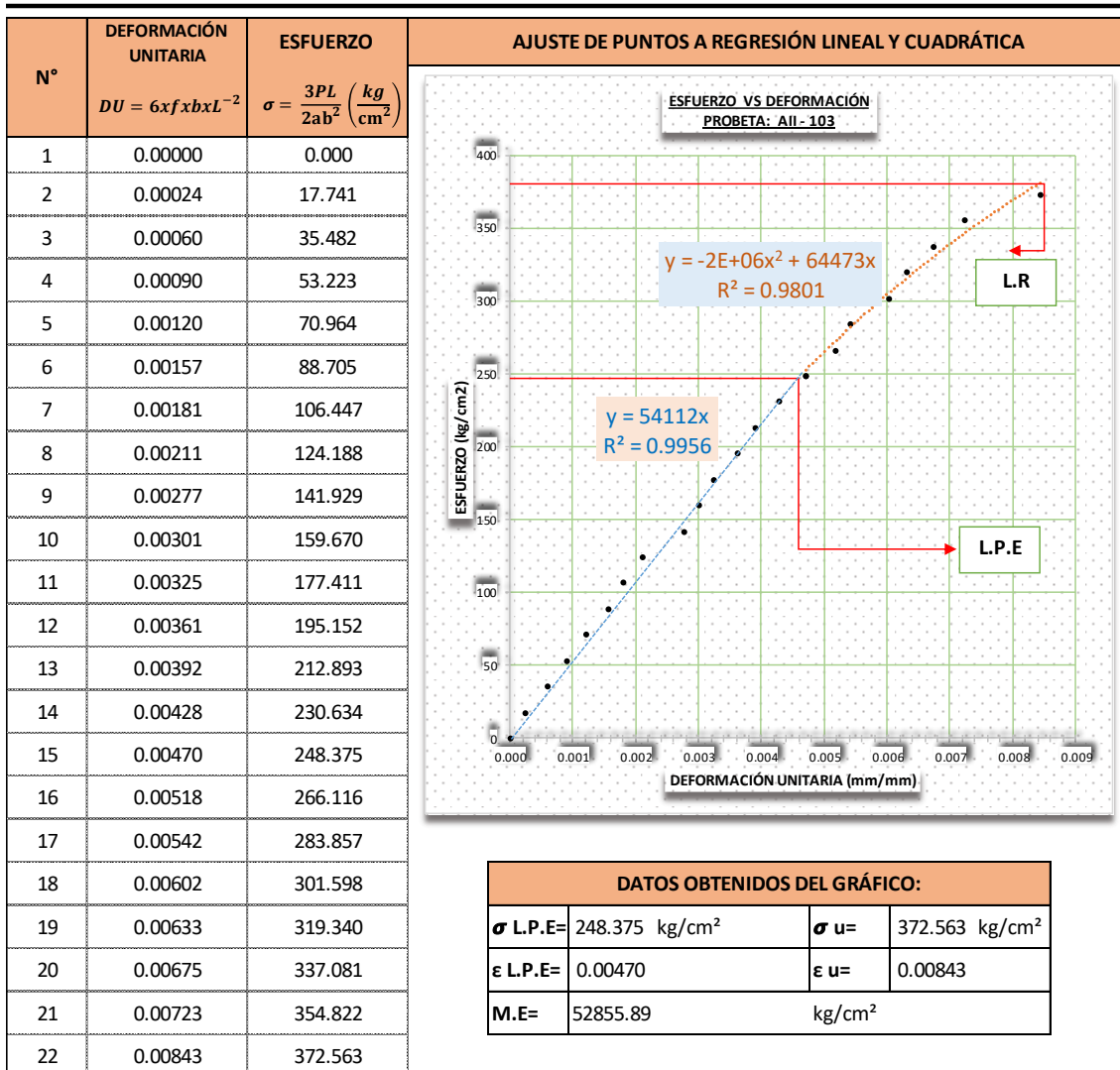


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

7.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

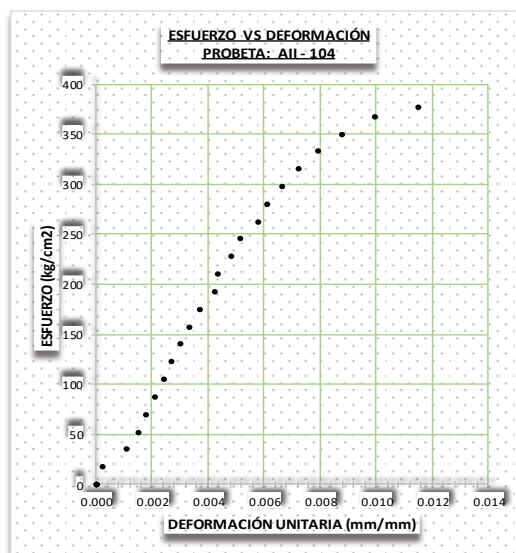
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.930	4.920	4.925	4.925 cm	239.889 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.935	4.930	4.940	4.935 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.225	2.220	2.215	2.220 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	20.000	7.527 %	Volumen (cm ³)	53.957	0.345 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	18.600		Peso Anhidro (gr.)	18.600	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	16.50	367.670	0.00997
2	20	0.40	17.508	0.00024	23	430	19.00	376.424	0.01148
3	40	1.80	35.016	0.00109	24				
4	60	2.50	52.524	0.00151	25				
5	80	3.00	70.032	0.00181	26				
6	100	3.50	87.540	0.00212	27				
7	120	4.00	105.049	0.00242					
8	140	4.50	122.557	0.00272					
9	160	5.00	140.065	0.00302					
10	180	5.50	157.573	0.00332					
11	200	6.10	175.081	0.00369					
12	220	7.00	192.589	0.00423					
13	240	7.20	210.097	0.00435					
14	260	8.00	227.605	0.00483					
15	280	8.50	245.113	0.00514					
16	300	9.60	262.621	0.00580					
17	320	10.10	280.129	0.00610					
18	340	11.00	297.638	0.00665					
19	360	12.00	315.146	0.00725					
20	380	13.10	332.654	0.00792					
21	400	14.50	350.162	0.00876					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-104 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 19.00mm y una carga máxima de rotura de 376.424 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

7.60 Min

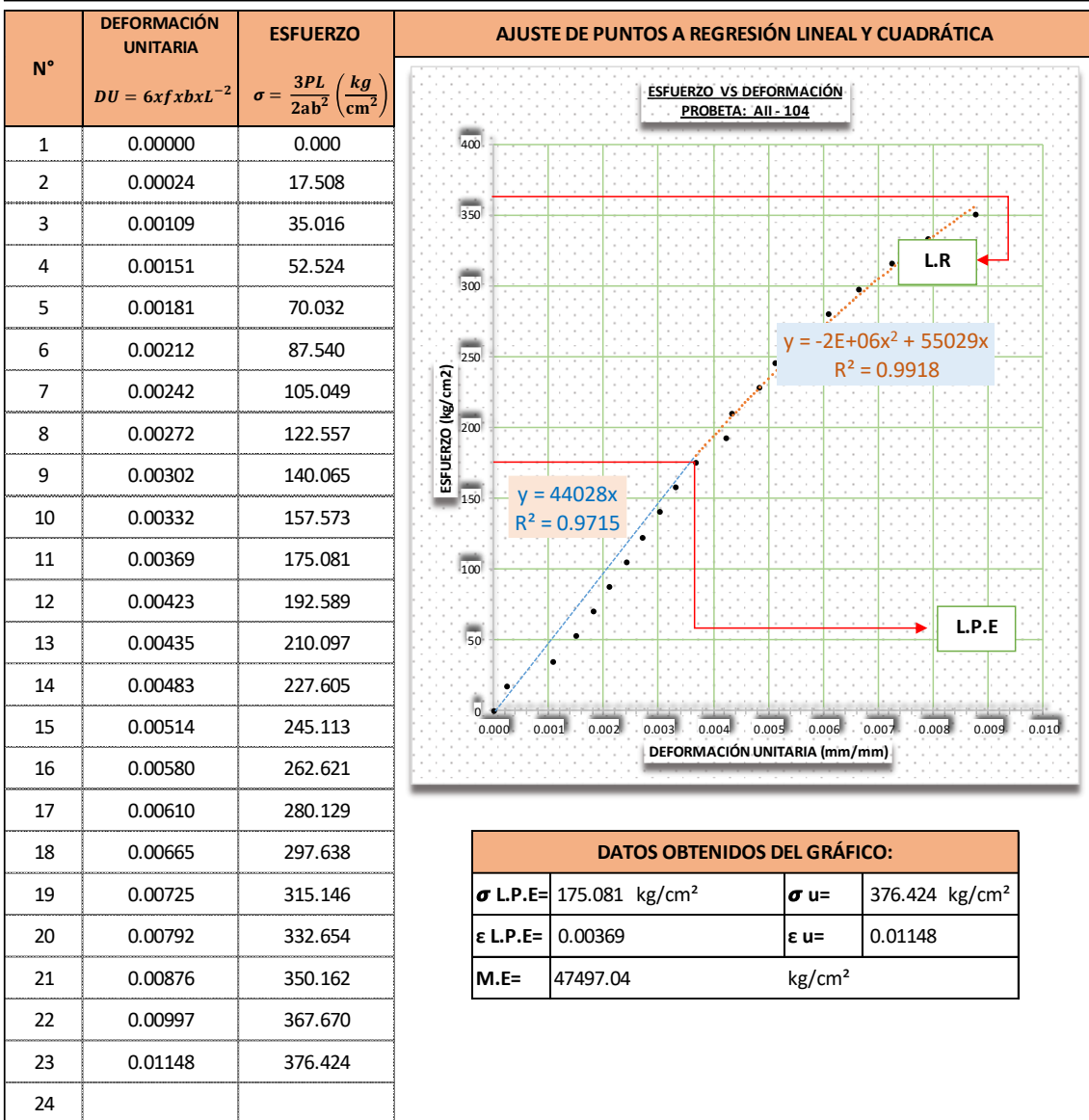


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A
TENSION SIMPLE (Vista Lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

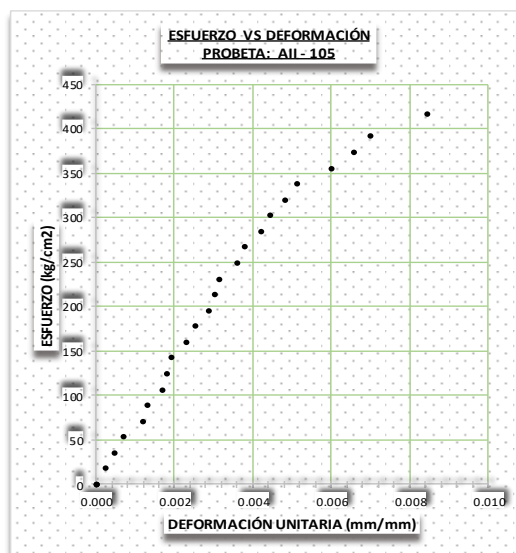
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.880	4.880	4.880	4.880 cm	236.254 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.925	4.920	4.915	4.920 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.240	2.245	2.235	2.240 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	25.000	11.111 %	Volumen (cm ³)	53.782	0.418 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	22.500		Peso Anhidro (gr.)	22.500	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22	420	10.90	373.326	0.00657
2	20	0.40	17.777	0.00024	23	440	11.60	391.104	0.00699
3	40	0.80	35.555	0.00048	24	468	14.00	415.992	0.00843
4	60	1.20	53.332	0.00072	25				
5	80	2.00	71.110	0.00120	26				
6	100	2.20	88.887	0.00133	27				
7	120	2.80	106.665	0.00169					
8	140	3.00	124.442	0.00181					
9	160	3.20	142.220	0.00193					
10	180	3.80	159.997	0.00229					
11	200	4.20	177.774	0.00253					
12	220	4.80	195.552	0.00289					
13	240	5.00	213.329	0.00301					
14	260	5.20	231.107	0.00313					
15	280	6.00	248.884	0.00361					
16	300	6.30	266.662	0.00380					
17	320	7.00	284.439	0.00422					
18	340	7.40	302.217	0.00446					
19	360	8.00	319.994	0.00482					
20	380	8.50	337.771	0.00512					
21	400	10.00	355.549	0.00602					



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-105 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 14.00mm y una carga máxima de rotura de 415.992 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.60 Min

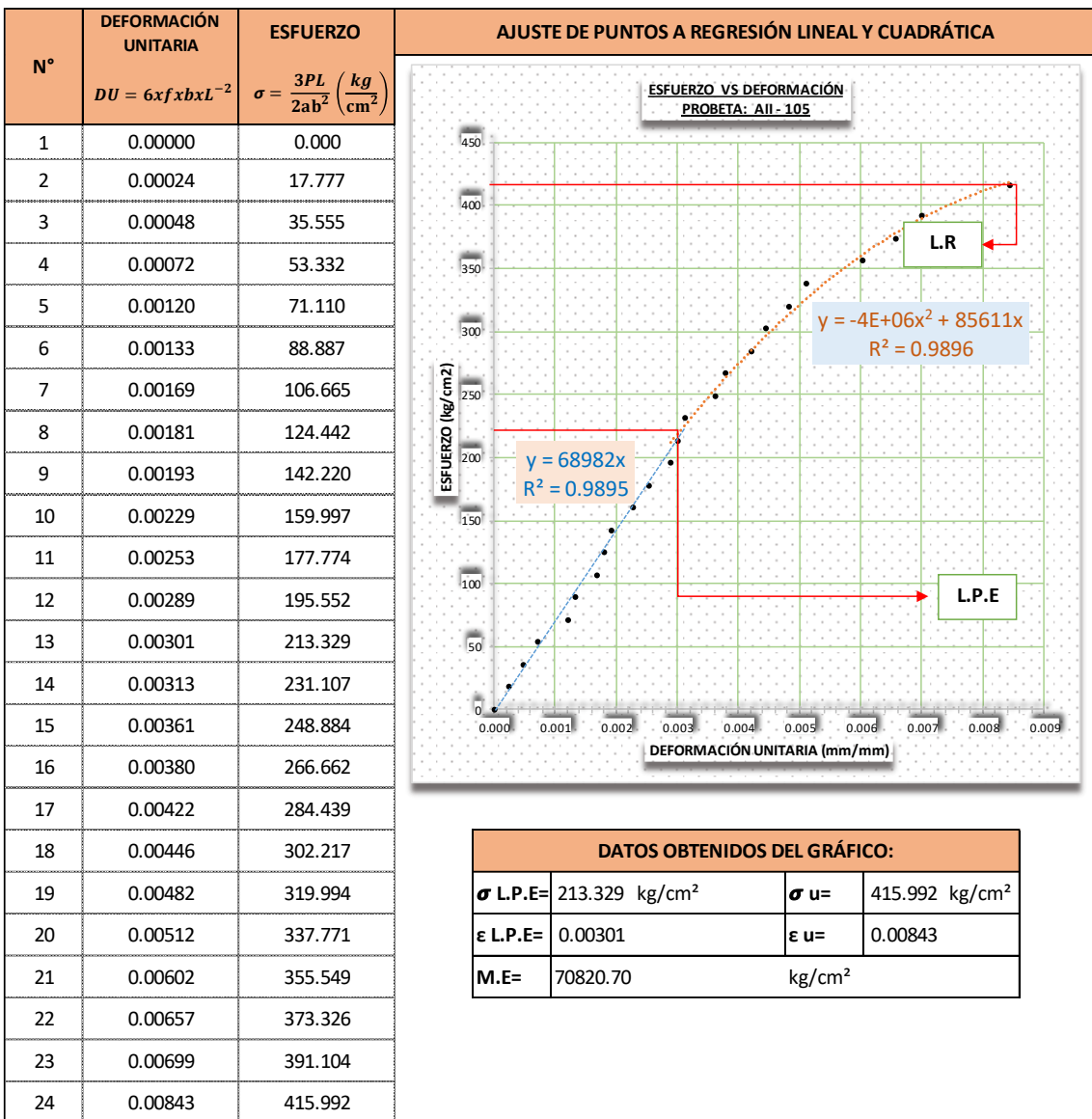


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: C

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE ASTILLAMIENTO (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
AII - 106

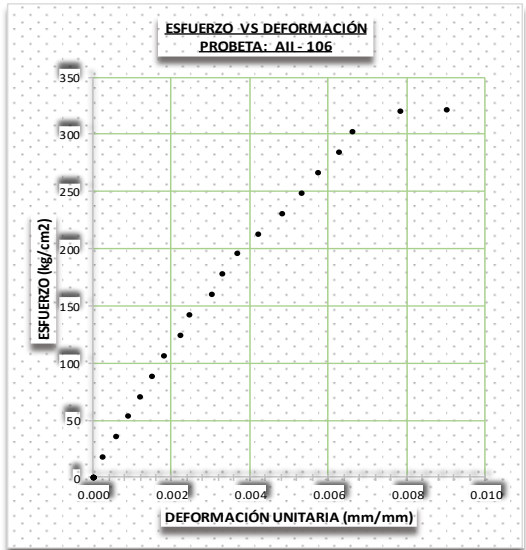
Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
6.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS				
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.885	4.880	4.890	4.885 cm	236.497 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.920	4.920	4.920	4.920 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
2.240	2.220	2.230	2.230 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)		
Peso Verde (gr.)	21.540	7.700 %	Volumen (cm ³)	53.596	0.373 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	20.000		Peso Anhidro (gr.)	20.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.40	17.759	0.00024	23				
3	40	1.00	35.518	0.00060	24				
4	60	1.50	53.278	0.00090	25				
5	80	2.00	71.037	0.00120	26				
6	100	2.50	88.796	0.00151	27				
7	120	3.00	106.555	0.00181					
8	140	3.70	124.315	0.00223					
9	160	4.10	142.074	0.00247					
10	180	5.00	159.833	0.00301					
11	200	5.50	177.592	0.00331					
12	220	6.10	195.352	0.00367					
13	240	7.00	213.111	0.00422					
14	260	8.00	230.870	0.00482					
15	280	8.80	248.629	0.00530					
16	300	9.50	266.389	0.00572					
17	320	10.40	284.148	0.00627					
18	340	11.00	301.907	0.00663					
19	360	13.00	319.666	0.00783					
20	362	15.00	321.442	0.00904					
21									



Interpretación: El cuadro representa a los datos tomados en laboratorio de la probeta AII-105 estándar para flexión estática, dimensiones y pesos para el contenido de humedad y densidad básica. Registra una flecha máxima de 15.00mm y una carga máxima de rotura de 321.442 kg.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

