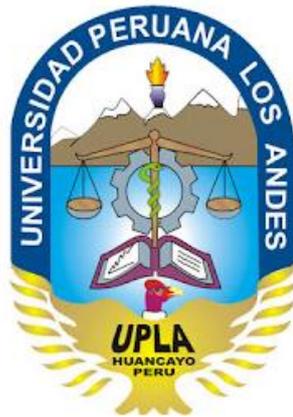


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN
BAMBU DE UNA EDIFICACION DE LA MUNICIPALIDAD
PROVINCIAL DE SATIPO-2018.**

Línea de Investigación de la Universidad: Nuevas Tecnologías y Procesos

Línea de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

Gestión de Tecnologías en Proceso Constructivo.

PRESENTADO POR:

Bach. SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2019

ASESOR

PhD. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE

ING. VIDAL VICTOR CALSINA COLQUI
JURADO

ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA:

Este trabajo de investigación lo dedico a dios y a mis padres por su apoyo incondicional en todo el transcurso del proceso de investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN	XVI
SUMMARY	XVII
INTRODUCCION	XVIII
CAPITULO I	20
PROBLEMA DE INVESTIGACION	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2. FORMULACION Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA	21
1.2.1. Problema General.....	21
1.2.2. Problemas Específicos.....	21
1.3. JUSTIFICACION.....	22
1.3.1. Practica o social.....	22
1.3.2. Metodológica:.....	22
1.4. DELIMITACIONES	23
1.4.1. Delimitación espacial	23
1.4.2. Delimitación Temporal	23
1.4.3. Delimitación económica	23
1.5. LIMITACIONES	23
1.5.1. Limitaciones Económicas.....	23
1.5.2. Limitación Tecnológica.....	24
1.6. OBJETIVOS	24
1.6.1. Generales	24
1.6.2. Específicos.....	24
CAPITULO II	25
MARCO TEORICO.....	25
2.1. ANTECEDENTES.....	25

2.1.1. Antecedentes nacionales:	25
2.1.2. Antecedentes internacionales:	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	30
2.2.1. Bambú.....	30
2.2.2. Morfología del bambú	34
2.2.3. Cosecha del bambú	36
2.2.4. Características técnicas para el bambú estructural	37
2.2.5. Propiedades físicas y mecánicas.....	38
2.2.5.1. Propiedades físicas	38
2.2.5.2. Propiedades mecánicas	39
2.2.6. Análisis y diseño estructural.....	47
2.2.6.1. Sismo resistencia	47
2.2.6.2. Parámetros de sitio	47
2.2.6.3. Condiciones locales.....	50
2.2.6.4. Factor de amplificación sísmica	51
2.2.6.5. Interpretación de los factores z,s y c	52
2.2.6.6. Categorías de las edificaciones.....	53
2.2.6.7. Configuración estructural.....	54
2.2.6.8. Irregularidad en altura	55
2.2.6.9. Irregularidad en planta.....	59
2.2.7. Cargas	61
2.2.7.1. Cargas estáticas.....	61
2.2.7.2. Cargas dinámicas.....	61
2.2.8. Clasificación de edificaciones.	63
2.2.9. Velocidad de diseño.....	63
2.2.10. Carga exterior de viento	65
2.2.11. Carga interior de viento	66

2.2.12. Cargas de lluvia:	66
2.2.13. Combinación de cargas	66
2.2.14. Método de análisis	68
2.2.15. Esfuerzos admisibles	68
2.2.16. Modificación de los esfuerzos admisibles	70
2.2.17. Módulo de elasticidad	71
2.2.18. Perforaciones	71
2.2.19. Área neta.	72
2.2.20. Diseño de elementos por flexión	72
2.2.20.1. Deflexiones	72
2.2.20.2. Cargas para cálculo de sección y deflexión.	73
2.2.20.3. Flexión	74
2.2.20.4. Estabilidad lateral y coeficiente de modificación (CL)	74
2.2.20.5. Esfuerzo a flexión	76
2.2.20.6. Esfuerzo a fuerza cortante	78
2.2.20.7. Esfuerzo cortante paralelo a la fibra.	79
2.2.20.8. Distribución de conectores en vigas de sección compuesta	80
2.2.20.9. APLASTAMIENTO	81
2.2.21. Diseño de elementos solicitados tensión axial	81
2.2.22. Elementos solicitados a compresión axial.	82
2.2.22.1. Esfuerzos máximos	85
2.2.23. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial	87
2.2.23.1. Cargas admisibles en elementos sometidos a compresión.	88
2.2.23.2. Diseño de elementos sometidos a flexo compresión	89
2.2.24. Diseño de uniones	90
2.2.24.1. Tipos de corte	90
2.2.24.2. Uniones empernadas	92

2.2.25. Diseño de cimentaciones.....	97
2.3. DEFINICION DE TERMINOS	100
2.4. HIPOTESIS.....	101
2.4.1. Hipótesis general	101
2.4.2. Hipótesis específicos	101
2.5. VARIABLES	102
2.5.1. Definición conceptual de variables.....	102
2.5.2. Definición operacional de variables	102
2.5.3. Operacionalizacion de variables	103
CAPÍTULO III	104
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	104
3.1. METODO DE INVESTIGACION	104
3.2. TIPO DE INVESTIGACION	104
3.3. NIVEL DE INVESTIGACION	104
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION	104
3.5. POBLACION Y MUESTRA	105
3.5.1. POBLACION	105
3.5.2. MUESTRA	105
3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS .	106
3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	106
3.8. TECNICA Y ANALISIS DE DATOS.....	106
CAPITULO IV.....	108
PRESENTACION DE RESULTADOS.....	108
4.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ELEMENTOS	108
4.1.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	108

4.1.2. Ensayos para determinar los esfuerzos admisibles	110
4.1.3. Esfuerzos admisibles para las diferentes solicitaciones	113
4.1.4. Resumen de esfuerzos admisibles	118
4.1.5. Metrado de cargas	124
4.1.6. Determinación de la carga de lluvia	125
4.1.7. Determinación de la carga de viento.....	126
4.1.8. Determinación del espectro de aceleraciones	129
4.1.9. Análisis estructural.....	132
4.1.9.1. Descripción del modelo	132
4.1.9.2. Definición de las propiedades del material	132
4.1.9.3. Definición de secciones.....	133
4.1.9.4. Definición de cargas (load patterns).....	134
4.1.9.5. Asignación de cargas	136
4.1.9.6. Combinación de cargas.....	138
4.1.9.7. Liberación de nudos	139
4.1.9.8. Asignación de restricciones.....	140
4.1.9.9. Análisis del modelo	140
4.1.10. Análisis de resultados.....	141
4.1.10.1.derivas.....	141
4.2. Diseño de elementos a compresión	144
4.3. Diseño de elementos a tracción	154
4.4. Diseño de elementos a flexión.....	159
4.5. Diseño de uniones	181
4.6. Diseño de cimentaciones	183
4.6.1. Diseño de pedestales	183
4.6.2. Diseño de zapatas	187

CAPITULO V	190
DISCUSION DE RESULTADOS	190
5.1. RESULTADOS DEL ANALISIS	190
5.2. RESULTADOS DEL MÉTODO DE ESFUERZOS ADMISIBLES....	190
5.3. Los esfuerzos máximos influyentes.....	192
5.4. Influencia de las cargas estructurales en los elementos	192
5.5. Las propiedades mecánicas más significativas	193
CONCLUSIONES.....	194
RECOMENDACIONES	195
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	196
ANEXOS	198

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1, Porcentaje de contenido de humedad.....	38
TABLA N° 2, Densidad básica.....	39
TABLA N° 3, Composición interna del bambú.....	39
TABLA N° 4, Resumen valores típicos para los distintos tipos de suelos	51
TABLA N° 5, parámetros de sitio (S, Tp y TI).....	51
TABLA N° 6, Categoría de las edificaciones y factor "U"	54
TABLA N° 7, Deriva máx. de entrepiso	59
TABLA N° 8, Cargas mínimas repartidas para uso oficinas	61
Tabla N° 9, Tipos de edificaciones debido al viento	63
TABLA N° 10, Factor de forma (C).....	65
TABLA N° 11, Factor de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre	66
TABLA N° 12, Factores de reducción.....	69
TABLA N° 13, Obtención de esfuerzos adm. flexión	69
TABLA N° 14, Esfuerzos admisibles	70
TABLA N° 15, Módulo de elasticidad (MOE).....	71
TABLA N° 16, Formula para el cálculo de deflexiones.....	73
TABLA N° 17, Combinación de carga	74
TABLA N° 18, Coeficiente CL para diferentes relaciones d/b	75
TABLA N° 19, Coeficiente de longitud efectiva	82
TABLA N° 20, Clasificación de columnas por esbeltez	84
TABLA N° 21, Dimensiones mínimas para uniones de arandelas	92
TABLA N° 22, Cargas admisibles para uniones empernadas con doble cizallamiento.....	93
TABLA N° 23, Coeficiente de reducción por Cg.....	95
TABLA N° 24, Operacionalización de variables	103
TABLA N° 25, Esfuerzo admisibles a compresión "dendrocalamus asper" húmedo	113
TABLA N° 26, Esfuerzos admisibles a compresión "dendrocalamus asper" relativamente seco	114
TABLA N° 27, Esfuerzos admisibles a compresión "guadua angustifolia" húmedo	114