AII - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.00 Min

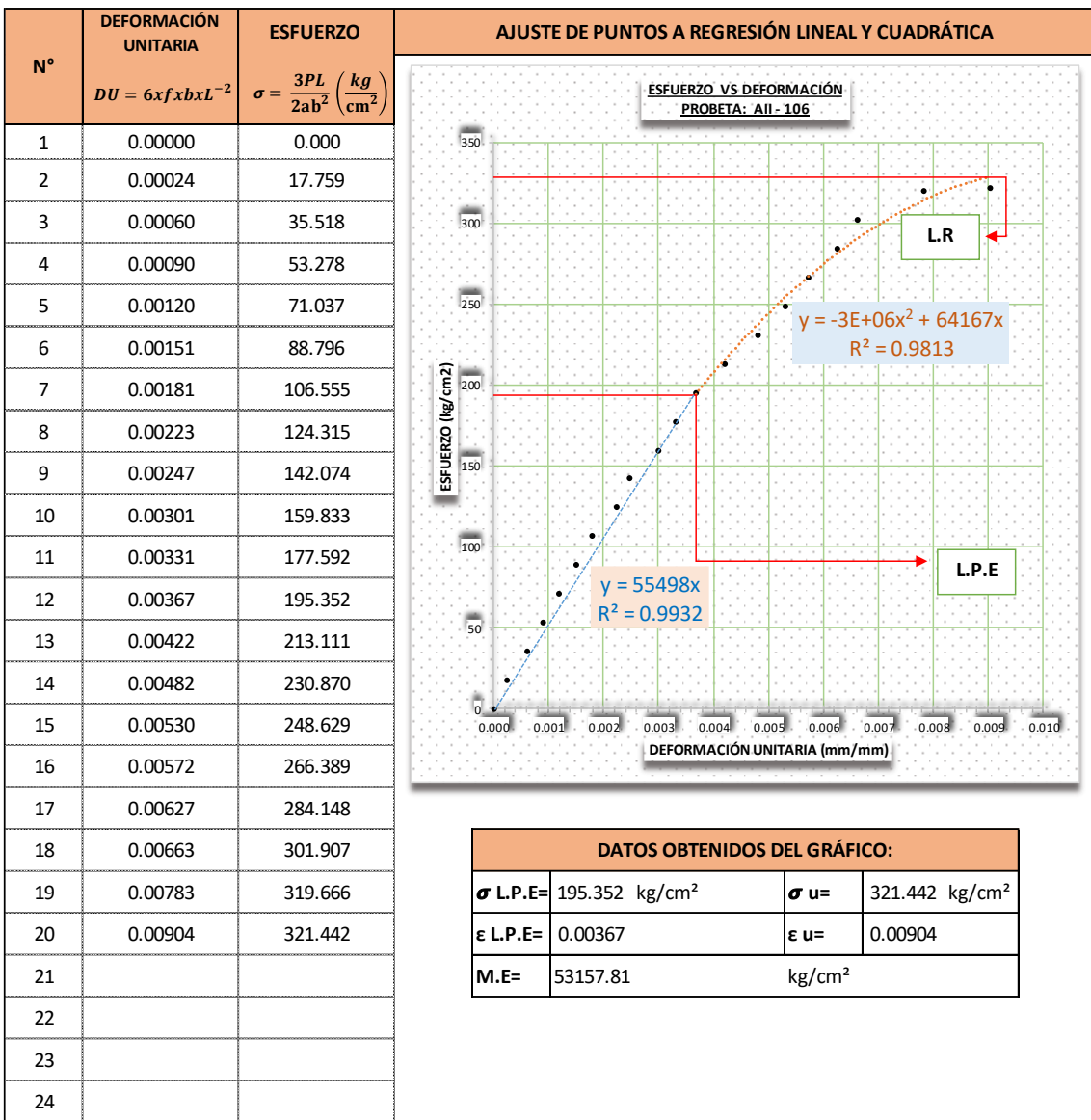


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: E
COMPRESIÓN (Vista lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-1

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

3.28 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

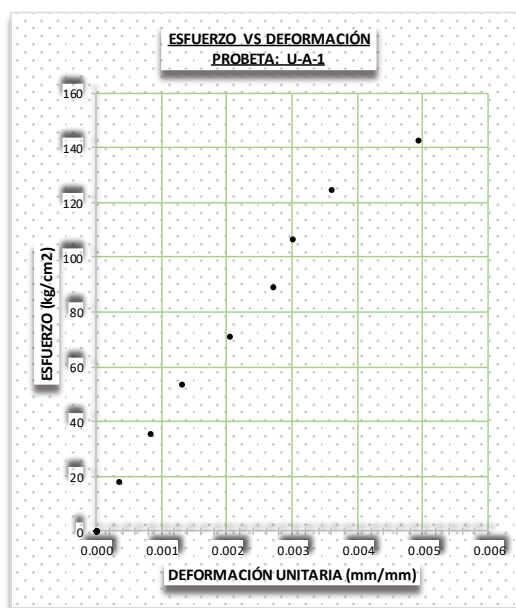
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.915	4.920	4.910	4.915 cm	236.179 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.905	4.905	4.895	4.902 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.050	76.100	76.050	76.067 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	678.000	7.619 %	Volumen (cm ³)	1832.575	0.344 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	630.000		Peso Anhidro (gr.)	630.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.60	17.783	0.00036	23				
3	40	1.40	35.566	0.00084	24				
4	60	2.20	53.349	0.00132	25				
5	80	3.40	71.133	0.00204	26				
6	100	4.50	88.916	0.00270					
7	120	5.00	106.699	0.00300					
8	140	6.00	124.482	0.00360					
9	160	8.20	142.265	0.00492					
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-1

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

3.28 Min

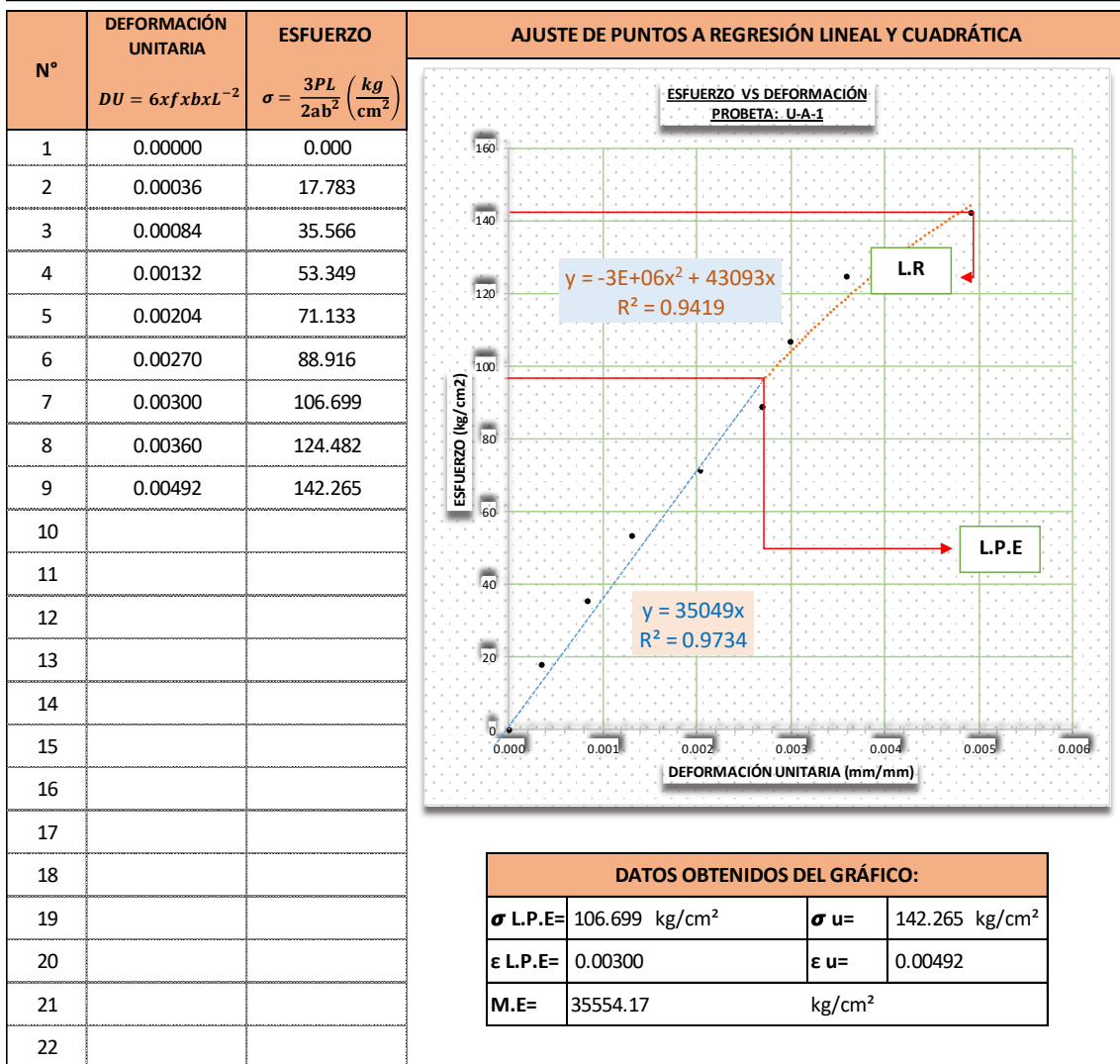


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista Lateral)

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-2

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

4.40 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

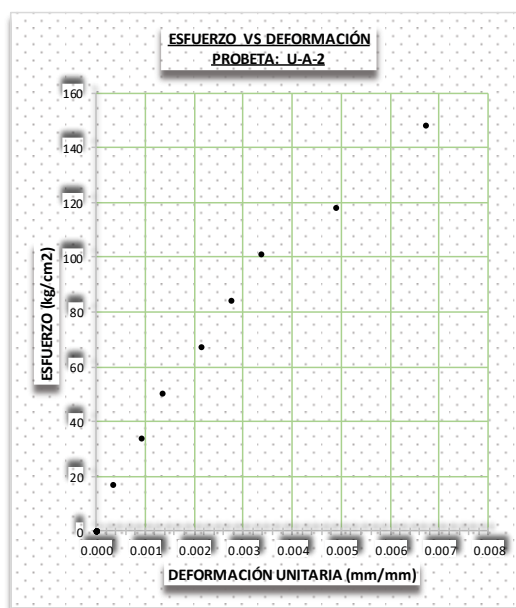
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
5.005	5.010	5.015	5.010 cm	249.666 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.995	4.985	4.995	4.992 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.010	76.005	76.010	76.008 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	780.560	8.297%	Volumen (cm ³)	1900.835	0.379 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	720.760		Peso Anhidro (gr.)	720.760	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.55	16.822	0.00034	23				
3	40	1.50	33.645	0.00092	24				
4	60	2.20	50.467	0.00134	25				
5	80	3.50	67.290	0.00214	26				
6	100	4.50	84.112	0.00275					
7	120	5.50	100.935	0.00336					
8	140	8.00	117.757	0.00489					
9	176	11.00	148.038	0.00672					
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-2

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

4.40 Min

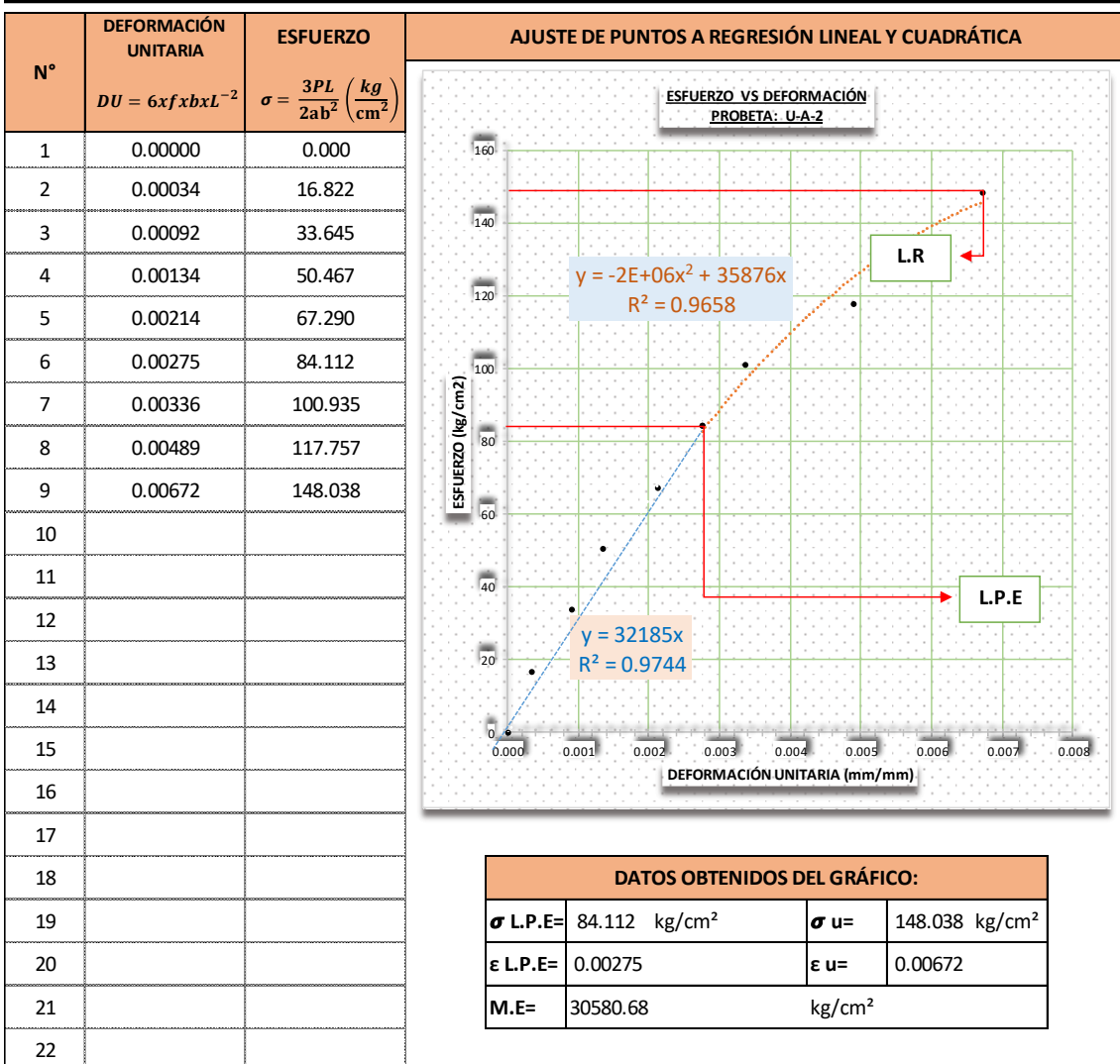


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE GRANO ENTRECRUZADO (Vista Lateral)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-3

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

4.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

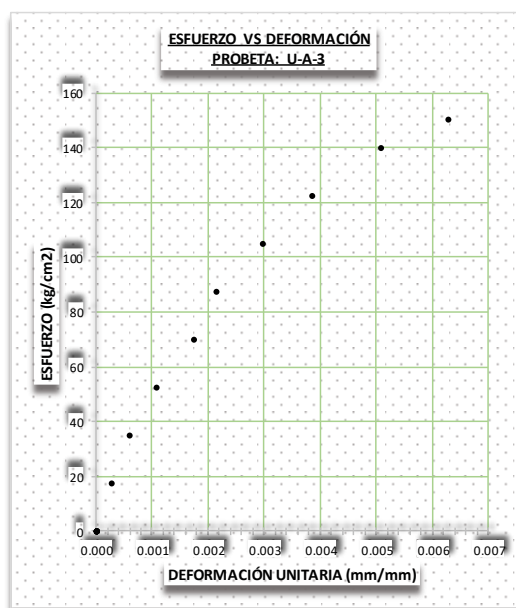
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
5.000	5.005	5.000	5.002 cm	240.017 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.895	4.900	4.900	4.898 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.005	76.010	76.005	76.007 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	784.430	8.982 %	Volumen (cm ³)	1862.150	0.387 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	719.780		Peso Anhidro (gr.)	719.780	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.45	17.499	0.00027	23				
3	40	1.00	34.998	0.00060	24				
4	60	1.80	52.496	0.00108	25				
5	80	2.90	69.995	0.00174	26				
6	100	3.60	87.494	0.00216					
7	120	4.95	104.993	0.00297					
8	140	6.45	122.491	0.00387					
9	160	8.50	139.990	0.00510					
10	171.5	10.50	150.052	0.00630					
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-A-3

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

4.20 Min

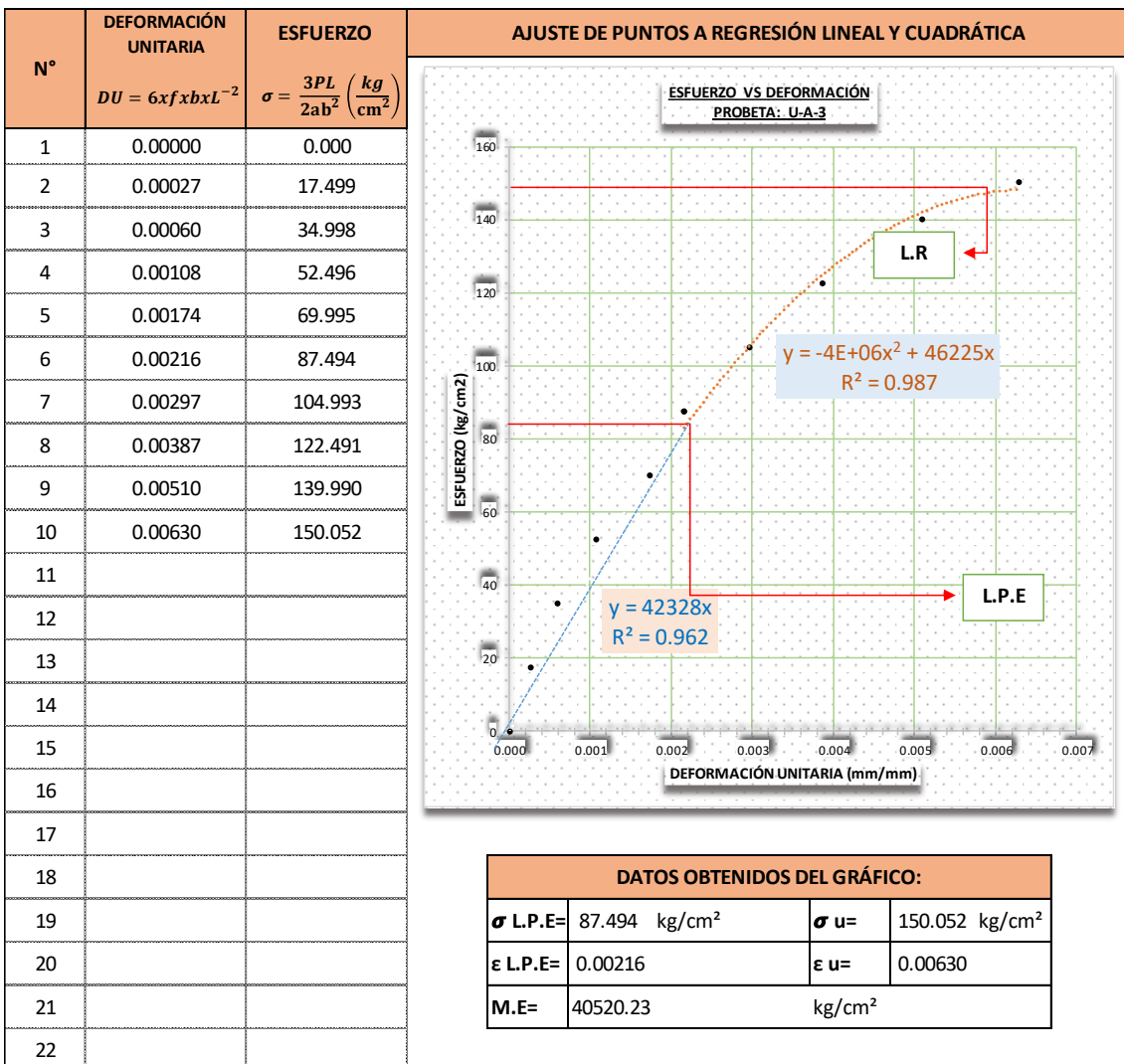


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista Lateral)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-1

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.40 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

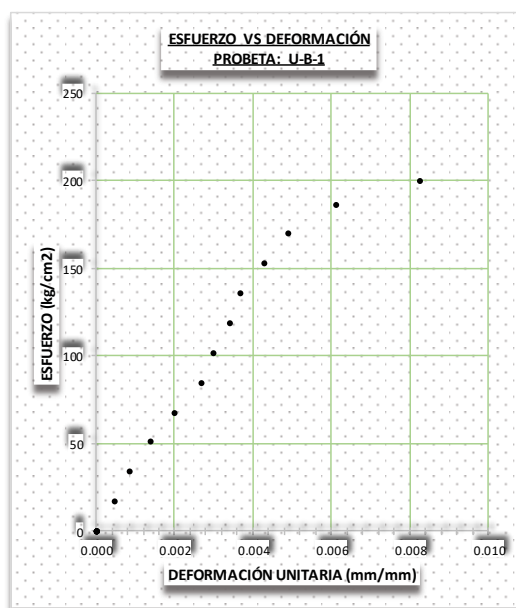
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.980	4.985	4.990	4.985 cm	247.922 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.985	4.990	4.985	4.987 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.200	76.205	76.210	76.205 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	730.000	8.955 %	Volumen (cm ³)	1894.345	0.354 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	670.000		Peso Anhidro (gr.)	670.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.80	16.941	0.00049	23				
3	40	1.40	33.882	0.00085	24				
4	60	2.30	50.822	0.00140	25				
5	80	3.30	67.763	0.00202	26				
6	100	4.40	84.704	0.00269					
7	120	4.90	101.645	0.00299					
8	140	5.60	118.585	0.00342					
9	160	6.00	135.526	0.00366					
10	180	7.00	152.467	0.00427					
11	200	8.00	169.408	0.00488					
12	220	10.00	186.349	0.00611					
13	236	13.50	199.901	0.00824					
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-1

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

5.40 Min

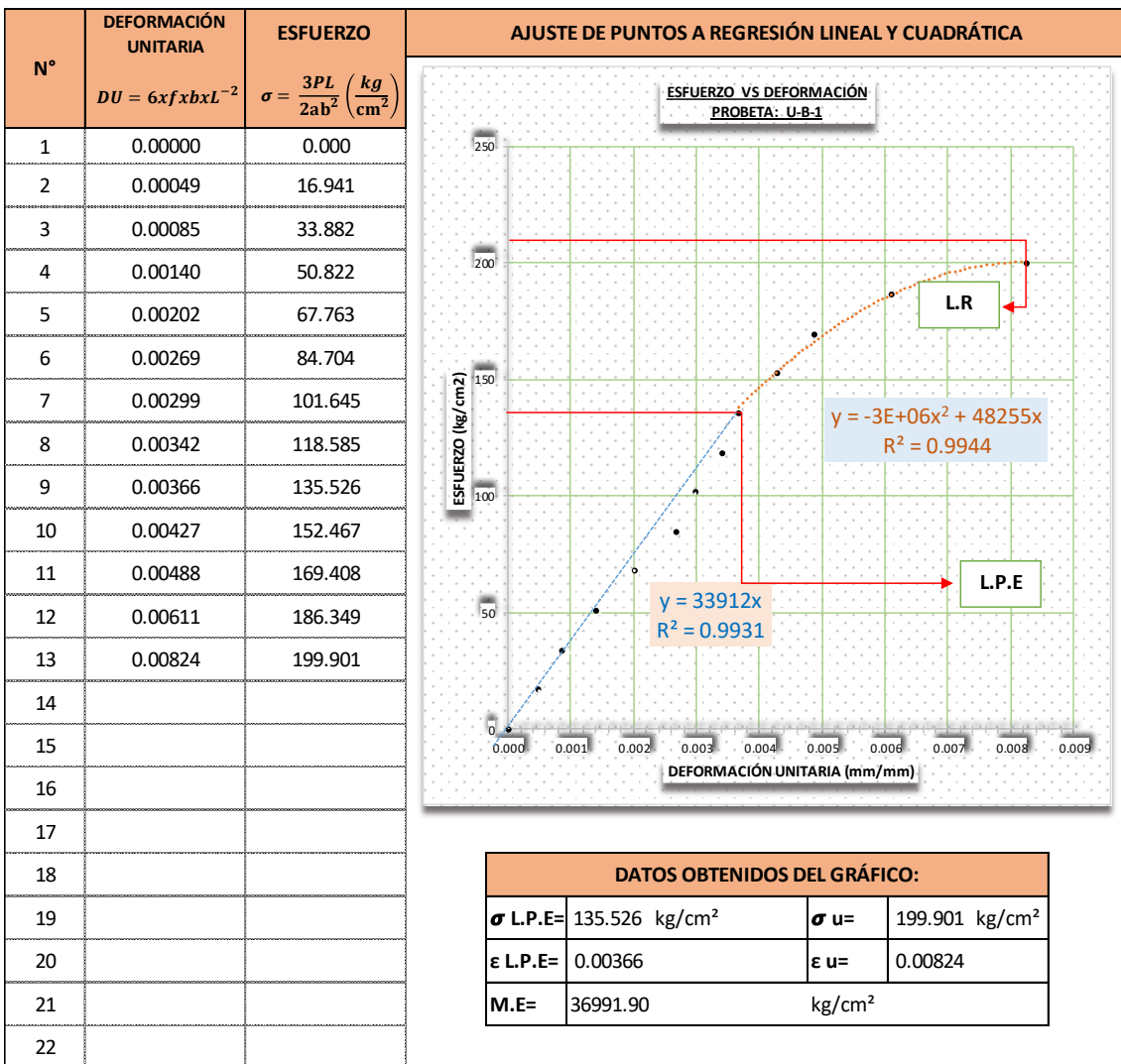


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-2

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

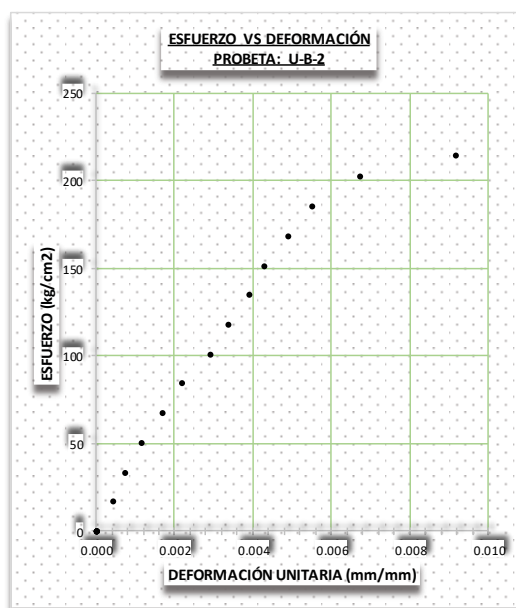
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
5.005	5.010	5.015	5.010 cm	249.666 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.995	4.985	4.995	4.992 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.010	76.005	76.010	76.008 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	780.560	8.297%	Volumen (cm ³)	1900.835	0.379 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	720.760		Peso Anhidro (gr.)	720.760	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.70	16.822	0.00043	23				
3	40	1.20	33.645	0.00073	24				
4	60	1.90	50.467	0.00116	25				
5	80	2.80	67.290	0.00171	26				
6	100	3.60	84.112	0.00220					
7	120	4.80	100.935	0.00293					
8	140	5.50	117.757	0.00336					
9	160	6.40	134.580	0.00391					
10	180	7.00	151.402	0.00428					
11	200	8.00	168.225	0.00489					
12	220	9.00	185.047	0.00550					
13	240	11.00	201.870	0.00672					
14	255	15.00	214.487	0.00917					
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-2

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.00 Min

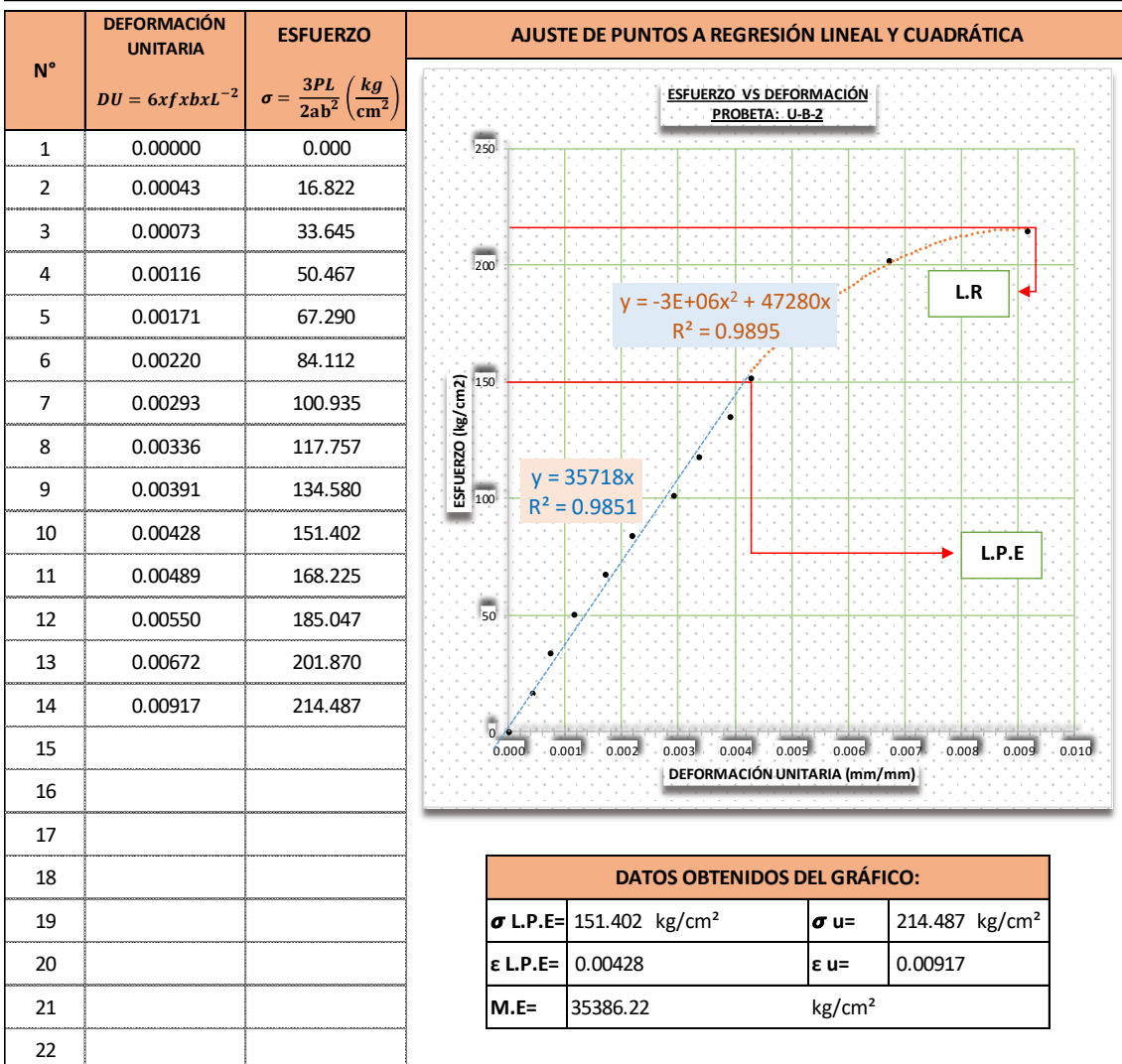


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-3

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.40 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

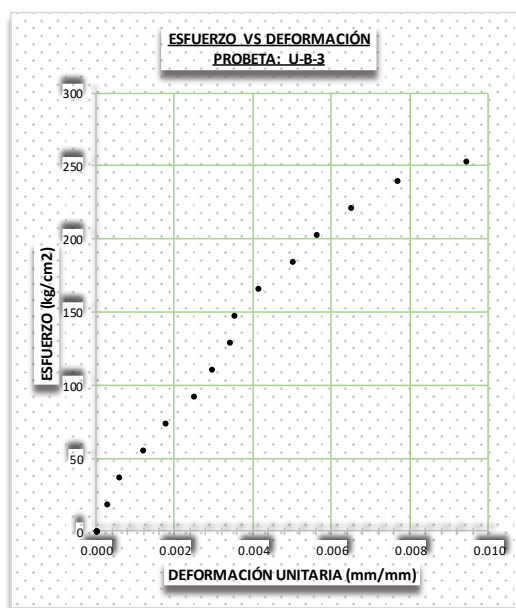
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
4.895	4.890	4.890	4.892 cm	227.762 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
4.820	4.830	4.825	4.825 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
76.000	76.005	76.000	76.002 cm	70.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	788.270	8.435 %	Volumen (cm ³)	1793.814	0.405 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	726.950		Peso Anhidro (gr.)	726.950	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	20	0.45	18.440	0.00027	23				
3	40	1.00	36.881	0.00059	24				
4	60	2.00	55.321	0.00118	25				
5	80	3.00	73.761	0.00177	26				
6	100	4.20	92.201	0.00248					
7	120	5.00	110.642	0.00295					
8	140	5.80	129.082	0.00343					
9	160	6.00	147.522	0.00354					
10	180	7.00	165.963	0.00414					
11	200	8.50	184.403	0.00502					
12	220	9.50	202.843	0.00561					
13	240	11.00	221.284	0.00650					
14	260	13.00	239.724	0.00768					
15	274	16.00	252.632	0.00945					
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