TABLA N° 28, Esfuerzas admisibles a compresión "guadua angustifolia" relativamente seco	114
TABLA N° 29, Esfuerzas admisibles a corte "dendrocalamus asper" húmedo...	115
TABLA N° 30, Esfuerzos admisibles a corte "dendrocalamus asper" relativamente seco.....	115
TABLA N° 31, Esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia" húmedo	115
TABLA N° 32, Esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia" relativamente seco.....	116
TABLA N° 33, Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" húmedo	116
TABLA N° 34, Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" relativamente seco	116
TABLA N° 35, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia" húmedo .	117
TABLA N° 36, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia" relativamente seco.....	117
TABLA N° 37, Esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia" relativamente seco.....	117
TABLA N° 38,Resumen esfuerzos admisibles a compresión “dendrocalamus asper”	118
TABLA N° 39, resumen esfuerzos admisibles a corte “dendrocalamus asper” ..	119
TABLA N° 40, Resumen esfuerzos admisibles a traccion “dendrocalamus asper”	120
TABLA N° 41, Resumen esfuerzos admisibles a compresión “guadua angustifolia”.....	121
TABLA N° 42, Resumen esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia"	122
TABLA N° 43, Resumen esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia"	123
TABLA N° 44, Resumen esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia" ..	124
TABLA N° 45, Precipitaciones.....	125
TABLA N° 46, Factores de forma para las coberturas	126
TABLA N° 47, Derivas por sismo modulo I.....	142
TABLA N° 48, Derivas por sismo módulo II.....	142
TABLA N° 49, Derivas de piso por viento modulo I.....	143
TABLA N° 50, Derivas de piso por viento módulo II	143

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1, Tallo o culmo de bambú.....	31
FIGURA N° 2, Distribución de especies nativas y exóticas.....	32
FIGURA N° 3, Guadua angustifolia	33
FIGURA N° 4, Dendrocalamus asper.....	34
FIGURA N° 5, Risomas paquimorfos y leptomorfos.....	35
FIGURA N° 6, Tallo o culmo	35
FIGURA N° 7, Yema	36
FIGURA N° 8, Hojas de bambú.....	36
FIGURA N° 9, Usos del bambú según su edad.....	37
FIGURA N° 10, Ensayo de la muestra a comprensión paralela	40
FIGURA N° 11, Resistencia a la compresión paralela	41
FIGURA N° 12, Ensayo a tracción	42
FIGURA N° 13, Tracción paralela	43
FIGURA N° 14, Ensayo de esfuerzo cortante paralelo.....	43
FIGURA N° 15, Esfuerzo al corte	44
FIGURA N° 16, Esfuerzo a flexión	45
FIGURA N° 17, Esfuerzo admisible a flexión	46
FIGURA N° 18, Compresión perpendicular.....	47
FIGURA N° 19, Aceleración en la roca para 50 años de exposición y 10 % de excedencia	48
FIGURA N° 20, Zonificación sísmica del Perú	49
FIGURA N° 21, Factor de amplificación de aceleraciones "C"	52
FIGURA N° 22, Interpretación de los factores Z, S y C.....	53
FIGURA N° 23, Irregularidad piso blando	56
FIGURA N° 24, Irregularidad piso débil.....	56
FIGURA N° 25, Estimación del peso sísmico.....	57
FIGURA N° 26, Irregularidad geométrica	58
FIGURA N° 27, Discontinuidad en los sistemas resistentes	58
FIGURA N° 28, Esquina entrante.....	60
FIGURA N° 29, Discontinuidad de diafragma	60
FIGURA N° 30, Mapa eólico del Perú	64
FIGURA N° 31, Deflexiones máximas admisibles	73

FIGURA N° 32, Sección compuesta.....	75
FIGURA N° 33, Modulo de sección para vigas compuestas	77
FIGURA N° 34, Inercia de sección para vigas compuestas	78
FIGURA N° 35, Detalle de conectores de sección compuesta.....	80
FIGURA N° 36, Corte recto sin oreja y con orejas	91
FIGURA N° 37, Corte boca de pescado.....	91
FIGURA N° 38, Corte pico de flauta.....	91
FIGURA N° 39, Fuerzas paralelas a la fibra.....	94
FIGURA N° 40, Carga Q	94
FIGURA N° 41, Carga T.....	94
FIGURA N° 42, Unión colineal	96
FIGURA N° 43, Unión perpendicular.....	96
FIGURA N° 44, Uniones diagonales	96
FIGURA N° 45, Detalle de apoyo de columna de bambú.....	97
FIGURA N° 46, Anclaje mediante varilla de acero	98
FIGURA N° 47, Anclaje mediante platinas	100
FIGURA N° 48, Maquina a compresión “servosis testing machines” Mod: MES- 150	109
FIGURA N° 49, Maquina a tracción, "servosis testing machines" Mod:ME 403/30	109
FIGURA N° 50, Probetas de bambú.....	110
FIGURA N° 51, Ensayo compresión	110
FIGURA N° 52, Ensayo a corte del bambú	111
FIGURA N° 53, Ensayo a flexión.....	111
FIGURA N° 54, Ensayo a tracción	112
FIGURA N° 55, Secado y pesado de las muestras	113
FIGURA N° 56, Esfuerzos admisibles a compresión “dendrocalamus asper”	118
FIGURA N° 57, Esfuerzos admisibles a corte “dendrocalamus asper”	119
FIGURA N° 58, Esfuerzos admisibles a tracción “dendrocalamus asper”	120
FIGURA N° 59, Esfuerzos admisibles a compresión “guadua angustifolia”	121
FIGURA N° 60, Esfuerzos admisibles a corte “guadua angustifolia”	122
FIGURA N° 61, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia"	123
FIGURA N° 62, Esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia"	124

FIGURA N° 63, Precipitaciones promedio.....	125
FIGURA N° 64, Descripción de la estructura	132
FIGURA N° 65, Creación del material a usar en el modelo.....	133
FIGURA N° 66, Creación de sección de bambú.....	134
FIGURA N° 67, Definición de cargas	134
FIGURA N° 68, Definición del espectro sísmico.....	135
FIGURA N° 69, Definición de combinaciones de carga	135
FIGURA N° 70, Asignación de patrón de carga	136
FIGURA N° 71, Asignación barlovento y sotavento	136
FIGURA N° 72, Asignación cargas de viento sobre muros	137
FIGURA N° 73, Asignación carga muerta sobre cielo raso	137
FIGURA N° 74, Espectro de respuesta	138
FIGURA N° 75, Combinaciones de carga por sismo y viento	139
FIGURA N° 76, Liberación de nudos.....	139
FIGURA N° 77, Restricciones	140
FIGURA N° 78, Casos a corregir antes de correr el modelo	141
FIGURA N° 79, Modelo 3D	144
FIGURA N° 80, Esfuerzo axial y momento de la columna principal	144
FIGURA N° 81, Esfuerzo axial a compresión y momento de la columna intermedia	148
FIGURA N° 82, Esfuerzo axial a compresión diagonal	151
FIGURA N° 83, Esfuerzos a tracción de la diagonal	154
FIGURA N° 84, Esfuerzos a tracción tijeral módulo 1	156
FIGURA N° 85, Esfuerzos a tracción diagonal lateral módulo 1.....	157
FIGURA N° 86, Esfuerzos a flexión módulo 2	159
FIGURA N° 87, Esfuerzos a flexión viga principal módulo 2	163
FIGURA N° 88, Esfuerzos a flexión viga intermedia	168
FIGURA N° 89, Momento flector de correa	172
FIGURA N° 90, Momento flector vigueta inclinada.....	177
FIGURA N° 91, Esfuerzos a tracción significativa	181
FIGURA N° 92, Unión con pernos de 3/8".....	182
FIGURA N° 93, Esfuerzos para el diseño de pedestal	183
FIGURA N° 94, Momentos flectores en la zapata	187

RESUMEN

La presente tesis formulo como problema general ¿Cuáles serían los resultados del análisis y diseño estructural de los elementos de bambú en el comportamiento sismo resistente de una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo?; el objetivo general fue: Determinar los resultados del análisis y diseño estructural de los elementos de bambú en el comportamiento sismo resistente de una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo. y la hipótesis general que se verifico es Los resultados del análisis y diseño estructural serán estructuras livianas con desplazamientos inelásticos significativos ante los eventos sísmicos.

El método de la investigación fue científico, tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo de diseño cuasi-experimental. la población estuvo conformada por las edificaciones de la municipalidad provincial de satipo y la muestra está constituida por la oficina de la Gerencia del Ambiente de la Municipalidad de Satipo - Junín.

La conclusión fundamental de este trabajo de investigación fueron los resultados de del análisis y diseño en bambú son óptimos desde el punto de vista del comportamiento sismo resistente ya que genera desplazamientos inelásticos por debajo del 1% según el RNE (E-100), obteniéndose edificaciones livianas.

Palabras Clave: Análisis y diseño, elementos de bambú, comportamiento sismo resistente.

SUMMARY

This thesis I formulate as a general problem What would be the results of the analysis and structural design of the bamboo elements in the resistant earthquake behavior of a building of the Provincial Municipality of Satipo?; The general objective was to determine the results of the analysis and structural design of the elements of bamboo in the resistant earthquake behavior of a building of the Provincial Municipality of Satipo. and the general hypothesis that is verified is The results of the analysis and structural design will be light structures with significant inelastic displacements before the seismic events.

The research method was scientific, type of research was applied, of explanatory level of quasi-experimental design. the population was conformed by the buildings of the provincial municipality of satipo and the sample is constituted by the office of the Management of the Environment of the Municipality of Satipo - Junín.

The fundamental conclusion of this research work was the results of the analysis and design in bamboo are optimal from the point of view of the resistant earthquake behavior since it generates inelastic displacements below 1% according to the RNE (E-100), obtaining buildings light.

Keywords: analysis and design, bamboo elements, resistant earthquake behavior

INTRODUCCION

La *Guadua angustifolia* es una de las más de mil doscientas especies de bambú que han sido identificadas en el mundo es una especie de bambú nativa de los países andino amazónicos, es un bambú leñoso que crece en regiones tropicales y sus tallos pueden alcanzar una altura aproximada de 30m. El bambú pertenece a la subfamilia de las gramíneas denominada bambusoideae, y a diferencia de las maderas, éstas presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas y económicas.

En la selva central y otras zonas con climas favorables para su desarrollo se incentiva la plantación de la guadua, así como sus otras variedades, por su utilidad tanto en la recuperación de suelos como en el manejo de los recursos hídricos, por su alto índice de adaptabilidad y desarrollo.

Los bambúes han probado ser útiles para el hombre en los diferentes ámbitos socioeconómicos por sus características y propiedades mecánicas, principalmente flexibilidad y resistencia en flexión, es muy utilizado en la elaboración de muebles, instrumentos musicales, herramientas, utensilios para pesca y recolección de frutas, así como por su resistencia y el diámetro de los culmos o cañas que se emplea en la construcción de viviendas y de embarcaciones y por sus propiedades químicas que son útiles para elaborar productos alimenticios y medicamentos, también para fabricar papel y otros productos industriales, y recientemente hasta para generar electricidad.

Para este contexto, con el presente trabajo se busca plantear el análisis y diseño estructural de las oficinas de la gerencia del ambiente utilizando fundamentalmente el bambú como elemento resistente teniendo en consideración las cargas dinámicas como el viento, lluvia, sísmicas y las cargas estáticas basados en la normativa vigente (E-100- BAMBU), planteando así el diseño por el método de esfuerzos de trabajo que consiste en diseñar una estructura para trabajar a algún porcentaje apropiado establecido de su capacidad total y comparar por el diseño por el método de la resistencia que consiste en diseñar una estructura para fallar, pero para una condición de carga más allá entre una escala del 1 al 10 de 10 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, sin embargo es verdaderamente apropiado pero como una condición de trabajo tiene mucho de especulación teórica, De cualquier modo, en la actualidad se prefiere el método de la resistencia en el trabajo profesional de diseño que se creó en particular para el diseño de estructuras de concreto reforzado, pero ahora se está aplicándose en todas las áreas del diseño estructural.

En el método de esfuerzos admisibles, el siguiente paso es representar las respuestas de servicio de la estructura en términos de las condiciones del esfuerzo interno generado, entonces si es posible establecer límites de seguridad para estos esfuerzos (los esfuerzos admisibles), pudiendo estar ligado la estructura de manera directa con la condición de servicio prevista.

se plantea el uso de la caña de guadua ya que sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, como la relación peso – resistencia (similar o superior al de algunas maderas), siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología, considerando que la capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que esta especie de bambú sea un material ideal para construcciones sismo resistente en edificaciones, por lo que se presenta esta investigación donde se realizara el análisis y diseño de las oficinas de la gerencia del ambiente, incentivando así el cultivo a gran escala reduciendo así la tala indiscriminada de la madera y haciéndolo sustentable y rentable para los agricultores.

El proyecto viene a llenar el vacío en el medio nacional en cuanto a sistemas poco tradicionales y aporta para que se incentive el uso de los mismos mediante una propuesta del análisis y diseño de las oficinas de la gerencia del ambiente con vigas y columnas con cañas del mismo material.

El análisis y diseño consiste en una estructura de uso oficinas con un área superior a los 51.84 m² de construcción, mediante vigas y columnas con la especie de bambú Guadua Angustifolia. Se analiza y se brindan sugerencias constructivas para el buen uso del material.

Bach. Erlo Lisandro Sapaico Ramos

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día el problema fundamental es el costo beneficio en el diseño y construcción de estructuras importantes como son coliseos, viviendas y demás en función al uso, ya que en su mayoría son planteadas y construidas en base acero y concreto haciéndolas por la misma condición del material estructuras pesadas, originando que los desplazamientos laterales sean mayores convirtiéndose así en estructuras vulnerables ante eventos extraordinarios, exigiendo cimentaciones más profundas por ende estructuras costosas, influyendo así significativamente en la degradación del medio ambiente.

La inversión hoy en día en oficios que les generen réditos significativos alternativos y por la ubicación de la zona es que la población ve al cultivo de plantaciones de bambú como una alternativa favorable a un desarrollo económico sostenible, para ello exige que se plantee y proponga la utilización de la misma en edificaciones de gran importancia y seguras, muchas veces realizan construcciones de manera informal por el costo significativo que resulta, por lo que se propone una alternativa en la utilización del bambú como elemento estructural en la construcción de las oficinas de la gerencia del ambiente.

Actualmente se cuenta con una normativa vigente en bambú (E100) que nos da las pautas y parámetros para su correcta utilización planteando estructuras más resistentes ante eventos sísmicos.

Una debilidad que pretende llenar este trabajo es dotar de un diseño correcto y plantear formas de control de la calidad al momento de construir por medio de planos ya que actualmente las construcciones a base de bambú se realizan basados en experiencias, muchas veces sobredimensionadas o lo contrario, para ello tomando investigaciones anteriores, con el fin de acceder a las herramientas para elegir la mejor opción para ser aplicada ante la geografía de nuestro valle se propone el análisis y diseño de un invernadero teniendo como objetivo principal el analizar cuán viable es la aplicación del bambú como elemento estructural y que este documento sirva de guía para construir y demostrar la viabilidad del uso del bambú, mediante un ejemplo académico y sencillo.

1.2. FORMULACION Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Cuáles serían los resultados del análisis y diseño estructural de los elementos de bambú en el comportamiento sismo resistente de una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los resultados de aplicar el método de esfuerzos admisibles en la edificación con elementos de bambú?
- b) ¿Cuáles serían los esfuerzos máximos influyentes en la edificación con elementos de bambú?
- c) ¿Cómo influyen las cargas estructurales en los elementos de bambú para una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo?

- d) ¿Cuáles serían las propiedades mecánicas más significativas en los elementos de bambú?

1.3. JUSTIFICACION

1.3.1. Practica o social

La importancia de la investigación en el ser humano está presente desde sus inicios, ya el hombre por naturaleza es curioso por comprender de todo lo que lo rodea.

La presente investigación explora la facilidad de aportar a la resolución de problemas que se dan con frecuencia en nuestra sociedad, ya que día a día se realizan nuevas construcciones que exigen un buen calculo y diseño, planteando el uso de materiales alternativos que me cumplan con los requisitos de resistencia y mejor comportamiento, eligiéndose al bambú como elemento estructural por ser liviano y resistente ante eventos externos por ser muy flexible y resistente.