U-B-3

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

6.40 Min

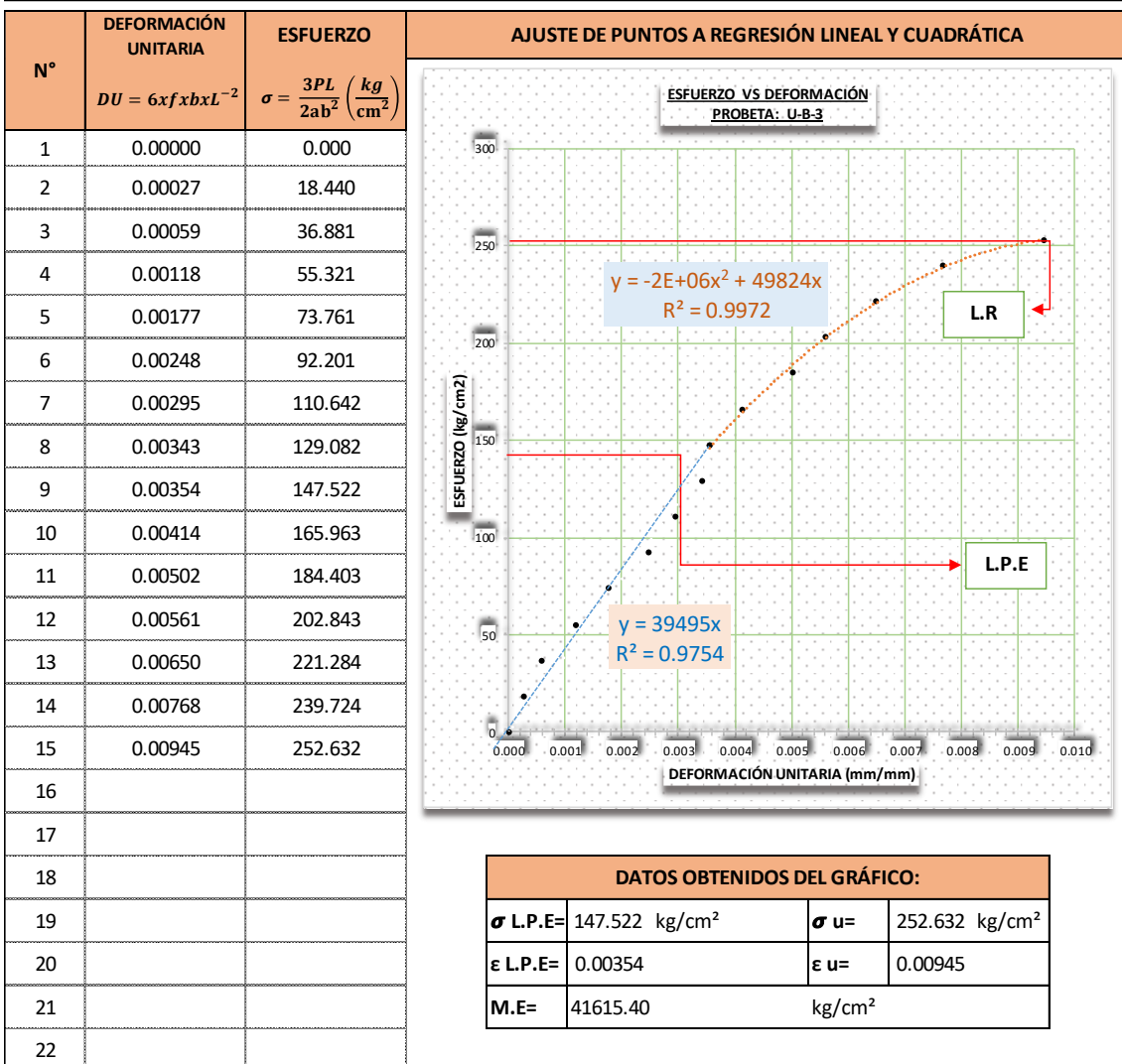


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

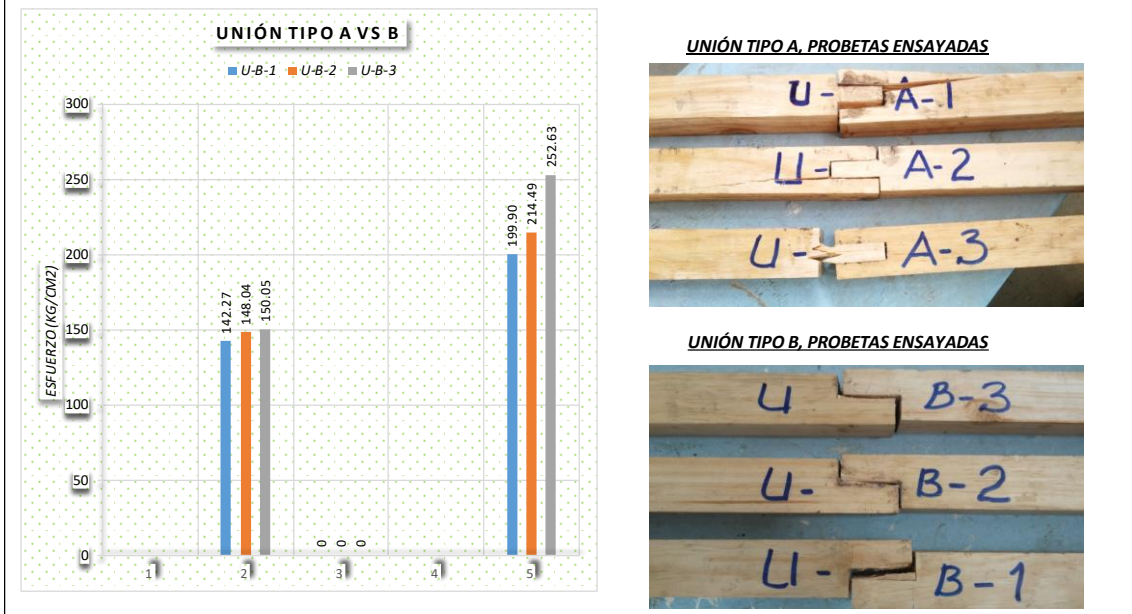
Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)

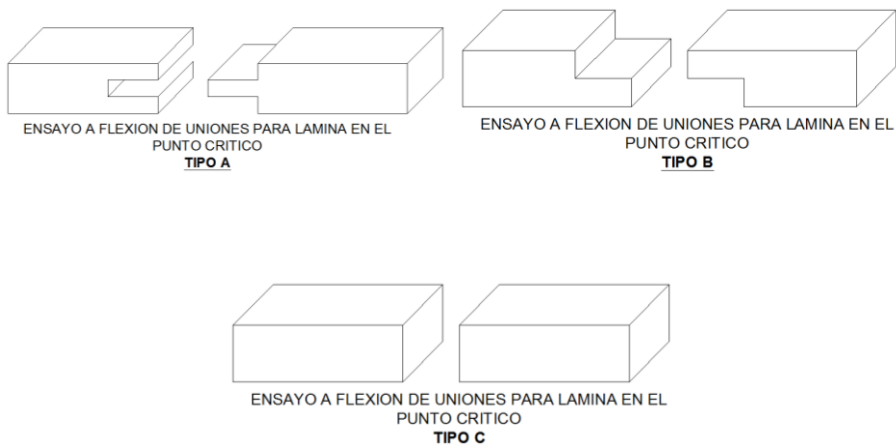
RESUMEN Y ELECCIÓN DE ENSAYOS A FLEXIÓN - UNIÓN EN EL PUNTO CRÍTICO

UNIÓN A - VS UNIÓN B											
PROBETA	σ L.P.E=	ϵ L.P.E=	M.E=	σ u=	ϵ u=	PROBETA	σ L.P.E=	ϵ L.P.E=	M.E=	σ u=	ϵ u=
U-A-1	106.70	0.003001	35554.17	142.27	0.004922	U-B-1	135.53	0.003664	36991.90	199.90	0.008243
U-A-2	84.11	0.002751	30580.68	148.04	0.006723	U-B-2	151.40	0.004279	35386.22	214.49	0.009168
U-A-3	87.49	0.002159	40520.23	150.05	0.006298	U-B-3	147.52	0.003545	41615.40	252.63	0.009453

GRÁFICA COMPARATIVA



Proponemos tres tipos de uniones para las láminas que conformaran posteriormente la viga laminada, el tipo A, B, C, las mismas que han sido sometidas al ensayo a flexión en el punto crítico, por los resultados obtenidos descartamos el tipo A y tipo C⁶, la resistencia que presenta la unión tipo B, es muy alta con respecto a las otras dos, además podemos notar que la falla representa al desprendimiento del pegamento, mas no en la madera.



⁶ Este tipo de ensayo se descarta por tener solo contacto vertical, es muy fácil de desprender y separar al momento que aplicamos la fuerza para el prensado.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

28.80 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

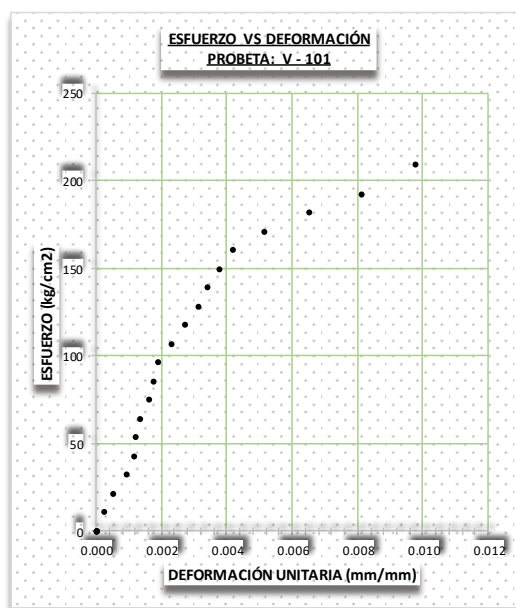
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.200	10.100	10.300	10.200 cm	8434.267 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.300	20.500	20.200	20.333 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.010	5.020	5.010	5.013 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	427.000	9.487%	Volumen (cm ³)	1039.765	0.375 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	390.000		Peso Anhidro (gr.)	390.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	2.00	10.671	0.00027	23				
3	200	4.00	21.342	0.00054	24				
4	300	7.00	32.012	0.00095	25				
5	400	8.50	42.683	0.00115	26				
6	500	9.00	53.354	0.00122	27				
7	600	10.00	64.025	0.00136					
8	700	12.00	74.695	0.00163					
9	800	13.00	85.366	0.00176					
10	900	14.00	96.037	0.00190					
11	1000	17.00	106.708	0.00230					
12	1100	20.00	117.378	0.00271					
13	1200	23.00	128.049	0.00312					
14	1300	25.00	138.720	0.00339					
15	1400	28.00	149.391	0.00380					
16	1500	31.00	160.061	0.00420					
17	1600	38.00	170.732	0.00515					
18	1700	48.00	181.403	0.00651					
19	1800	60.00	192.074	0.00813					
20	1960	72.00	209.147	0.00976					
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

28.80 Min

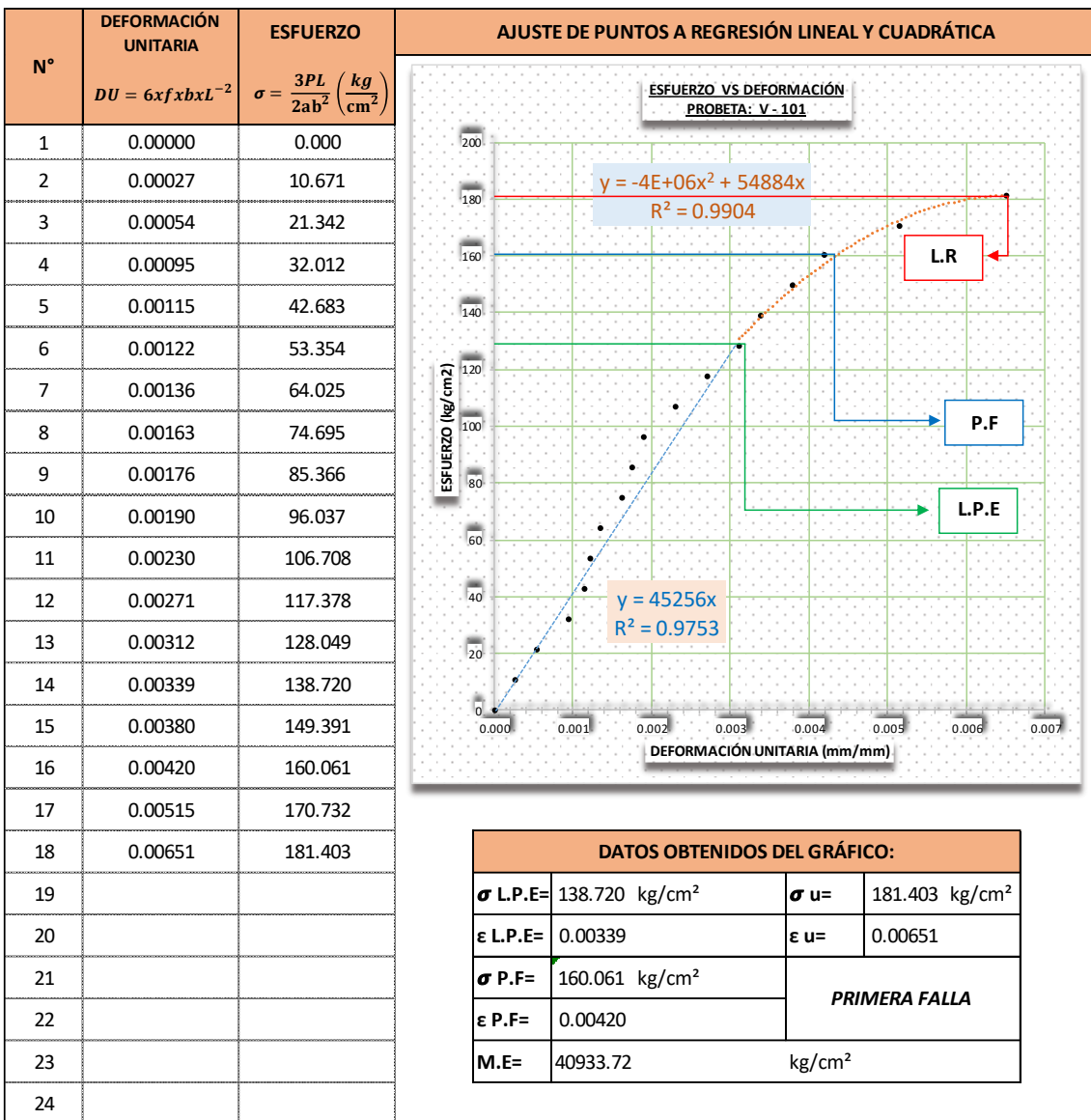


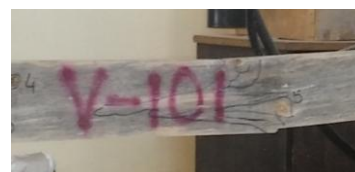
FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

12.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

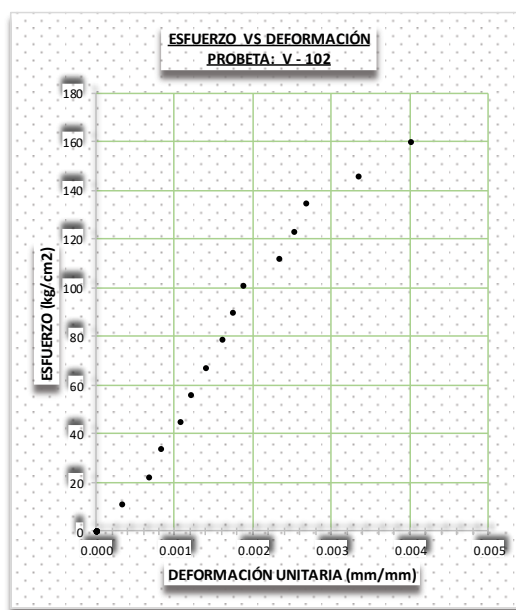
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
9.940	9.940	9.960	9.947 cm	8037.106 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.100	20.150	20.050	20.100 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.140	5.165	5.150	5.152 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	396.120	12.327 %	Volumen (cm ³)	1029.962	0.342 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	352.650		Peso Anhidro (gr.)	352.650	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	2.50	11.198	0.00034	23				
3	200	5.00	22.396	0.00067	24				
4	300	6.20	33.594	0.00083	25				
5	400	8.00	44.792	0.00107	26				
6	500	9.00	55.990	0.00121	27				
7	600	10.50	67.188	0.00141					
8	700	12.00	78.386	0.00161					
9	800	13.00	89.584	0.00174					
10	900	14.00	100.783	0.00188					
11	1000	17.50	111.981	0.00235					
12	1100	18.90	123.179	0.00253					
13	1200	20.00	134.377	0.00268					
14	1300	25.00	145.575	0.00335					
15	1425	30.00	159.572	0.00402					
16	1500								
17	1600								
18	1700								
19	1800								
20	1900								
21	2075								



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

12.00 Min

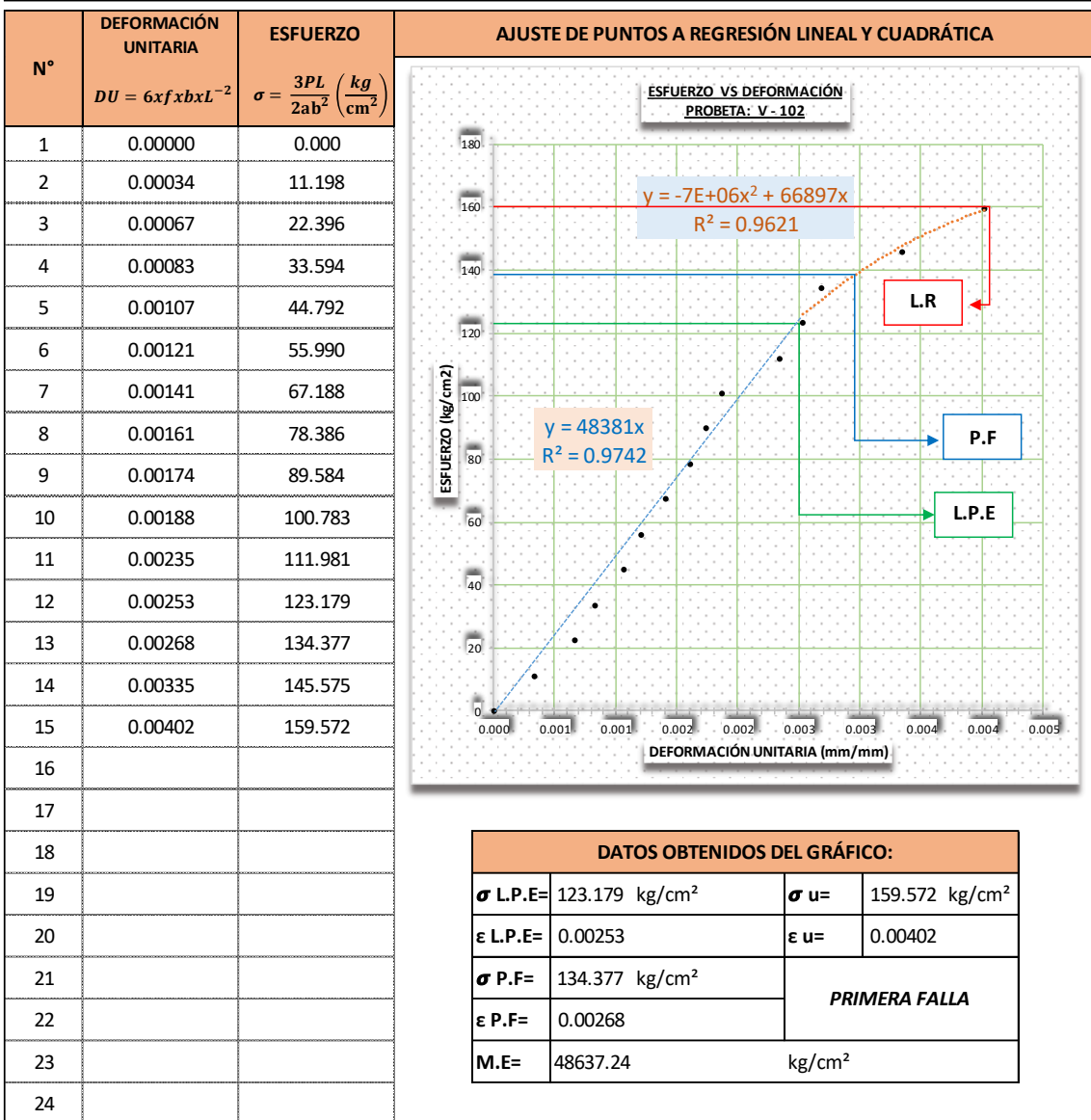


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

19.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

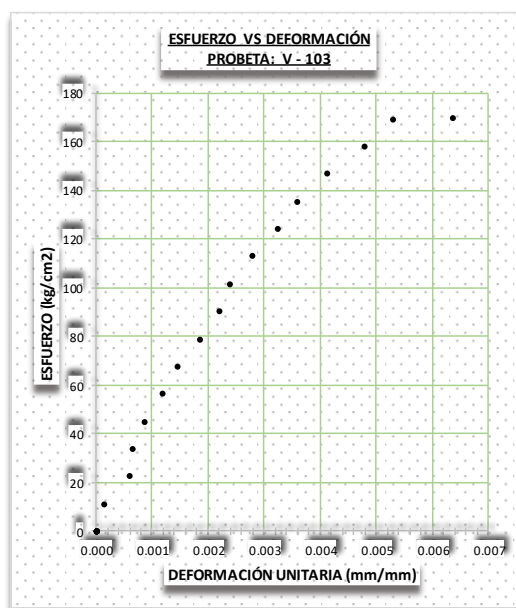
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.030	10.060	10.080	10.057 cm	7981.099 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
19.900	19.920	19.940	19.920 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.050	5.100	5.020	5.057 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	354.000	8.264 %	Volumen (cm ³)	1012.996	0.323 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	326.980		Peso Anhidro (gr.)	326.980	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	1.00	11.277	0.00013	23				
3	200	4.50	22.553	0.00060	24				
4	300	5.00	33.830	0.00066	25				
5	400	6.50	45.107	0.00086	26				
6	500	9.00	56.383	0.00120	27				
7	600	11.00	67.660	0.00146					
8	700	14.00	78.936	0.00186					
9	800	16.50	90.213	0.00219					
10	900	18.00	101.490	0.00239					
11	1000	21.00	112.766	0.00279					
12	1100	24.50	124.043	0.00325					
13	1200	27.00	135.320	0.00359					
14	1300	31.00	146.596	0.00412					
15	1400	36.00	157.873	0.00478					
16	1500	40.00	169.150	0.00531					
17	1505	48.00	169.713	0.00637					
18	1700								
19	1800								
20	1900								
21	2075								