Actualmente contamos con un crecimiento demográfico haciendo que las familias migren a las ciudades optando al momento de construir el uso de la madera por ser de fácil obtención , deforestando así las áreas vulnerables ocasionando que se produzcan los deslizamientos generando un problema , los lugares aptos para las construcciones ya son pocos optando así hacer en las zonas de difícil acceso por su geografía originando así estructuras de muchas veces de manera informal, por lo que se propone el uso de un material liviano y de resistencia optima como el bambú que se utilizara en el análisis y diseño de las oficinas de la gerencia del ambiente.

1.3.2. Metodológica:

Para la presente investigación se planteó una variación de procedimientos de cálculos para un diseño abordando desde varios puntos de vista, serán analizados en todo momento por el método científico para lo cual se planteó una investigación aplicada que busca el conocer para hacer, para construir y modificar ya que toda

investigación está sujeta al planteamiento de un problema y su posible solución de una manera más óptima posible.

La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

1.4. DELIMITACIONES

1.4.1. Delimitación espacial

Distrito: Satipo

Provincia: Satipo

Departamento: Junín



1.4.2. Delimitación Temporal

La investigación se desarrolló en el periodo 2017-2018

1.4.3. Delimitación económica

Para la presente investigación todos los gastos estuvieron a cargo del tesista Bach. Sapaico ramos erlo Lisandro gastando la suma de S/. 2160.00 nuevos soles fuera de los tramites documentarios.

1.5. LIMITACIONES

1.5.1. Limitaciones Económicas

En el presente trabajo a desarrollar se presentó varias limitaciones tales como la económica por lo que se hizo pruebas solo las necesarias que se

utilizarían para esta investigación recurriendo así al uso de las normativas nacionales e internacionales.

1.5.2. Limitación Tecnológica

La limitación que se encontró es la poca difusión de información como para el diseño de estructuras que utilicen el bambú como elemento resistente en la zona ya que solo las construcciones solo se vieron a nivel de arquitectura. Otra de las limitaciones que se encontró es la poca información en estudios relacionados en bambú y escaso sustento técnico en la normativa vigente (E100), por lo que se tuvo que recurrir a normativas internacionales.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Generales

- Determinar los resultados del análisis y diseño estructural de los elementos de bambú en el comportamiento sismo resistente de una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo.

1.6.2. Específicos

- a) Determinar los resultados de aplicar el método de esfuerzos admisibles en la edificación con elementos en bambú.
- b) Calcular los esfuerzos máximos influyentes en la edificación con elementos en bambú.
- c) Analizar cómo influyen las cargas estructurales en los elementos en bambú para una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo.
- d) Identificar cuáles serían las propiedades mecánicas más significativas en los elementos en bambú para una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes nacionales:

- **Ing. Sergio Claver Gutiérrez Aliaga (2010)**, “*Uniones Estructurales Con Bambú (guadua angustifolia)*”, (Trabajo de investigación), Facultad de ingeniería civil, Universidad Nacional de ingeniería, Lima, Perú. Concluyo que la resistencia a la tracción de las probetas de bambú, tal como en anteriores investigaciones fue mucho mayor que la resistencia a compresión, llegando a ser más del doble, en nuestro caso un promedio de 10.6 Mpa para tracción vs 44.3 Mpa para compresión, así como la resistencia al corte teniendo en cuenta las recomendaciones proporcionadas por la norma iso 22157-1:2004 para la determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú también resulto similar a las investigaciones realizadas en otros países, llegando a un promedio de 6.41 Mpa.

En uniones coloniales la alternativa que tuvo una mayor resistencia en esta investigación fue la que utilizo interiormente madera tornillo de 2.5” de diámetro y pernos transversales de ½ pulgada alcanzando una resistencia promedio de 1427.5 kgf, así como para uniones

perpendiculares que uso mortero con barras de acero longitudinales en forma de bastones y pernos de ½” transversales la carga promedio alcanzada fue de 2094 kgf, todo esto influenciado por porcentaje de humedad y la edad del bambú utilizado.

Ing. Paul Adolfo Días Valcárcel (2016), “*Análisis Comparativo: Uso De Bambú Vs. Perfiles De Acero Para Coberturas Liviana*” (Tesis de grado), universidad nacional de san Agustín, facultad de ingeniería civil – Arequipa. Concluyo que el bambú permite en todos los casos aligerar el peso de la estructura a construir por ser un material liviano de sección hueca. Esto favorece a los cálculos antisísmicos y Sus fibras, en especial las externas, lo hacen muy resistente a las fuerzas axiales siendo los valores admisibles de la NTP 130 y 160 kg/cm², compresión y tensión respectivamente, y por su forma tubular y su relación carga máxima / peso propio, lo hacen no solo apto, sino ideal para recibir fuerzas axiales, siendo su gran potencial las estructuras espaciales (armaduras planas, armaduras espaciales, etc.)

Se concluye que los nudos son la parte más crítica tanto para el cálculo como para el diseño y el proceso constructivo y no los elementos que soportan cargas axiales. El bambú cuenta con características mecánicas que garantizan un comportamiento estructural óptimo, sin embargo, no se han realizado los suficientes experimentos ni estudios del bambú para lograr una conexión ideal que maximice su utilidad y eficiencia en la construcción de edificaciones sismo resistentes.

- **Ing. Canchan Salvador, Raul Eliseo (2017),** *Identificación Y Propagación De Guadua Sp. Con Fitoreguladores, Pichanaqui – Perú* (tesis de grado), universidad nacional del centro del Perú facultad de ingeniería – satipo. Concluye que las muestras de bambú verde fue identificado mediante descripción y comparación botánica, en el herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como *Guadua glomerata* Munro, perteneciendo a la posición taxonómica según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981) en la familia poaceae, sub familia bambusoideae, genero *Guadua* y especie *Guadua glomerata* Munro cuyas características fenotípicas predominantes son individuos hasta 30m de altura y 25 cm de diámetro, varas largas, bandas de pelos blancos en la región entre nudos, una yema con perfilo cubierto por pelos adpresos color café, ramas basales con espinas, hojas caulinares de forma triangular en sus bordes y por el tamaño de sus cúmulos. El enraizamiento y crecimiento de estacas de bambú verde, *Guadua glomerata* Munro, a 170 días, tratadas con fitoregulador KELPAK a una dosis de 100 ml por 20 litros de agua, presenta mayor porcentaje de enraizamiento con 83,30% seguido de BIOZYME con 68,30%, STYMULATE 63,30%, RAPID ROOT 58,30% y testigo 30,00%. Con respecto al crecimiento, el tratamiento con KELPAK presentó la raíz emergida más larga con una media de 28,26 cm, más de 4 rizomas, más de 4 brotes de yema; altura media 98,06 cm, área foliar 126,78 cm², peso fresco 10,90 g, peso seco 4,44 g y más de 15 emitidos seguido del fitoregulador BIOZYME. Los resultados son

significativamente menores que los logrados con KELPAK y significativamente mayores que las variables respuesta del testigo.

2.1.2. Antecedentes internacionales:

- **Lic. Carlos Manuel herrera mesen (2008)**, “*Evaluación Y Diseño Estructural De Una Vivienda Construida A Base De Bambú* (tesis de grado), instituto tecnológico de costa rica, concluyo Todo elemento de bambú tolerará las cargas de sismo aportadas por la ductilidad 3, la cual es la que sugiere el CSCR 2002 que posee la estructura, debiendo utilizar para esta vivienda en particular secciones de bambúes de 3-6 años de crecimiento y que posean un diámetro de 15cm a 12.5cm ya que en la ductilidad extrema de 1.5, fallaron 4 de las 6 columnas en estudio y todas las uniones para la columna tipo simple.

El esfuerzo en cortante es el más crítico en el bambú, por lo que luces muy amplias con vigas cargadas no se pueden dar, en todas las ductilidades estudiadas las vigas tuvieron excelente capacidad para resistirlas, dando muestras de la excelente capacidad en flexión del bambú. La vivienda cumple con lo estipulado en Código Sísmico acerca de maderas, a pesar de ello el CSCR 2002 no relaciona la madera con un material tan específico como el bambú, encontrándose así que la poca facilidad de conexiones entre elementos del bambú limita la capacidad del material y que el bambú por su condición hueca brinda un excelente conductor para ocultar instalaciones electro-mecánicas debidamente confinadas en tubos para su fin demostrando una reducción considerable de costos para columnas y vigas de igual área comparándolo con el concreto y el acero.

- **ing. Daniel Sebastián Peñaranda Pachón (2015)**, “Análisis Estructural De Una Vivienda Prototipo Prefabricada De Guadua Angustifolia Kunth”. (Tesis de grado), Universidad gran Colombia. Concluye que debido a que el bambú es un material liviano y junto

con ello se colocaron materiales livianos en la cubierta el peso total de la estructura no es muy grande, esta es una ventaja con respecto a otros materiales de construcción los cuales son pesados, el poco peso de la estructura hace que esta se comporte de una mejor manera en el momento de posibles eventos sísmicos observándose que el diseño estructural de una vivienda en guadua, puede llegar a comprometer de manera significativa el diseño arquitectónico si este no contempla las diagonales necesarias para la rigidizar la estructura de forma que cumpla con los parámetros básicos de resistencia contemplados en la NSR-10. Se demuestra que la geometría es un papel importante en la conformación de estructuras de bambú, ya que esta ofrece sistemas de construcción resistentes por forma, mas no por peso como en otros materiales y que la continuidad y unidad entre los elementos no estructurales, así como los muros divisorios, los elementos estructurales como vigas y columnas es necesaria para un óptimo desarrollo del diseño de una casa con sistema estructural en bambú a pesar de que el bambú fue incluida hace muy poco a la NSR-10 en el capítulo G-12, cabe destacar que es necesario hacerle a este una actualización de datos debido a que los que se encuentran allí, no son suficientes para la modelación de un material ortotropico como lo es el bambú (“*Angustifolia Kunth*”), hace falta mayor especificación en cuanto a cómo realizar la presentación de planos y memorias de cálculo para este tipo de estructuras y sus conexiones. Se recomienda realizar un trabajo de investigación profundo donde se puedan refutar los datos de la norma NSR-10 y llenar los vacíos que esta presenta en cuanto a las propiedades mecánicas del bambú “*Angustifolia kunth*”.

- **Ing. Luis Fernando Calva Chuquimarca (2015)**, “*Diseño De Un Modelo De Vivienda Ecológica Con Bambú Para La Zona Rural De Yantzaza*” (Tesis De Grado), universidad nacional de Loja- ecuador. Concluyo que el bambú es un material ecológico 100% sustentable por su rapidez de renovación natural. no es un árbol, pero sus tallos

son considerados como tales, y está clasificado como una madera semidura a dura, de acuerdo con las más modernas tendencias arquitectónicas, una casa de bambú tiene resistencia alta, es liviana y prueba que tiene buena capacidad de ahorro de energía por lo que las construcciones en éste material no requieren herramienta especializada y permiten el uso de mano de obra no tan calificada, aunque debe haber una persona a su dirección con los conocimientos necesarios para su guía; ello contribuye positivamente a la generación de empleo.

Es apto para construcciones sismo resistentes debido a su rigidez y elasticidad que evitan su ruptura al curvarse, entre el bambú y el acero el módulo de elasticidad del hormigón-bambú es de 150000 hasta 180000 kg/cm², igual al hormigón (acero) de mezcla, pero la desventaja está en que el bambú para refuerzo de vigas no es conveniente, por cuanto se producen después muchas grietas en el hormigón y que una vivienda ecológica es un sistema sustentable, donde interactúan las actividades del hombre en el hogar y la remediación de la contaminación que este genera, así como el camino hacia el buen vivir, en cuanto a salud, alimentación y la interacción hombre-naturaleza. Los sistemas activos vinculados al diseño de la vivienda son muy importantes para alcanzar la sostenibilidad de un sistema de vivienda ecológico, caso contrario sería un sistema convencional, no amigable con el medio ambiente.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Bambú

Los bambúes son plantas de la familia de las gramíneas, algunos son herbáceos y otros leñosos, que desarrollan varios culmos (cañas o tallos) al año, con alturas que van de 1 hasta 40 m de altura y un diámetro de hasta 30 cm cerca de la base como el *Dendrocalamus giganteus* de la india. existen 1,250 especies y 90 géneros de bambú, distribuidas en los cinco continentes, en Perú al sureste de la

Amazonía, en los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín, existen grandes extensiones de bosques naturales con bambú, que de acuerdo a la información oficial del INRENA, corresponden a aproximadamente 39,978 km² de bosques con bambú, siendo las especies dominantes *Guadua affinis angustifolia*, *G. sarcocarpa*, *G. superba*, *G. chacoensis* y *G. paniculata*.

son plantas que su crecimiento y proliferación va desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm en el Perú, siendo la más conocida e utilizada la *Guadua angustifolia*, ya que sobresale entre otras especies de su género por sus propiedades estructurales de sus tallos, tales como la relación peso – resistencia similar o superior al de algunas maderas, siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología volviéndola así por la capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión un material ideal para construcciones sismo resistentes.



FIGURA N° 1, Tallo o culmo de bambú

Fuente: boletín técnico “Bambú”

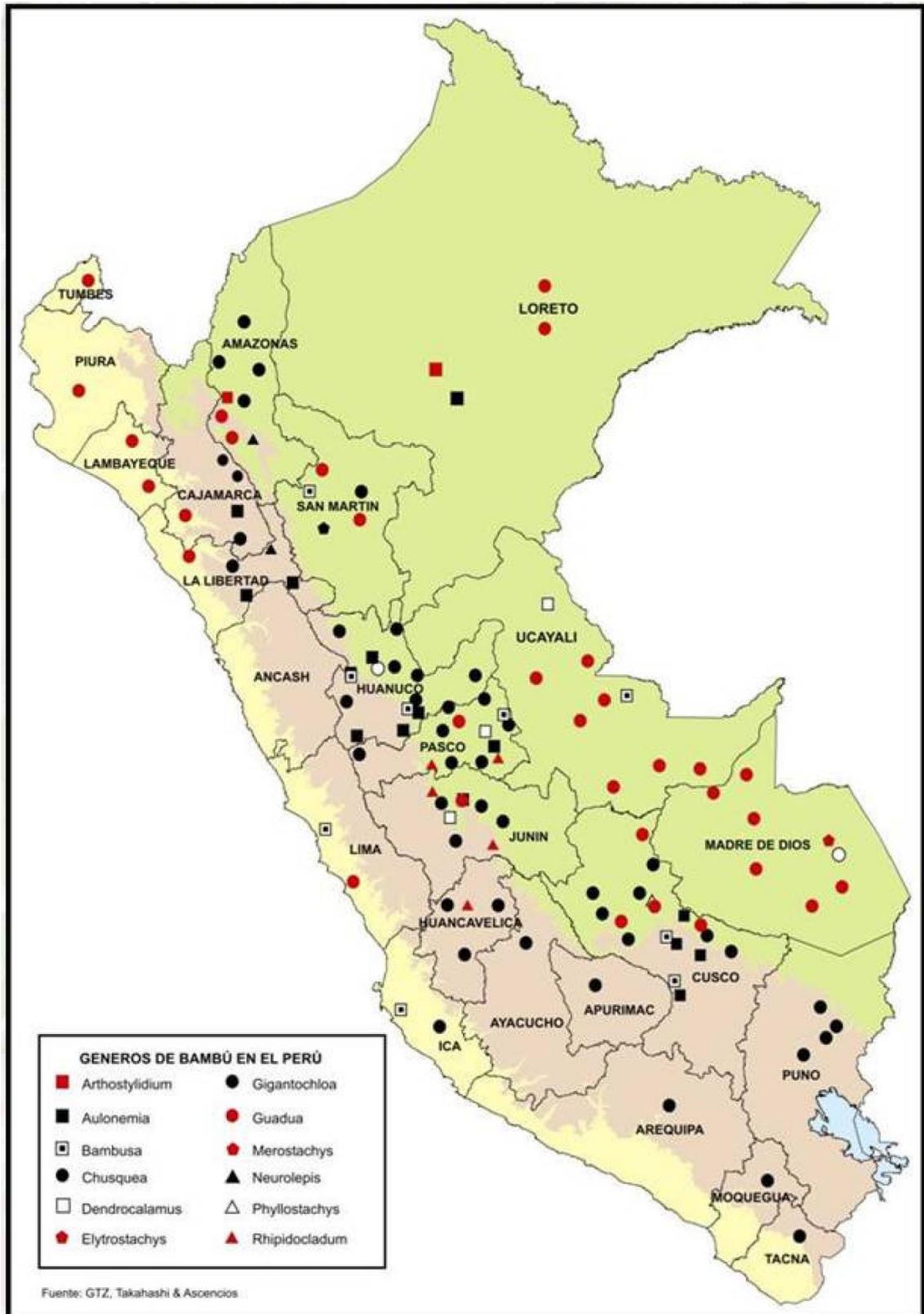


FIGURA N° 2, Distribución de especies nativas y exóticas

Fuente: boletín técnico "Bambú"

➤ **Guadua angustifolia**

Esta variedad de bambú es una de las especies más importantes en el mundo, debido a su gran resistencia, flexibilidad y durabilidad, alcanzando una altura de 17 a 24m de altura con un diámetro de 8 a 14 cm, por lo tanto, es el mejor material para la construcción de estructuras por su gran potencial para la fabricación de materiales compuestos siendo así una alternativa para construcciones sismo resistentes. Su crecimiento y desarrollo puede alcanzar los 12 cm de diámetro, 2 cm de espesor a los 3 meses llegando así al 80% o 90% de su altura definitiva. Se han reportado incrementos de altura de 21 cm por día, alcanzando su altura máxima (15 - 30 m) en los primeros 6 meses de crecimiento, y su madurez entre los 4 y 5 años.