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

19.20 Min

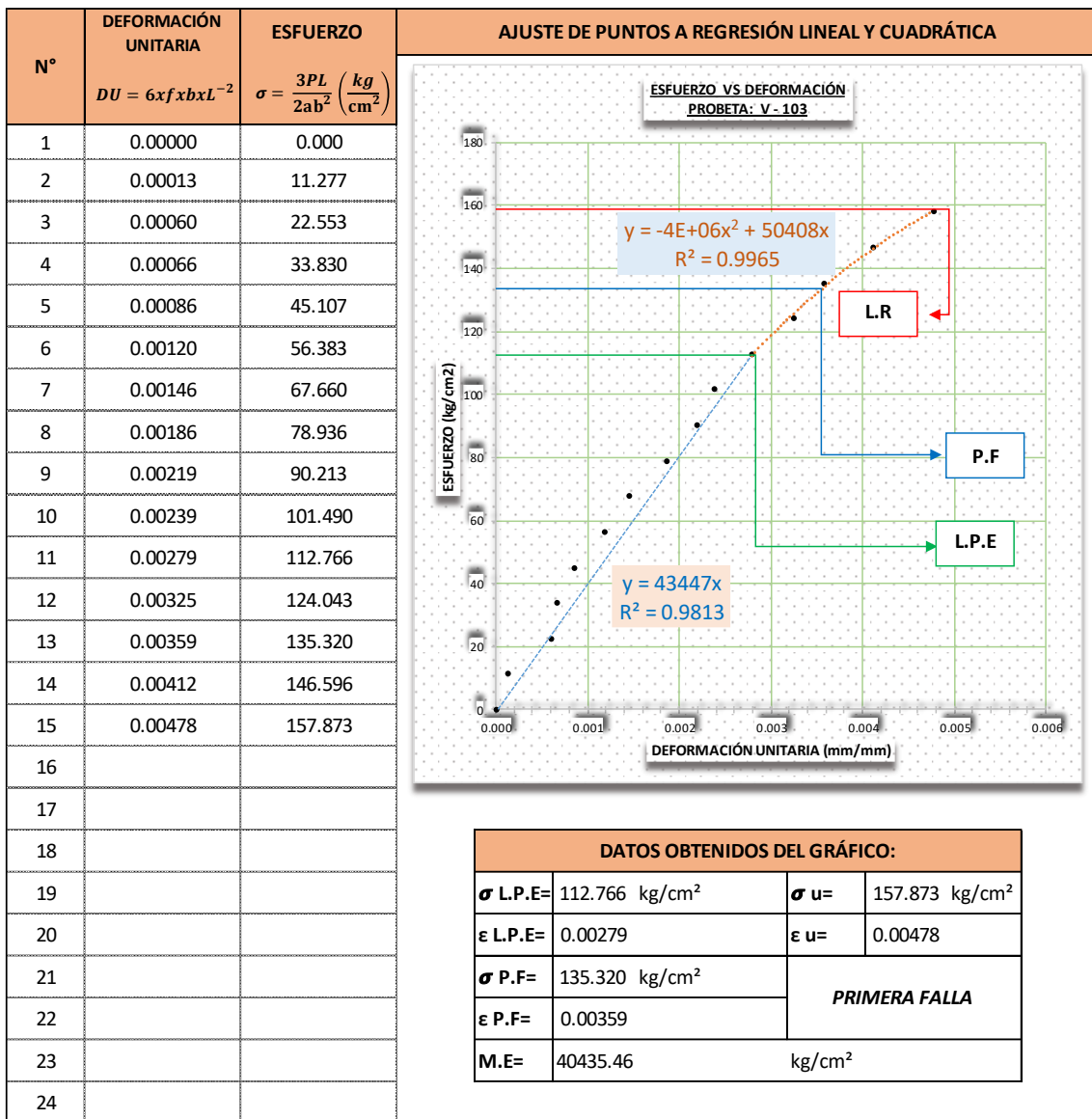


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

24.40 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

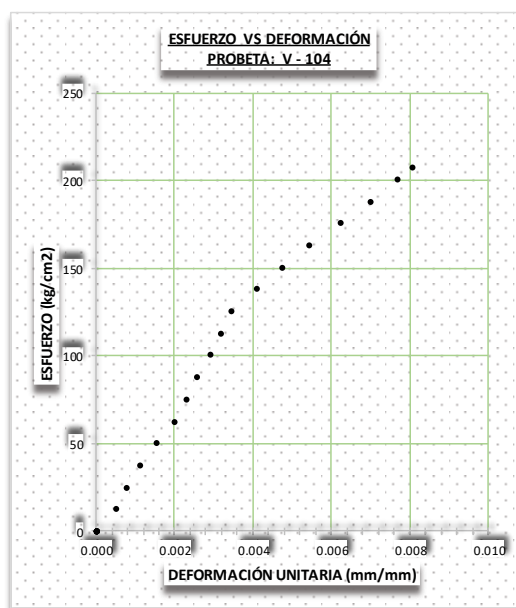
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
9.100	9.120	9.090	9.103 cm	7176.246 cm³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
19.850	19.820	19.890	19.853 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.005	5.010	5.020	5.012 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	380.000	8.571 %	Volumen (cm ³)	905.766	0.386 gr/cm³
Peso Anhidro (gr.)	350.000		Peso Anhidro (gr.)	350.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	4.00	12.541	0.00053	23				
3	200	6.00	25.083	0.00079	24				
4	300	8.50	37.624	0.00113	25				
5	400	11.60	50.166	0.00154	26				
6	500	15.00	62.707	0.00199	27				
7	600	17.50	75.248	0.00232					
8	700	19.50	87.790	0.00258					
9	800	22.00	100.331	0.00291					
10	900	24.00	112.872	0.00318					
11	1000	26.00	125.414	0.00344					
12	1100	31.00	137.955	0.00410					
13	1200	36.00	150.497	0.00476					
14	1300	41.00	163.038	0.00543					
15	1400	47.00	175.579	0.00622					
16	1500	53.00	188.121	0.00701					
17	1600	58.00	200.662	0.00768					
18	1650	61.00	206.933	0.00807					
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

24.40 Min

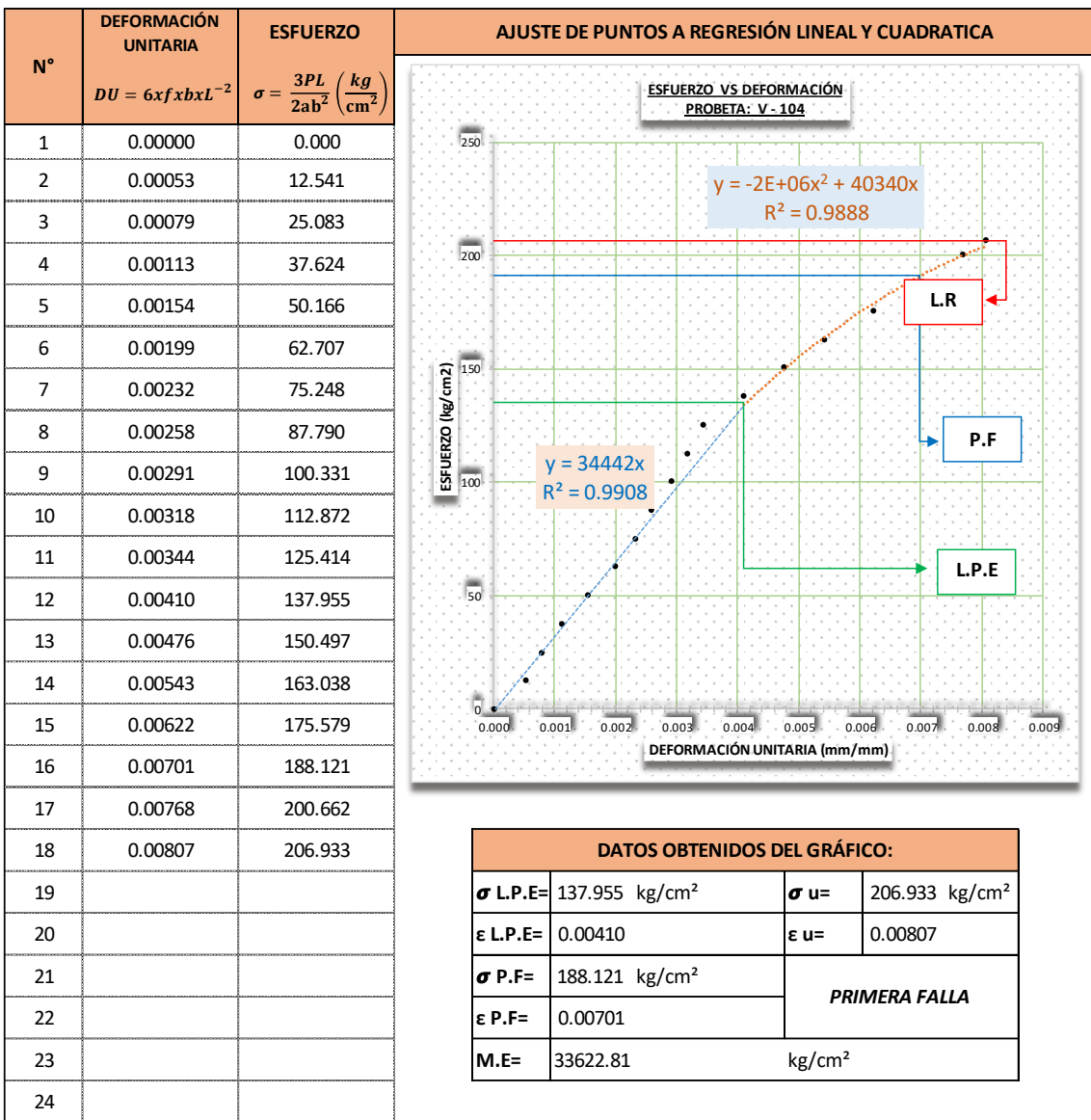


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista Lateral)

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

10.80 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

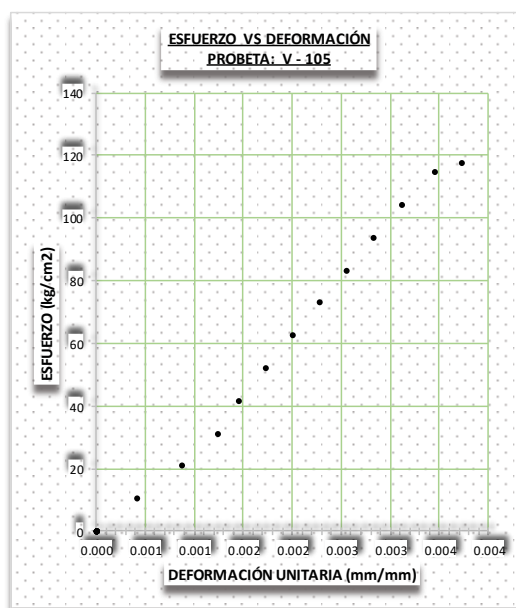
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.080	10.090	10.070	10.080 cm	8638.358 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.700	20.750	20.650	20.700 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.015	5.015	5.020	5.017 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	380.000	8.571 %	Volumen (cm ³)	1046.758	0.334 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	350.000		Peso Anhidro (gr.)	350.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	3.00	10.419	0.00041	23				
3	200	6.40	20.837	0.00088	24				
4	300	9.00	31.256	0.00124	25				
5	400	10.50	41.675	0.00145	26				
6	500	12.50	52.093	0.00173	27				
7	600	14.50	62.512	0.00200					
8	700	16.50	72.931	0.00228					
9	800	18.50	83.349	0.00255					
10	900	20.50	93.768	0.00283					
11	1000	22.60	104.186	0.00312					
12	1100	25.00	114.605	0.00345					
13	1130	27.00	117.731	0.00373					
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

10.80 Min

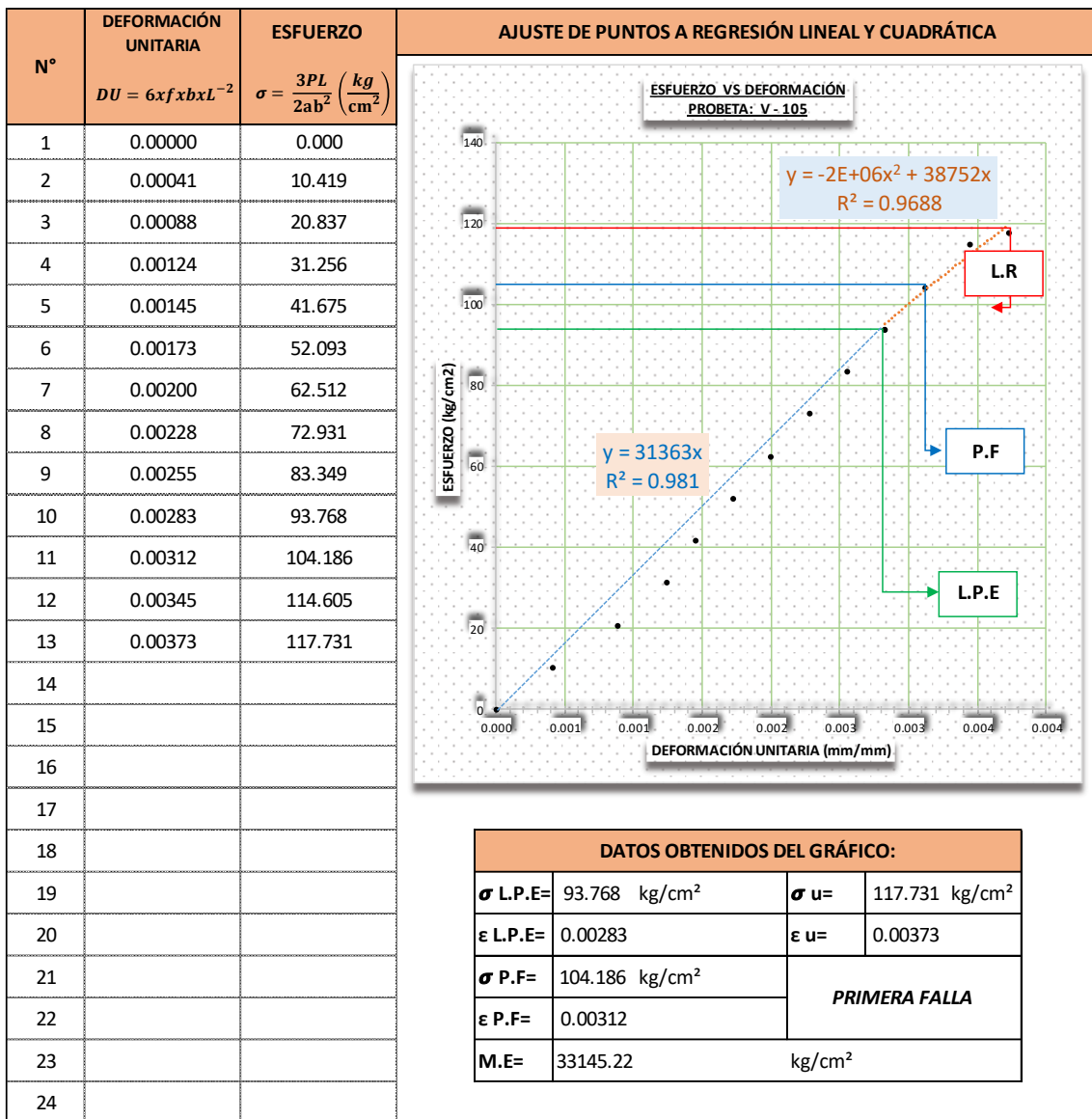


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: B

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN DE GRANO ENTRECruzADO (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