FIGURA N° 3, Guadua angustifolia
fuelle: manual de construcciones con bambú

➤ **Dendrocalamus asper**

Es la variedad de bambú gigante alcanzando una altura de 25m con diámetro de 20cm, es originaria de la india que actualmente es cultivada en américa (Estados Unidos, Honduras, Panamá, Ecuador, Brasil, Perú).

Es una especie de bambú muy buena para la construcción por sus propiedades y características físico y mecánicas tales como una dura cascara y presenta menor fisura miento.



FIGURA N° 4, Dendrocalamus asper

Fuente: manual de construcciones con bambú

2.2.2. Morfología del bambú

➤ Rizomas o raíces

Las raíces son órganos de gran importancia destinados a la propagación y al almacenamiento de nutrientes, además de servir de sostén mecánico para la porción aérea de la planta, es el único órgano no segmentado que presenta esta planta, son cilíndricas, delgadas y no crecen en diámetro. Su número depende del tipo de suelo, edad y tamaño de la planta. Los rizomas son relativamente superficiales, pero sus raíces pueden llegar hasta 1.5 m de profundidad, existen dos tipos de rizomas diferenciados de acuerdo a la especie de bambú los rizomas paquimorfos o simpodiales y los rizomas leptomorfos o monopodiales

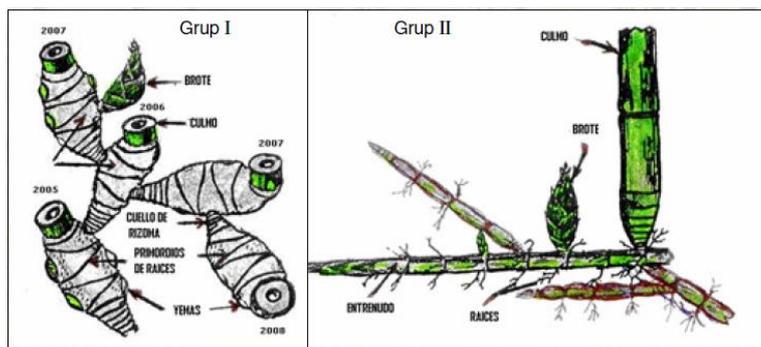


FIGURA N° 5, Risomas paquimorfos y leptomorfos

Fuente: boletín técnico de bambú del ministerio de agricultura

➤ **Tallos o culmos.**

Los bambús nativos tienen tallos huecos de 1 a 20 cm de diámetro y de 5 a 25 m de altura como el bambú de la variedad “*guadua angustifolia*, *G. superba* y *babusa vulgaris*” de diferentes características según cada variedad de bambú.



FIGURA N° 6, Tallo o culmo

Fuente: boletín técnico de bambú del ministerio de agricultura

➤ **Yema**

Es una parte fundamental de la estructura de bambú encerrada por un profilo que se localiza por encima del nudo que en el tiempo se desarrollara como una rama siendo inactivas o activas sirviendo para diferencias e identificar géneros y especies.



FIGURA N° 7, Yema

Fuente: manual para la construcción sustentable con bambú

➤ **Hojas o follage**

Las hojas o follage son laminas que varían su forma y tamaño según su variedad desde lineares hasta triangulares, formando parte fundamental de alimentación de la planta.



FIGURA N° 8, Hojas de bambú

Fuente: manual para la construcción sustentable con bambú

2.2.3. Cosecha del bambú

Por medio del proceso de corte de los tallos del bambú se da la cosecha para su uso en las diferentes posibilidades de uso con las que cuenta como alimento y elemento de construcción.

El tiempo o edad más recomendable para la cosecha del bambú que se va utilizar en la construcción es de 2 a 6 años en función de la especie o variedad de bambú ya que los más grandes exigen mayor tiempo de maduración como las variedades del *dendrocalamus asper*.

Para el proceso del cortado del bambú se recomienda tener en consideración una altura de unos 30 a 50 cm de altura de corte sobre el suelo con el uso de una sierra o motosierra para evitar el astillado del material. Para el uso del material en carpintería o construcción se recomienda dejarlo curar el bambú sobre una roca en su misma posición después del corte esto con el fin de evitar el ataque de insectos (xilófagos) que se alimentan del material del bambú.

Después del corte es muy importante arreglar el tacón para así garantizar su regeneración del bambú.



FIGURA N° 9, Usos del bambú según su edad

Fuente: manual de construcción en bambú

2.2.4. Características técnicas para el bambú estructural

Las características fundamentales para conseguir un buen diseño y comportamiento de la estructura ante eventos extraordinarios es que se cuente con materiales con las cualidades y parámetros que exige la normativa vigente E100, empezando de la edad de cosecha que varía de los 4 a 6 años siendo esta un periodo vital donde el material obtiene sus propiedades físicas y mecánicas óptimas para su uso como elemento estructural, en cuanto a los demás características que se tiene que tener en cuenta para el diseño, pasando desde que la humedad del material tiene que estar en equilibrio con del lugar sin

tener deformaciones del eje mayor al 0.33% de su longitud, sin presentar una conicidad del 1.0 % y agrietamientos mayores o iguales al 20% de su longitud sin otras características desfavorables que puedan influenciar en el buen comportamiento del material como elemento estructural.

2.2.5. Propiedades físicas y mecánicas

2.2.5.1. Propiedades físicas

➤ Contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación de la masa contenida en la pieza y la masa de la misma en estado seco (anhidra), expresada en porcentaje.

$$CH = \frac{(m - m_0)}{m_0}$$

Donde:

m: masa antes de secado (gr)

m₀: masa de la muestra seca (gr)

el promedio del contenido de humedad de los bambús verdes y maduros en su etapa inicial y en su etapa secado al aire natural varia en:

TABLA N° 1, Porcentaje de contenido de humedad

material	inicial	Secado al aire
bambú verde	194%	15%
bambú maduro	86% rango (51%-127%)	13%

FUENTE: Construir con bambú- guadua. USMP.2014

➤ Densidad básica

La densidad es la relación de la masa seca en gramos y el volumen de la muestra en mm según la normativa.

$$\rho = \left(\frac{m}{v}\right) * 10^6$$

Donde:

ρ : densidad (kg/m³)

m: masa de la muestra seca (gr)

v: volumen de la muestra seca (mm)

en el presente cuadro se muestra la densidad básica del bambú para la variedad de la guadua angustifolia.

TABLA N° 2, Densidad básica

	Densidad básica T / m ³	Poder calorífico K cal / Kg
Guadua Angustifolia	0,703	4458

FUENTE: Construir con bambú- guadua. USMP.2014

2.2.5.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades de las varas de bambú están determinadas por su estructura anatómica, ya que ella define las propiedades mecánicas y por tanto el uso final del material.

TABLA N° 3, Composición interna del bambú

	% de parénquima	% de tejido conectivo	% de Fibra	Numero de haces vasculares por unidad de área
Interna	59,03	16,07	24,89	119,34
Media	43,54	13,09	43,35	173,89
Externa	24,87	12,86	62,265	609,83
Total	47,37	10,71	41,92	301,02

FUENTE: Evaluación de la estructura interna de la guadua con un modelo matemático.
repositorio.2008

➤ Comprensión paralela

Es el ensayo que se realiza para determinar la resistencia a la compresión axial o paralela a la fibra del material.

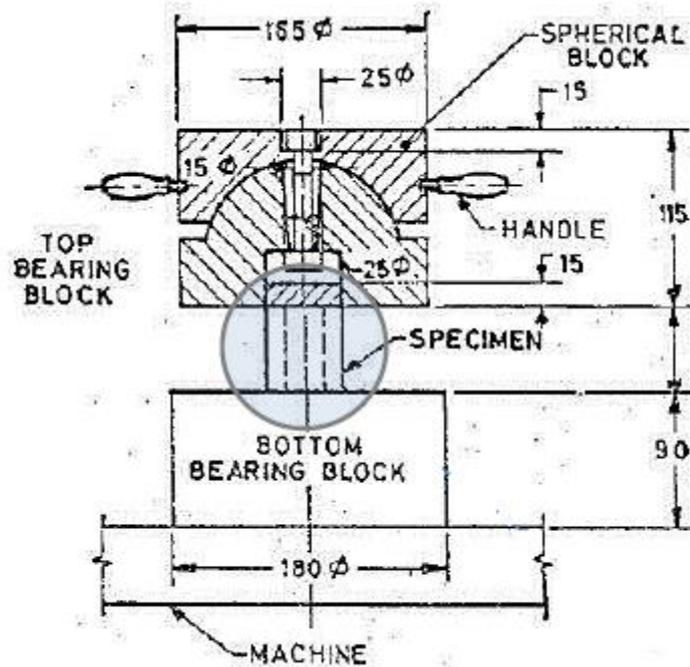


FIGURA N° 10, Ensayo de la muestra a compresión paralela

Fuente: construir con bambú- guadua. USMP.2014

El esfuerzo de compresión paralela a las fibras está dado por la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{p}{A}$$

Donde:

σ : esfuerzo ultimo ala compresión (MPa)

P: carga ultima (N)

A: área de la sección transversal (mm²)

El área de la sección transversal está dada por la siguiente formula.

$$A = \frac{\pi}{4} * [(D^2 - (D - 2t)^2)]$$

Donde:

D: diámetro exterior (mm)

t: espesor de la pared (mm)

la compresión paralela según el reglamento nacional de edificaciones (E100) será:

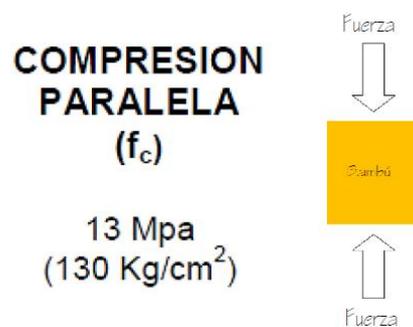


FIGURA N° 11, Resistencia a la compresión paralela

Fuente: norma E100, RNE

➤ **Tracción paralela**

Es el esfuerzo traccionante paralelo a la fibra de la guadua (bambú).

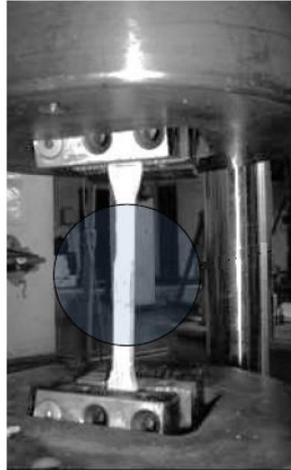


FIGURA N° 12, Ensayo a tracción

Fuente: construir con bambú- guadua. USMP.2014

El esfuerzo a tracción está dado por la formula siguiente:

$$\sigma = \frac{p}{A}$$

Donde:

σ : esfuerzo ultimo ala tracción

P: carga ultima

A: área de la sección transversal

El área de la porción de ensayo se calculará con la siguiente formula

$$A = b * t$$

Donde:

b: ancho de la probeta muestra en la porción del ensayo (mm)

t: espesor de la pared de la muestra (mm)

según el reglamento nacional de edificaciones (E100) la tracción paralela es:



FIGURA N° 13, Tracción paralela

Fuente: norma E100, RNE

➤ Esfuerzo cortante paralelo a la fibra

Es el esfuerzo ultimo al corte paralelo a las fibras en varas de bambú.

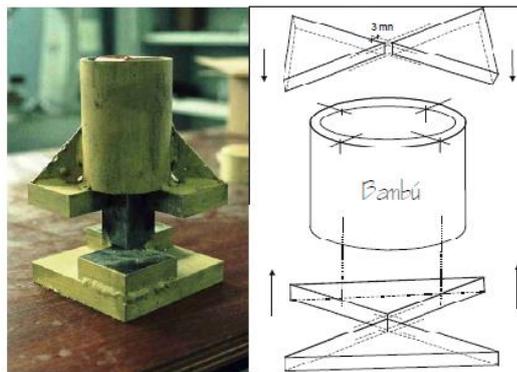


FIGURA N° 14, Ensayo de esfuerzo cortante paralelo

Fuente: construir con bambú- guadua. USMP.2014

El esfuerzo cortante paralelo a la fibra esta dado por la siguiente formula:

$$\sigma_{ult} = \frac{P}{\sum(t * l)}$$

Donde:

σ_{ult} : esfuerzo ultimo al corte

P: el valor máximo de la carga aplicada

$\sum(t*l)$: es la sumatoria de los 4 productos donde l es la longitud de la muestra.

Según el reglamento nacional de edificaciones el esfuerzo ultimo a corte es:

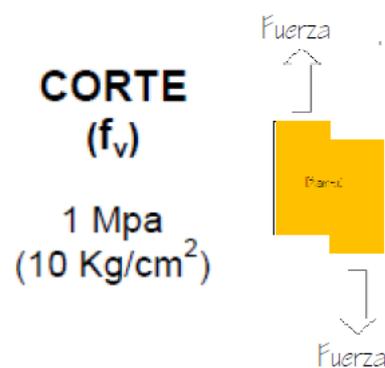


FIGURA N° 15, Esfuerzo al corte

Fuente: norma E100, RNE

➤ Esfuerzo a flexión

El objetivo de este ensayo es calcular la resistencia a la flexión, la curva de esfuerzo vs deformación y el modulo nominal de elasticidad del bambú.

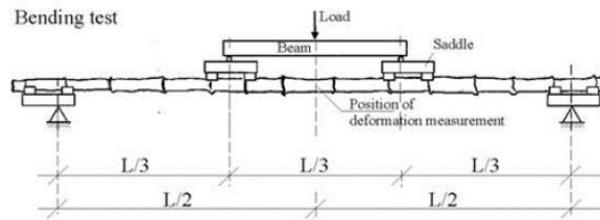


FIGURA N° 16, Esfuerzo a flexión

Fuente: construir con bambú- guadua. USMP.2014

El esfuerzo ultimo a flexión se calculará mediante la siguiente formula:

$$\sigma_{ult} = \frac{32 * M * D}{\pi * [D_e^4 - (D_e - 2t)^4]}$$

Donde:

σ_{ult} : esfuerzo ultimo a flexión (MPa)

M: el momento máximo de la probeta (N-mm)

D_e : diámetro externo de la probeta (mm)

t: espesor de la pared (mm)

el esfuerzo en el límite proporcional está dado por la ecuación:

$$ELP = \left(\frac{8 * FLP * L * D}{\pi * [D_e^4 - (D_e - 2t)^4]} \right) / 10^6$$

Donde:

ELP: esfuerzo en el límite proporcional (MPa)

FLP: fuerza en el límite proporcional, se toma el 60% de la fuerza ultima (N)

L: longitud de la probeta (m)

D_e : diámetro exterior de la probeta (m)

t: espesor de la pared (m)

por último, el módulo de elasticidad estará dado por la formula siguiente:

$$MOE = \frac{23 * F * L^3}{1296 * \delta * I_B}$$

Donde:

MOE: módulo de elasticidad Mpa

F: fuerza máxima aplicada en la probeta (N)

L: longitud de la probeta (mm)

δ : deflexión medida en el punto medio de la luz (mm)

I_B: momento de inercia (mm⁴)

Donde:

$$I_B = \frac{\pi}{64} * [(D^4 - (D - 2t)^4)]$$

El esfuerzo a flexión según el reglamento nacional de edificaciones (E100) es:

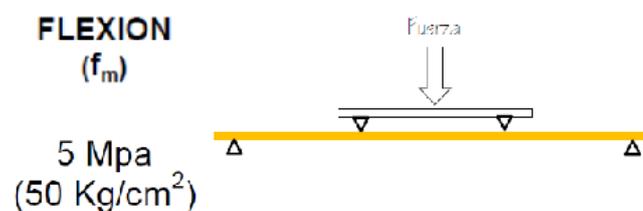


FIGURA N° 17, Esfuerzo admisible a flexión

Fuente: norma E100, RNE

➤ **Compresión perpendicular**

La compresión perpendicular es la resistencia a compresión perpendicular de la fibra de bambú, obteniéndose así según el reglamento nacional de edificaciones (E100) el valor de:

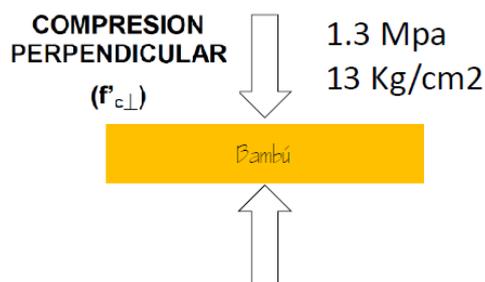


FIGURA N° 18, Compresión perpendicular

Fuente: norma E100, RNE

2.2.6. Análisis y diseño estructural

2.2.6.1. Sismo resistencia

Una edificación sismo resistente es cuando se diseñó y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes y materiales resistentes para resistir la acción de fuerzas ocasionadas por sismos frecuentes, siempre aunque se diseñen siguiendo los lineamientos y parámetros de las normativas las edificaciones llegan a fallar ante un sismo ya sea porque fue mayor al sismo de diseño, sin embargo la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le da a la estructura con el fin de proteger vidas humanas y la propiedad privada, La Norma NTE-030-2016 establece los requisitos mínimos que se deben observar durante el diseño y construcción de las edificaciones para conseguir que éstas tengan un comportamiento sísmico adecuado.