15.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

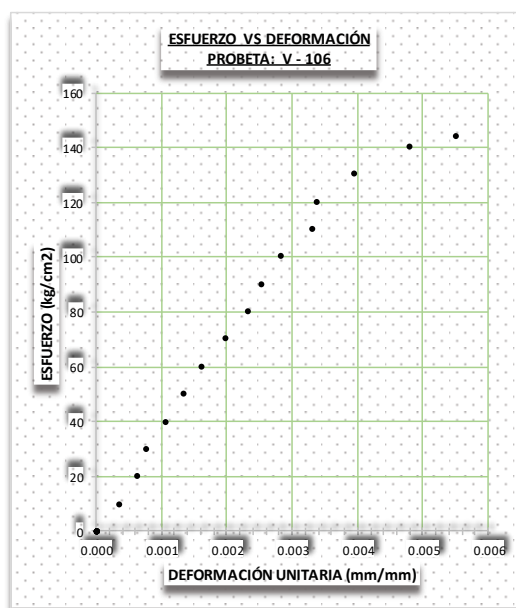
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.040	10.050	10.070	10.053 cm	8977.162 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
21.100	21.200	21.090	21.130 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.120	5.140	5.110	5.123 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	472.000	10.884 %	Volumen (cm ³)	1088.334	0.391 gr/cm ³
Peso Anhído (gr.)	425.670		Peso Anhído (gr.)	425.670	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	2.50	10.025	0.00035	23				
3	200	4.50	20.051	0.00063	24				
4	300	5.50	30.076	0.00077	25				
5	400	7.50	40.102	0.00106	26				
6	500	9.50	50.127	0.00134	27				
7	600	11.50	60.153	0.00162					
8	700	14.00	70.178	0.00197					
9	800	16.50	80.204	0.00232					
10	900	18.00	90.229	0.00254					
11	1000	20.00	100.254	0.00282					
12	1100	23.50	110.280	0.00331					
13	1200	24.00	120.305	0.00338					
14	1300	28.00	130.331	0.00394					
15	1400	34.00	140.356	0.00479					
16	1440	39.00	144.366	0.00549					
17									
18									
19									
20									
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

15.60 Min

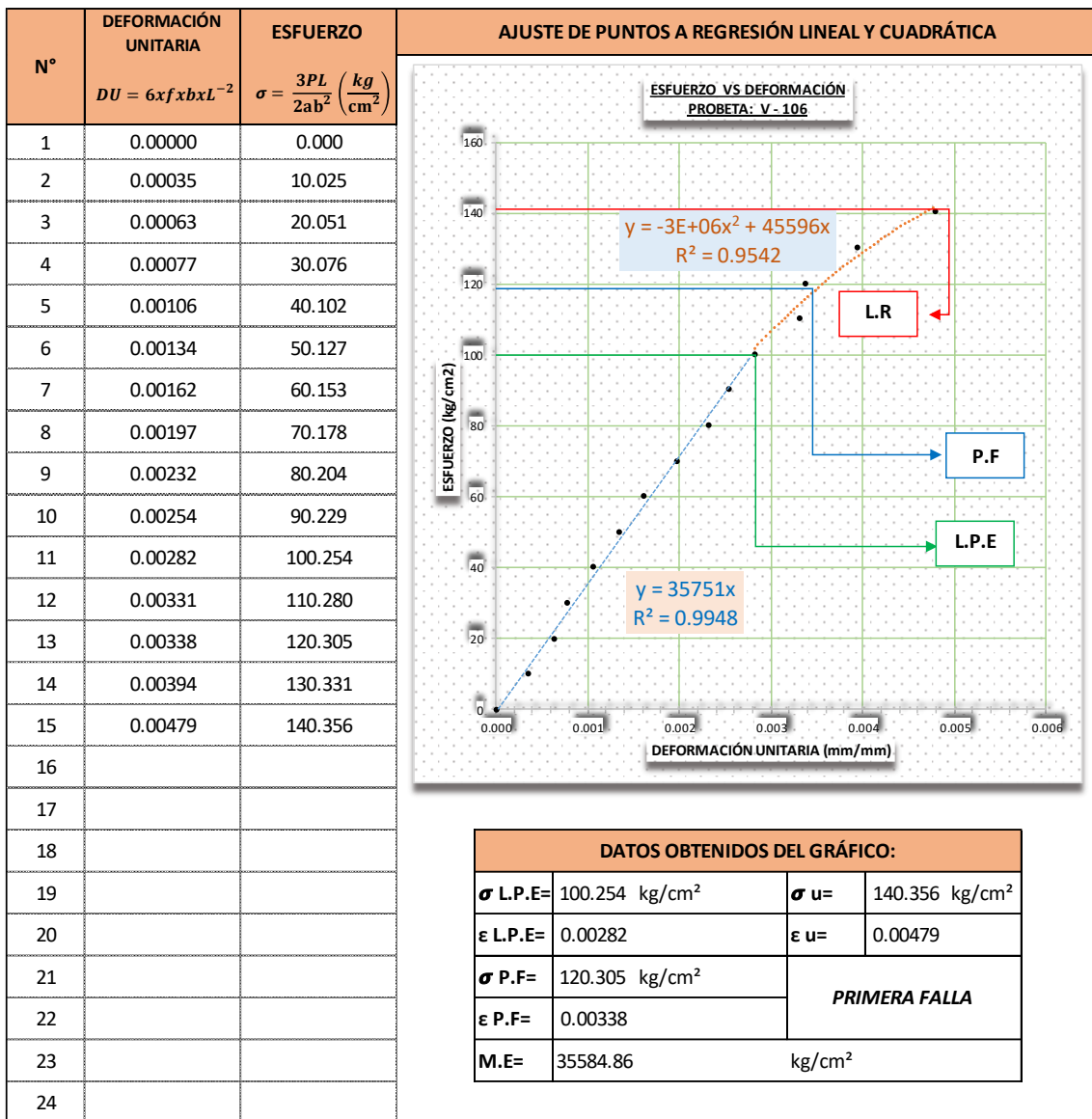


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

CLASIFICACIÓN VISUAL

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V-M-101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

UBICACIÓN DE NUDOS, RESPECTO AL CENTRO DE LUZ									
CARA	N° NUDO	ÁREA N (cm2)	X (cm)	Y (cm)	N° NUDO	ÁREA N (cm2)	X (cm)	Y (cm)	OBSERVACIÓN
	IZQUIERDA				DERECHA				
CARA 1	1	14.48	-141.980	4.640	5	13.17	34.890	-4.620	ÁREA TOTAL 62.66
	2	4.64	-111.86	5.660	6	18.59	120.100	7.560	
	3	7.82	-47.910	4.710					
	4	3.95	-54.000	-6.430					
CARA 2	1	15.20	-148.830	-1.900	5	13.75	45.620	2.460	ÁREA TOTAL 105.90
	2	10.18	-138.910	-0.970	6	28.37	125.140	-2.730	
	3	24.47	-128.310	-2.280					
	4	13.93	-112.760	-1.900					
CARA 3	1	27.49	-155.620	4.380	5	2.61	32.610	3.060	ÁREA TOTAL 124.65
	2	10.33	-146.460	-3.250	6	11.80	29.740	-1.530	
	3	4.14	-111.210	-8.960	7	39.50	110.170	4.070	
	4	28.79	-84.900	4.79					
CARA 4	1	5.85	-50.070	-0.550	2	10.53	111.500	-1.027	ÁREA TOTAL 16.39

El diagrama muestra una viga horizontal dividida en cuatro caras (C.1, C.2, C.3, C.4) por líneas horizontales de puntos rojos. Una línea vertical roja centralizada indica el eje neutro (C.L.). Los nudos están representados por números 1-7 con flechas azules que indican su posición lateral y vertical. Los nudos 1-4 están en la cara superior (C.4), los nudos 5-7 en la cara inferior (C.1), y los nudos 1-4 en las caras laterales (C.2 y C.3).

Interpretación: El cuadro representa a la posición y al área de cada nudo, con respecto al centro de luz, y al eje neutro de la V-M-101. Para el porcentaje sumamos todas las áreas de nudos y dividimos con el área lateral de toda la viga. El área de nudos representa el 2.347% del área total de la viga.

TIPO DE ENSAYO:	CLASIFICACIÓN VISUAL
------------------------	-----------------------------

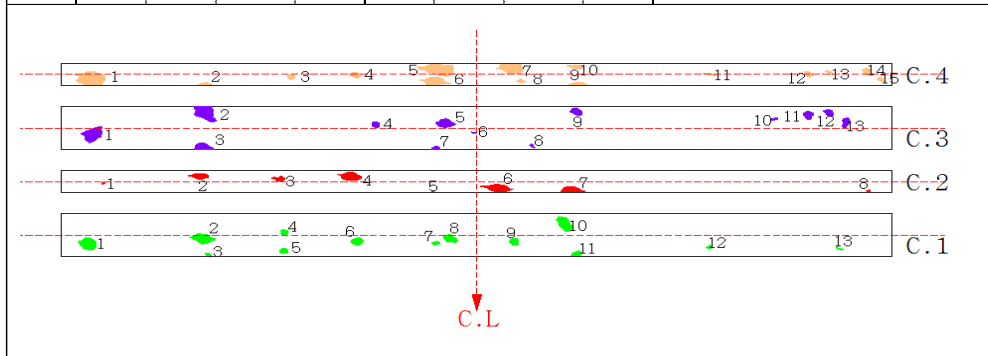
Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V-M-102

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

UBICACIÓN DE NUDOS, RESPECTO AL CENTRO DE LUZ									OBSERVACIÓN
CARA	N° NUDO	ÁREA N (cm ²)	X (cm)	Y (cm)	N° NUDO	ÁREA N (cm ²)	X (cm)	Y (cm)	
	IZQUIERDA				DERECHA				
CARA 1	1	26.84	-147.800	-4.379	9	14.26	-3.453	8.338	ÁREA TOTAL 408.32
	2	26.29	-104.820	-1.688	10	33.54	5.218	25.232	
	3	2.79	-102.342	-9.255	11	38.10	-9.010	7.522	
	4	5.13	-73.259	1.211	12	88.68	-5.629	1.770	
	5	6.22	-73.539	-6.605	13	138.29	-6.361	1.253	
	6	10.98	-45.389	-3.189					
	7	3.35	-15.575	-3.794					
	8	13.85	-10.316	1.649					
CARA 2	1	0.87	-142.540	-0.809	5	25.09	8.160	-3.225	ÁREA TOTAL 82.12
	2	12.96	-105.338	2.670	6	13.05	35.497	-3.738	
	3	6.79	-74.664	1.389	7	0.82	149.489	-4.299	
	4	22.54	-47.974	1.510					
	5	0.11	16.822	-4.411					
CARA 3	1	35.23	-146.802	-3.165	8	1.48	21.151	-8.384	ÁREA TOTAL 157.60
	2	39.73	-103.771	7.173	9	11.00	38.169	7.426	
	3	15.21	-104.706	-8.620	10	1.51	113.049	4.084	
	4	5.98	38.391	1.510	11	9.37	126.365	5.316	
	5	19.20	-11.826	2.174	12	8.00	134.483	7.116	
	6	0.68	-0.890	-2.076	13	9.21	140.454	2.758	
	7	1.00	-15.593	9.314					
CARA 4	1	53.77	-146.605	-2.293	7	34.19	13.742	2.925	ÁREA TOTAL 219.19
	2	4.24	-103.202	-4.414	8	3.20	16.950	-3.178	
	3	4.24	-70.682	-1.151	9	6.29	39.110	4.411	
	4	8.00	-46.155	-0.274	10	8.31	38.259	3.826	
	5	51.30	-2.153	13.768	11	2.41	89.398	0.000	
	6	25.28	-15.825	-3.246	12	4.77	126.754	0.194	
					13	2.33	134.740	0.778	
					14	7.24	1.485	1.816	
					15	3.65	154.000	-2.332	



Interpretación: El cuadro representa a la posición y al área de cada nudo, con respecto al centro de luz, y al eje neutro de la V-M-102. Para el porcentaje sumamos todas las áreas de nudos y dividimos con el área lateral de toda la viga. El área de nudos representa el 6.575% del área total de la viga, de la misma manera se realiza para las vigas V-M-103, V-M-104, V-M-105, V-M-106, registrando 3.673%, 5.423%, 2.908% y 6.758% respectivamente.

TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

26.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

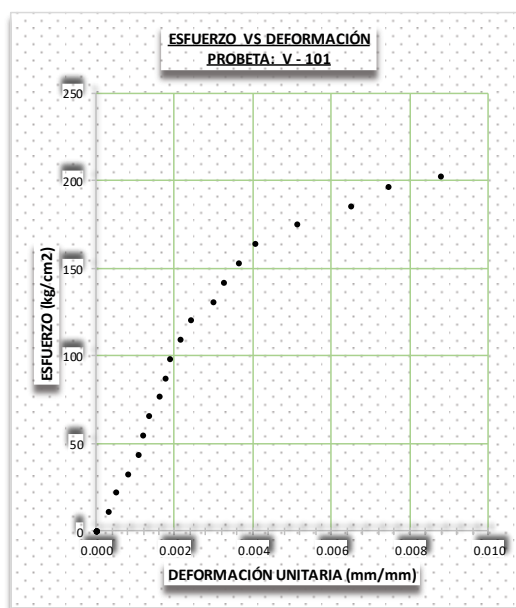
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.005	9.995	10.020	10.007 cm	8247.295 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.300	20.350	20.250	20.300 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
4.850	4.900	4.800	4.850 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	418.000	5.823 %	Volumen (cm ³)	985.206	0.401 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	395.000		Peso Anhidro (gr.)	395.000	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	22				
2	100	2.40	10.913	0.00032	23				
3	200	3.90	21.825	0.00053	24				
4	300	6.00	32.738	0.00081	25				
5	400	8.00	43.651	0.00108	26				
6	500	9.00	54.563	0.00122	27				
7	600	10.00	65.476	0.00135					
8	700	12.00	76.389	0.00162					
9	800	13.00	87.301	0.00176					
10	900	14.00	98.214	0.00189					
11	1000	16.00	109.127	0.00217					
12	1100	18.00	120.039	0.00244					
13	1200	22.00	130.952	0.00298					
14	1300	24.00	141.865	0.00325					
15	1400	27.00	152.777	0.00365					
16	1500	30.00	163.690	0.00406					
17	1600	38.00	174.603	0.00514					
18	1700	48.00	185.515	0.00650					
19	1800	55.00	196.428	0.00744					
20	1850	65.00	201.884	0.00880					
21									



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 101

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

26.00 Min

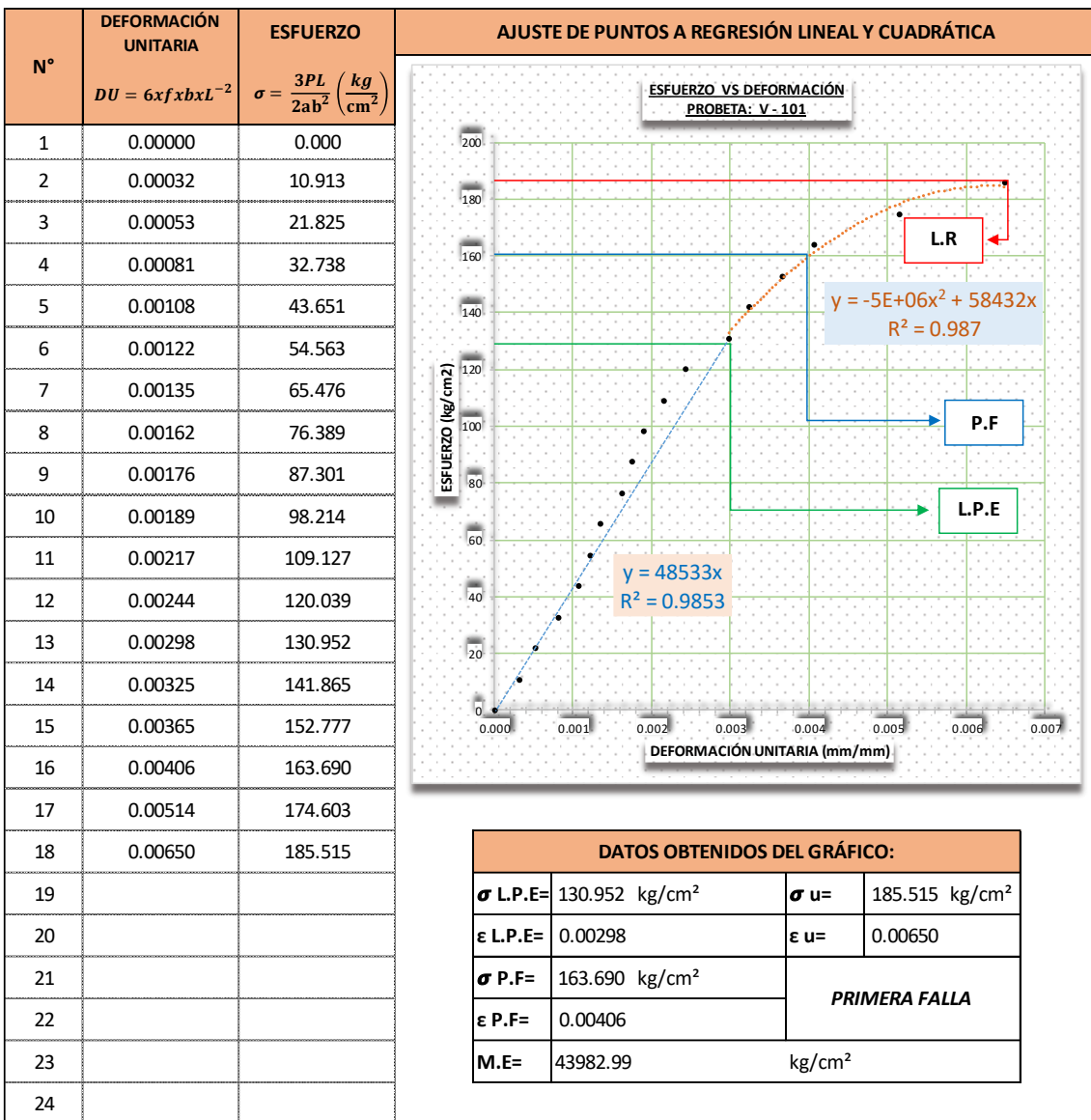


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 102

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

25.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

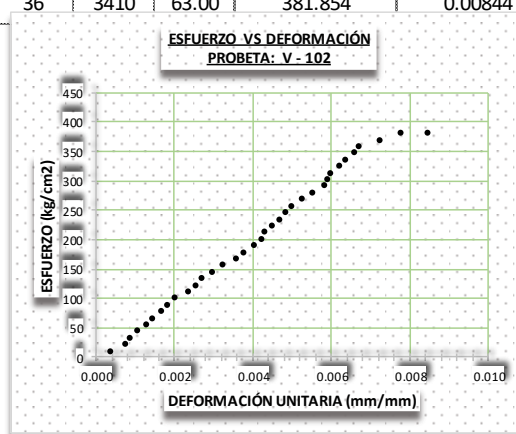
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
9.940	9.940	9.960	9.947 cm	8037.106 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.100	20.150	20.050	20.100 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.140	5.165	5.150	5.152 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	442.360	6.670 %	Volumen (cm ³)	1029.962	0.403 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	414.700		Peso Anhidro (gr.)	414.700	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	24	2300	37.00	257.555	0.00496
2	100	2.80	11.198	0.00038	25	2400	39.00	268.753	0.00523
3	200	5.50	22.396	0.00074	26	2500	41.00	279.952	0.00549
4	300	6.40	33.594	0.00086	27	2600	43.50	291.150	0.00583
5	400	7.80	44.792	0.00105	28	2700	44.00	302.348	0.00590
6	500	9.50	55.990	0.00127	29	2800	44.50	313.546	0.00596
7	600	10.80	67.188	0.00145	30	2900	46.20	324.744	0.00619
8	700	12.50	78.386	0.00168	31	3000	47.30	335.942	0.00634
9	800	13.50	89.584	0.00181	32	3100	49.00	347.140	0.00657
10	900	15.00	100.783	0.00201	33	3200	50.00	358.338	0.00670
11	1000	17.50	111.981	0.00235	34	3300	54.00	369.536	0.00724
12	1100	19.00	123.179	0.00255	35	3400	58.00	380.734	0.00777
13	1200	20.00	134.377	0.00268	36	3410	63.00	381.854	0.00844
14	1300	22.00	145.575	0.00295					
15	1400	24.00	156.773	0.00322					
16	1500	26.50	167.971	0.00355					
17	1600	28.00	179.169	0.00375					
18	1700	30.00	190.367	0.00402					
19	1800	31.50	201.565	0.00422					
20	1900	32.00	212.763	0.00429					
21	2000	33.50	223.961	0.00449					
22	2100	35.00	235.159	0.00469					
23	2200	36.00	246.357	0.00482					



TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
V - 102

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
25.20 Min

N°	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO	AJUSTE DE PUNTOS A REGRESIÓN LINEAL Y CÚBICA
	$DU = 6xfxbxL^{-2}$	$\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	
1	0.00000	0.000	
2	0.00038	11.198	
3	0.00074	22.396	
4	0.00086	33.594	
5	0.00105	44.792	
6	0.00127	55.990	
7	0.00145	67.188	
8	0.00168	78.386	
9	0.00181	89.584	
10	0.00201	100.783	
11	0.00235	111.981	
12	0.00255	123.179	
13	0.00268	134.377	
14	0.00295	145.575	
15	0.00322	156.773	
16	0.00355	167.971	
17	0.00375	179.169	
18	0.00402	190.367	
19	0.00422	201.565	
20	0.00429	212.763	
21	0.00449	223.961	
22	0.00469	235.159	
23	0.00482	246.357	
24	0.00496	257.555	
25	0.00523	268.753	
26	0.00549	279.952	
27	0.00583	291.150	
28	0.00590	302.348	
31	0.00596	313.546	
32	0.00619	324.744	
33	0.00634	335.942	
34	0.00657	347.140	
35	0.00670	358.338	
36	0.00724	369.536	
37	0.00777	380.734	
38	0.00844	381.854	

DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO:			
σ L.P.E=	302.348 kg/cm ²	σ u=	381.854 kg/cm ²
ϵ L.P.E=	0.00590	ϵ u=	0.00844
σ P.F=	358.338 kg/cm ²	PRIMERA FALLA	
ϵ P.F=	0.00670		
M.E=	51280.13	kg/cm ²	

FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A
Según anexo informativo de la norma NTP 251.017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

24.80 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

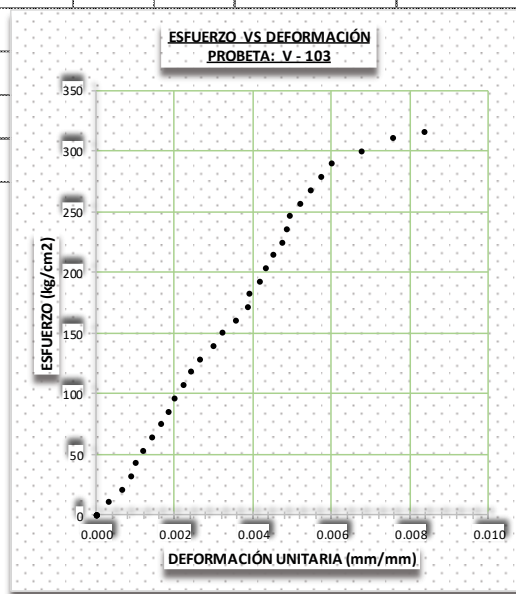
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.200	10.250	10.220	10.223 cm	8406.508 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.280	20.250	20.300	20.277 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.140	5.165	5.150	5.152 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	410.580	6.153 %	Volumen (cm ³)	1067.915	0.362 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	386.780		Peso Anhidro (gr.)	386.780	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	24	2300	36.40	246.238	0.00492
2	100	2.50	10.706	0.00034	25	2400	38.50	256.944	0.00520
3	200	5.00	21.412	0.00068	26	2500	40.40	267.650	0.00546
4	300	6.50	32.118	0.00088	27	2600	42.50	278.356	0.00575
5	400	7.50	42.824	0.00101	28	2700	44.50	289.062	0.00602
6	500	8.80	53.530	0.00119	29	2800	50.00	299.768	0.00676
7	600	10.50	64.236	0.00142	30	2900	56.00	310.474	0.00757
8	700	12.20	74.942	0.00165	31	2945	62.00	315.291	0.00838
9	800	13.60	85.648	0.00184					
10	900	14.90	96.354	0.00201					
11	1000	16.54	107.060	0.00224					
12	1100	18.00	117.766	0.00243					
13	1200	19.50	128.472	0.00264					
14	1300	22.20	139.178	0.00300					
15	1400	23.80	149.884	0.00322					
16	1500	26.50	160.590	0.00358					
17	1600	28.50	171.296	0.00385					
18	1700	29.00	182.002	0.00392					
19	1800	31.00	192.708	0.00419					
20	1900	32.00	203.414	0.00433					
21	2000	33.50	214.120	0.00453					
22	2100	35.00	224.826	0.00473					
23	2200	36.00	235.532	0.00487					



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 103

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

24.80 Min

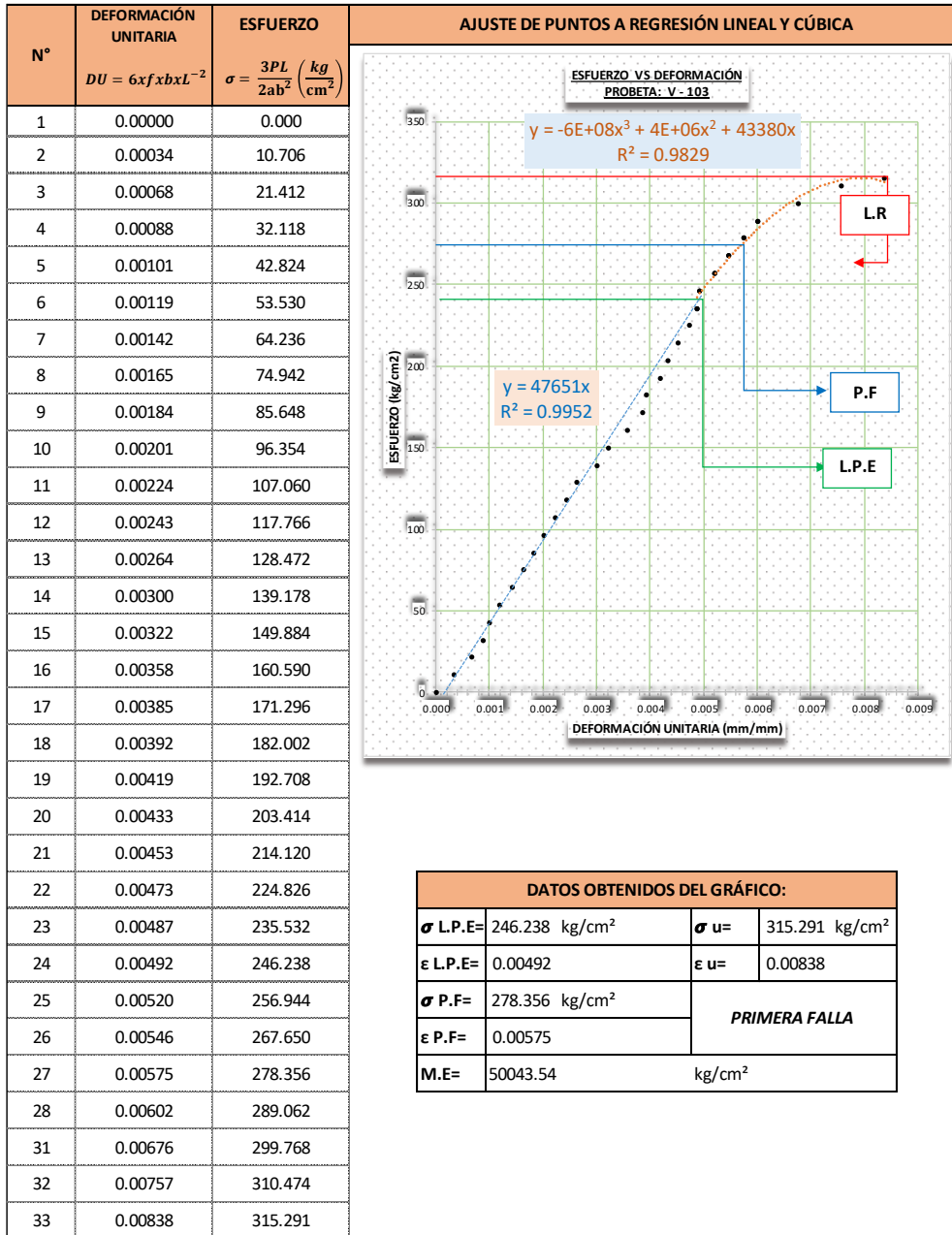


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: D

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN ABRUPTA (Vista de superficie de tensión)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

21.20 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

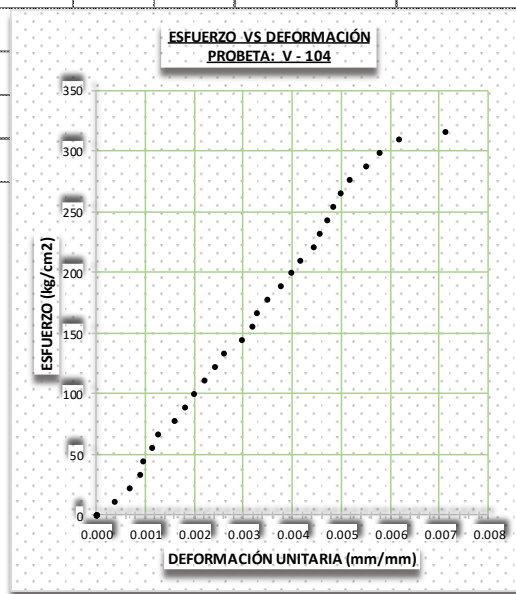
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.005	10.020	9.990	10.005 cm	8137.956 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.150	20.150	20.200	20.167 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.000	5.020	5.010	5.010 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	437.890	6.168 %	Volumen (cm ³)	1010.855	0.408 gr/cm ³
Peso Anhído (gr.)	412.450		Peso Anhído (gr.)	412.450	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	24	2300	36.00	254.364	0.00484
2	100	2.80	11.059	0.00038	25	2400	37.00	265.423	0.00497
3	200	5.10	22.119	0.00069	26	2500	38.40	276.482	0.00516
4	300	6.60	33.178	0.00089	27	2600	41.00	287.541	0.00551
5	400	7.20	44.237	0.00097	28	2700	43.00	298.601	0.00578
6	500	8.40	55.296	0.00113	29	2800	46.00	309.660	0.00618
7	600	9.50	66.356	0.00128	30	2850	53.00	315.190	0.00713
8	700	11.80	77.415	0.00159	31				
9	800	13.60	88.474	0.00183					
10	900	14.90	99.534	0.00200					
11	1000	16.54	110.593	0.00222					
12	1100	18.00	121.652	0.00242					
13	1200	19.50	132.711	0.00262					
14	1300	22.20	143.771	0.00298					
15	1400	23.80	154.830	0.00320					
16	1500	24.50	165.889	0.00329					
17	1600	26.00	176.949	0.00350					
18	1700	28.00	188.008	0.00376					
19	1800	29.50	199.067	0.00397					
20	1900	31.00	210.126	0.00417					
21	2000	33.00	221.186	0.00444					
22	2100	34.00	232.245	0.00457					
23	2200	35.00	243.304	0.00471					



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 104

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

21.20 Min

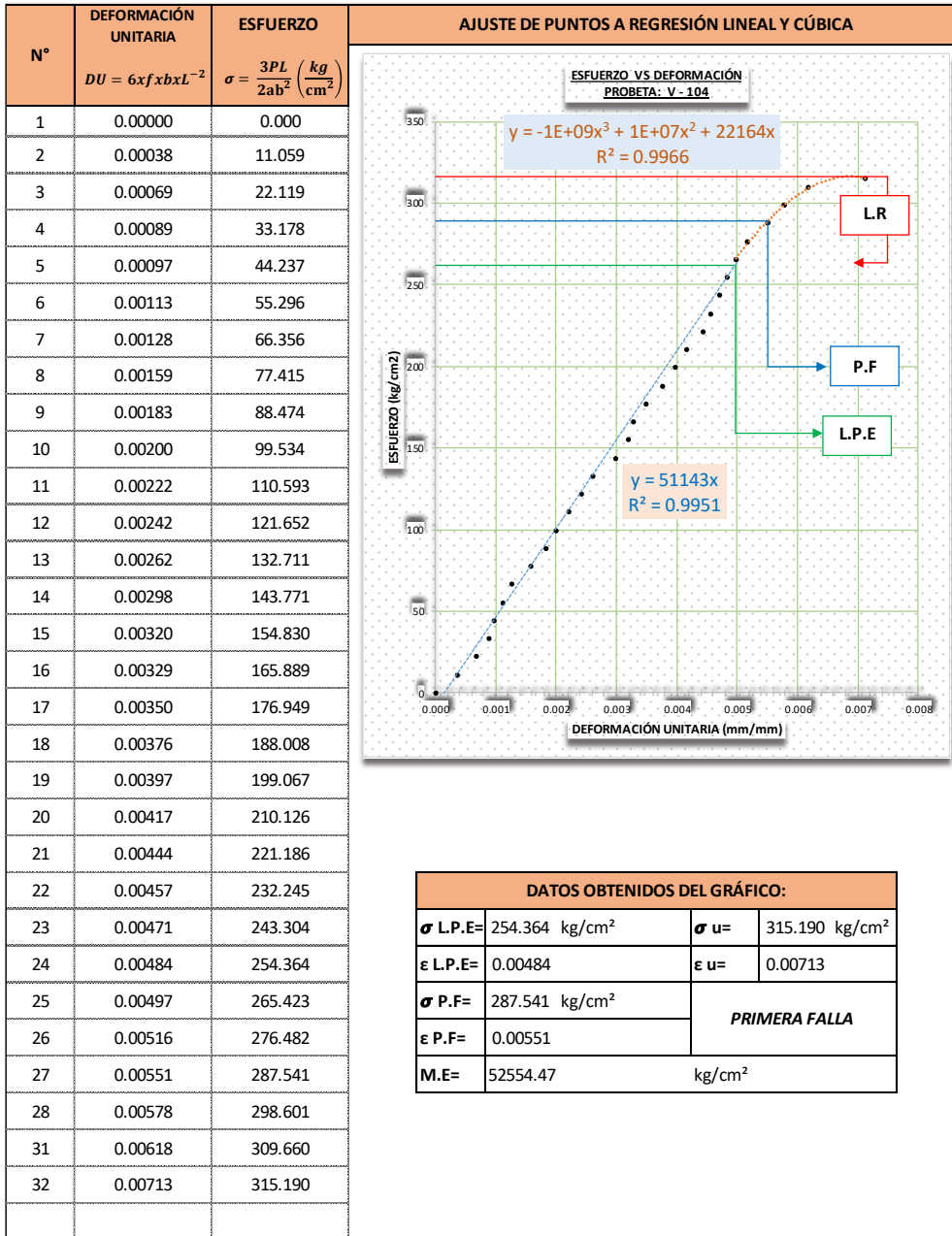


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A

Según anexo informativo de la norma NTP 251.017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

22.00 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

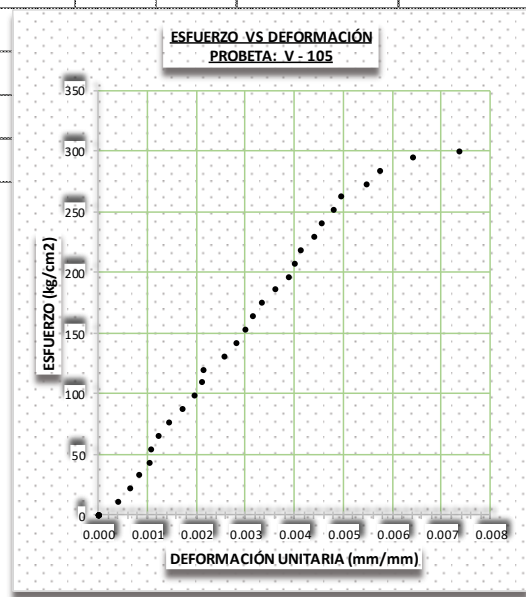
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
10.230	10.260	10.215	10.235 cm	8242.678 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.050	20.100	20.050	20.067 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.020	5.030	5.005	5.018 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	435.230	6.434 %	Volumen (cm ³)	1030.677	0.397 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	408.920		Peso Anhidro (gr.)	408.920	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	24	2300	36.00	251.132	0.00482
2	100	3.00	10.919	0.00040	25	2400	37.00	262.051	0.00495
3	200	4.80	21.838	0.00064	26	2500	41.00	272.970	0.00548
4	300	6.20	32.756	0.00083	27	2600	43.00	283.888	0.00575
5	400	7.80	43.675	0.00104	28	2700	48.00	294.807	0.00642
6	500	8.10	54.594	0.00108	29	2740	55.00	299.175	0.00736
7	600	9.20	65.513	0.00123	30				
8	700	10.90	76.431	0.00146	31				
9	800	12.80	87.350	0.00171					
10	900	14.65	98.269	0.00196					
11	1000	15.80	109.188	0.00211					
12	1100	16.00	120.107	0.00214					
13	1200	19.20	131.025	0.00257					
14	1300	21.00	141.944	0.00281					
15	1400	22.50	152.863	0.00301					
16	1500	23.50	163.782	0.00314					
17	1600	25.00	174.701	0.00334					
18	1700	27.00	185.619	0.00361					
19	1800	29.00	196.538	0.00388					
20	1900	30.00	207.457	0.00401					
21	2000	31.00	218.376	0.00415					
22	2100	33.00	229.294	0.00441					
23	2200	34.00	240.213	0.00455					



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 105

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

22.00 Min

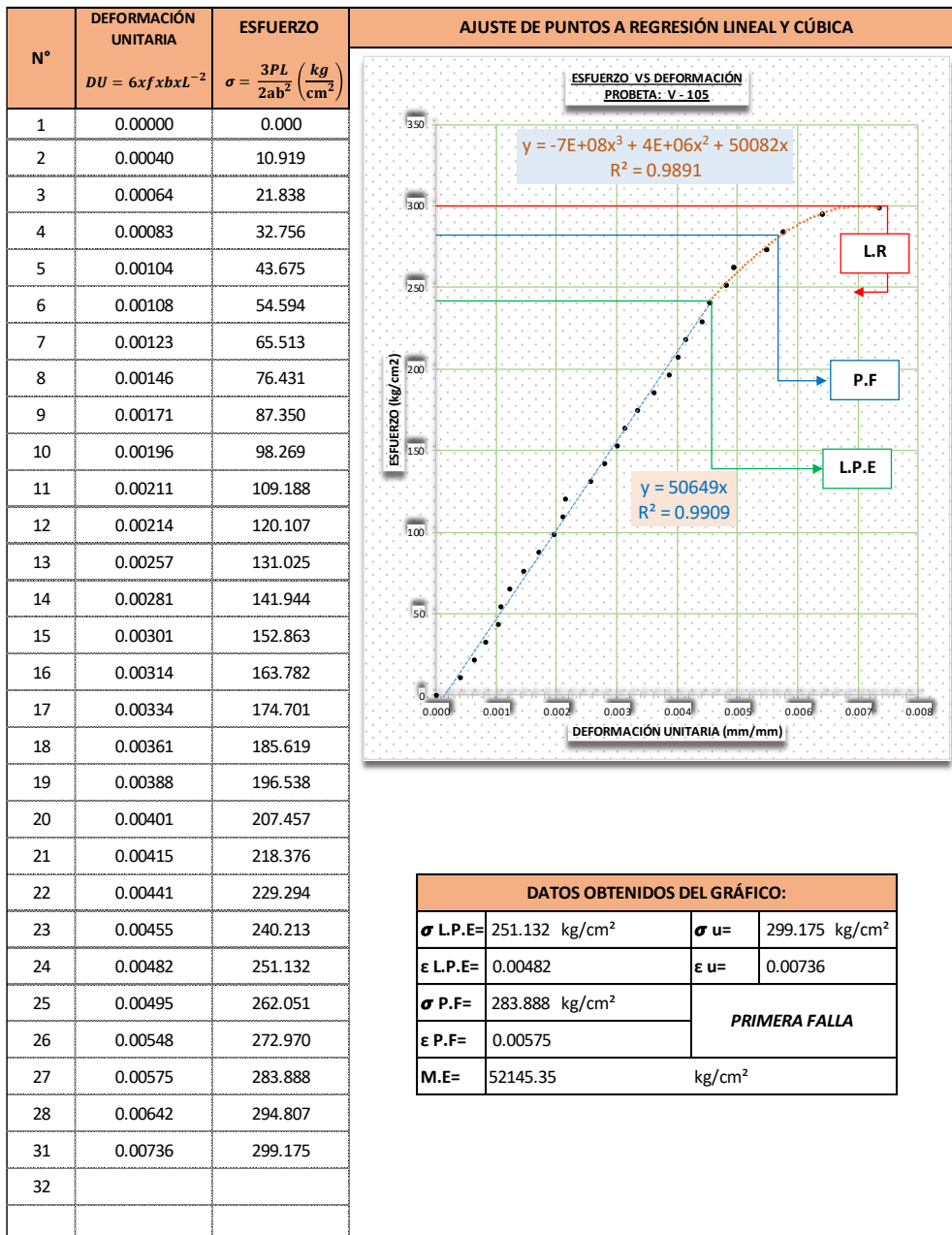


FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A

Según anexo informativo de la norma NTP 251 017

TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



TIPO DE ENSAYO:

FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:

Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA

V - 106

Laboratorio:

Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:

23.60 Min

DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS

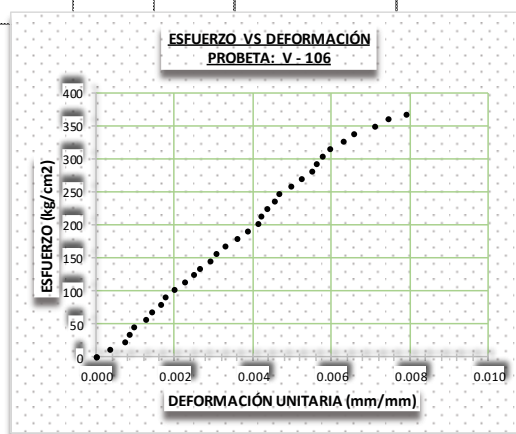
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a" Promedio cm	2ab ² cm ³
9.940	9.940	9.960	9.947 cm	8037.106 cm ³
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b" Promedio cm	
20.100	20.150	20.050	20.100 cm	
"c1" cm	"c2" cm	"c3" cm	"c" Promedio cm	LONGITUD APOYO (cm)
5.140	5.165	5.150	5.152 cm	300.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

Peso Verde (gr.)	442.360	6.670 %	Volumen (cm ³)	1029.962	0.403 gr/cm ³
Peso Anhidro (gr.)	414.700		Peso Anhidro (gr.)	414.700	

N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	N°	CARGA (Kg)	FLECHA (f) (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$
1	0	0.00	0.000	0.00000	24	2300	37.00	257.555	0.00496
2	100	2.60	11.198	0.00035	25	2400	39.00	268.753	0.00523
3	200	5.40	22.396	0.00072	26	2500	41.00	279.952	0.00549
4	300	6.50	33.594	0.00087	27	2600	42.00	291.150	0.00563
5	400	7.20	44.792	0.00096	28	2700	43.00	302.348	0.00576
6	500	9.40	55.990	0.00126	29	2800	44.50	313.546	0.00596
7	600	10.60	67.188	0.00142	30	2900	47.00	324.744	0.00630
8	700	12.40	78.386	0.00166	31	3000	49.00	335.942	0.00657
9	800	13.20	89.584	0.00177	32	3100	53.00	347.140	0.00710
10	900	14.80	100.783	0.00198	33	3200	55.50	358.338	0.00744
11	1000	16.80	111.981	0.00225	34	3270	59.00	366.177	0.00791
12	1100	18.70	123.179	0.00251					
13	1200	19.80	134.377	0.00265					
14	1300	21.80	145.575	0.00292					
15	1400	23.00	156.773	0.00308					
16	1500	24.50	167.971	0.00328					
17	1600	27.00	179.169	0.00362					
18	1700	29.00	190.367	0.00389					
19	1800	31.00	201.565	0.00415					
20	1900	31.50	212.763	0.00422					
21	2000	32.50	223.961	0.00436					
22	2100	34.00	235.159	0.00456					
23	2200	35.00	246.357	0.00469					



TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

Operador:
Bach. Ing. JORGE RONALD BUENO VALERA

CÓDIGO DE PROBETA
V - 106

Laboratorio:
Universidad Nacional de Cajamarca

TIEMPO DE ENSAYO:
23.60 Min

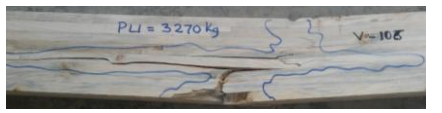
N°	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	AJUSTE DE PUNTOS A REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	
2	0.00035	11.198	
3	0.00072	22.396	
4	0.00087	33.594	
5	0.00096	44.792	
6	0.00126	55.990	
7	0.00142	67.188	
8	0.00166	78.386	
9	0.00177	89.584	
10	0.00198	100.783	
11	0.00225	111.981	
12	0.00251	123.179	
13	0.00265	134.377	
14	0.00292	145.575	
15	0.00308	156.773	
16	0.00328	167.971	
17	0.00362	179.169	
18	0.00389	190.367	
19	0.00415	201.565	
20	0.00422	212.763	
21	0.00436	223.961	
22	0.00456	235.159	
23	0.00469	246.357	
24	0.00496	257.555	
25	0.00523	268.753	
26	0.00549	279.952	
27	0.00563	291.150	
28	0.00576	302.348	
31	0.00596	313.546	
32	0.00630	324.744	
33	0.00657	335.942	
34	0.00710	347.140	
35	0.00744	358.338	
36	0.00791	366.177	

DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO:			
σ L.P.E=	302.348 kg/cm ²	σ u=	366.177 kg/cm ²
ϵ L.P.E=	0.00576	ϵ u=	0.00791
σ P.F=	358.338 kg/cm ²	PRIMERA FALLA	
ϵ P.F=	0.00744		
M.E=	52472.69	kg/cm ²	

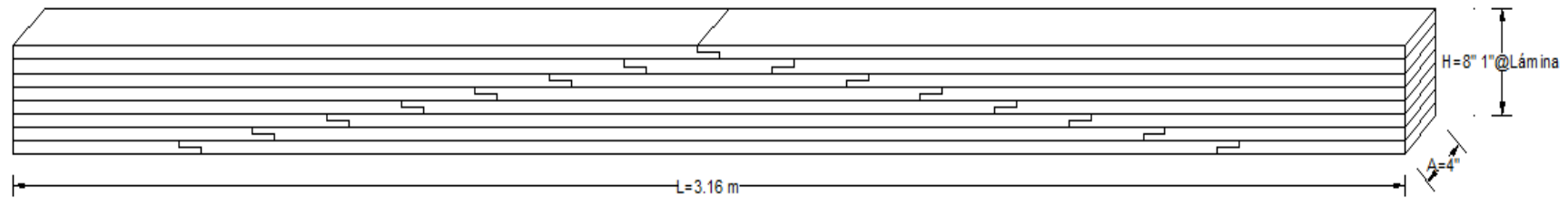
FOTO: PROBETA ENSAYADA



TIPO DE FALLA: A
Según anexo informativo de la norma NTP 251 017
TENSIÓN SIMPLE (Vista Lateral)



ANEXO 14 DISTRIBUCIÓN DE LÁMINAS Y UNIONES EN LAS VIGAS LAMINADAS



LONGITUD MÁXIMA = 3.16 m

LONGITUD ENTRE APOYOS = 3.00 m

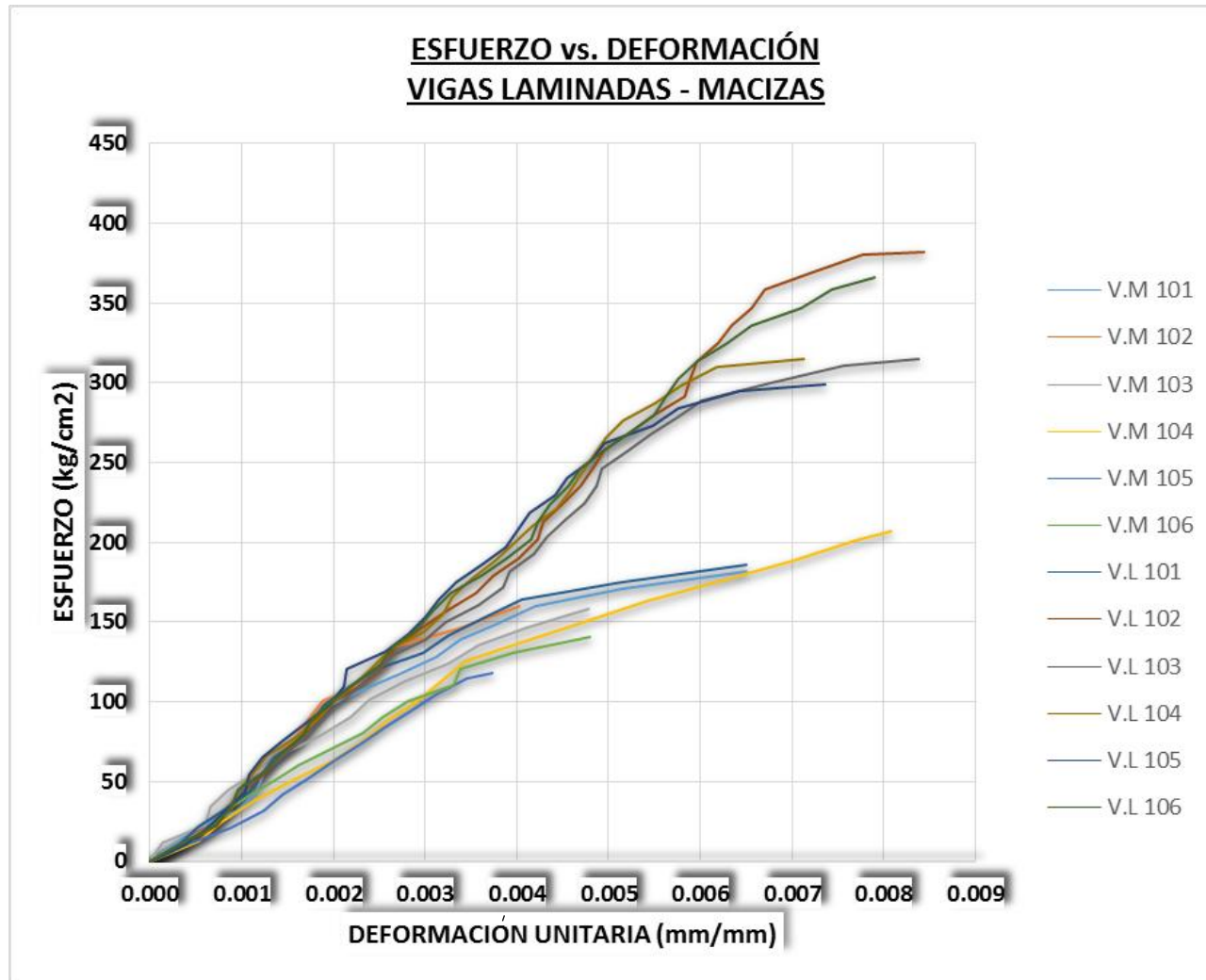
LONGITUD DE LAMINA MAYOR = 2.40 m

LONGITUD DE LAMINA MENOR = 40.00 cm

ANCHO DE VIGA = 4 PULGADAS

ALTO DE VIGA = 8 PULGADAS

ANEXO 15 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS VIGAS MACIZAS Y VIGAS LAMINADAS



CAPÍTULO VIII. FOTOS



Foto 01: Elección del árbol por sub zona, Porcón Alto.



Foto 02: Habilitación primaria, en el aserradero del dueño del bosque Sr. Martin Chilón Infante.

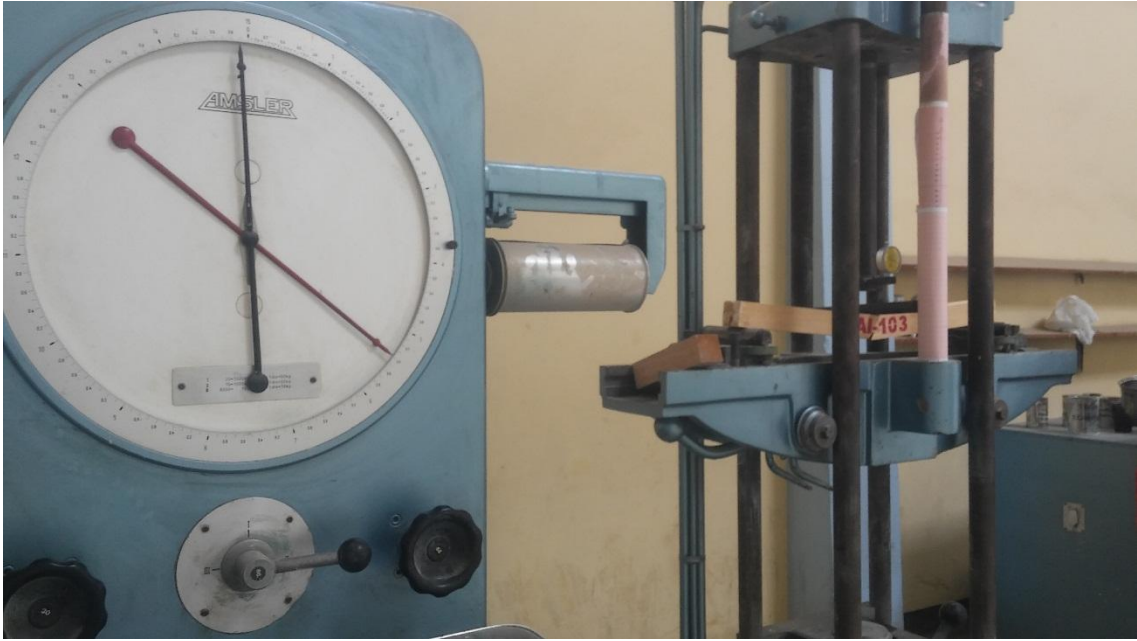


Foto 03: Ensayo a flexión de las diferentes muestras estándar.



Foto 04: Corte para ensayo de contenido de humedad en la resistencia a flexión de las diferentes muestras estándar.



Foto 05: Probetas para el ensayo del contenido de humedad para la Norma Técnica Peruana 251.017.



Foto 06: Probetas para el ensayo de la densidad básica.



Foto 07: Probetas para ensayo, resistencia de cizallamiento paralelo al grano.



Foto 08: Probetas ensayadas, resistencia a flexión de uniones en el punto crítico, tipo de unión A, B.



Foto 09: cuantificación y dibujo de la forma de nudos, para la clasificación visual.



Foto 10: Ensayo de vigas macizas con presencia del asesor de la tesis



Foto 11: Eliminación de los nudos de la lámina.



Foto 12: Corte de la lámina para la unión elegida.



Foto 13: Prensado en unión de lámina, adhesivo utilizado tekno cola ultra.



Foto 14: Cepillado de la lámina.



Foto 15: Cepillado de la lámina, parte lateral.



Foto 16: Colocación de cola a la lámina.



Foto 17: Prensado de las láminas encoladas.



Foto 18: Ensayo en laboratorio de materiales de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca.



Foto 19: Inconveniente en el desarrollo de la tesis.