2.2.6.2. Parámetros de sitio

➤ Zonificación

nuestra normativa E 030 considera al territorio peruano dividido en 4 zonas sísmicas a cada una de las cuales asigna un Factor de Zona (Z), que se interpreta como la aceleración máxima en el suelo rígido que tiene 10 % de probabilidades de ser superada en 50 años.

Por la naturaleza de los sismos que es aleatoria, su efecto en las estructuras sólo puede expresarse en términos probabilísticos, mediante modelos estocásticos que consideran la distribución espacial y temporal de la sismicidad, y la atenuación del movimiento en la corteza.

En el caso de edificaciones comunes se a de considerar un tiempo de vida útil de 50 años y solo aceptar un 10% de probabilidad de excedencia en términos de estadística, todo esto conlleva a un sismo con un periodo de retorno de 475 años aproximadamente que es aproximadamente de 0.45g

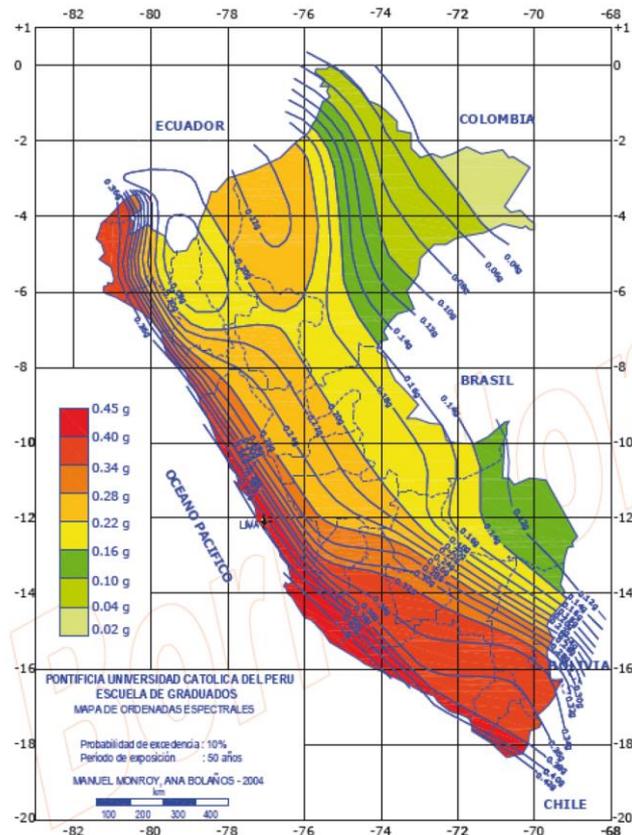


FIGURA N° 19, Aceleración en la roca para 50 años de exposición y 10 % de excedencia

Fuente: escuela de graduados, pucp 2016

Según la normativa E 030 se observa que las aceleraciones en la roca tienen valores entre 0.45 g. en la costa hasta 0.15 en la Selva, razón por la cual la normativa divide el territorio nacional en cuatro zonas sísmicas para tener un mejor detallado e

identificado las zonas en las que se ha de realizar el análisis y diseño.



FIGURA N° 20, Zonificación sísmica del Perú

Fuente: reglamento nacional de edificaciones, (E030) 2018

2.2.6.3. Condiciones locales

➤ Microzonificación y estudio de sitio

La microzonificación y los estudios de sitio son estudios que se realizan con el fin de investigar la posible modificación de las acciones sísmicas en un lugar específico del ámbito en cuestión. En áreas de expansión urbana, los estudios se desarrollan con el fin de identificar zonas menores (barrios, distritos, por ejemplo) con características similares (microzonas) de modo tal que es posible estimar para cada una de estas microzonas la modificación que se podría producir en las acciones sísmicas.

“El movimiento de la base rocosa se modifica al pasar por los estratos de suelo hasta llegar a la superficie. Los Estudios de Microzonificación y los Estudios de Sitio tienen por objetivo estimar esta modificación y anticipar además la presencia de fenómenos asociados tales como deslizamientos, licuefacción, tsunamis, etc”.

➤ Condiciones geotécnicas

Según nuestra normativa vigente los perfiles de suelo se clasifican en cuatro tipos tomando en consideración la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, alternativamente para suelos granulares, mediante los ensayos de SPT (penetración estándar) se determina el promedio ponderados de los N60, todas estas propiedades son determinadas para 30 m superior del perfil del suelo considerados desde el nivel del fondo de las cimentaciones.

TABLA N° 4, Resumen valores típicos para los distintos tipos de suelos

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	N_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

FUENTE: Diseño sismo resistente (E030). RNE.2018

Según la Norma NTE-E.030-2016 se determinan los factores de amplificación del suelo "S" ya no solo dependiendo del tipo de suelo sino también de la zona sísmica y los periodos fundamentales T_p y T_l dependen del perfil del suelo en donde se a de plantear la edificación.

TABLA N° 5, parámetros de sitio (S , T_p y T_l)

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 PERÍODOS " T_p " Y " T_l "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

FUENTE: Diseño sismo resistente (E030). RNE.2018

2.2.6.4. Factor de amplificación sísmica

para un terremoto la aceleración máxima que alcanzaría una estructura elástica depende tanto de la aceleración que recibe en su base como de su periodo fundamental (T). El cociente entre el

valor máximo de la aceleración en la estructura y el valor pico de la aceleración en su base, se denomina factor de amplificación. La norma representa por C a este factor y permite calcularlo por la siguiente formula done $C \leq 2.5$:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

En el grafico se muestra las curvas de valores medios y valores máximos para los factores de amplificación.

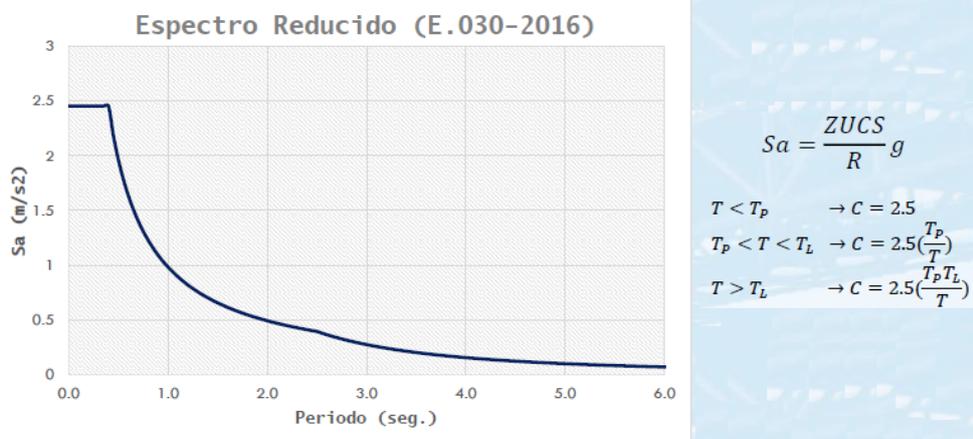


FIGURA N° 21, Factor de amplificación de aceleraciones "C"

Fuente: escuela de graduados, pucp 2016

2.2.6.5. Interpretación de los factores z,s y c

El código permite hacer las siguientes interpretaciones para el problema que ocasiona la amplificación de las aceleraciones T_p en rocas que se dan al atravesar los diferentes estratos del suelo generando un problema significativamente complicada.

La interpretación más sencilla se da si al multiplicar ZS se produce la aceleración máxima que soportara una edificación en su cimiento, siendo Z el factor aceleración pico en la roca y S que cuantifica los efectos del perfil del suelo y por consiguiente si la amplificación estructural se presenta por C, la aceleración máxima en la edificación se interpreta como el producto de ZSC.

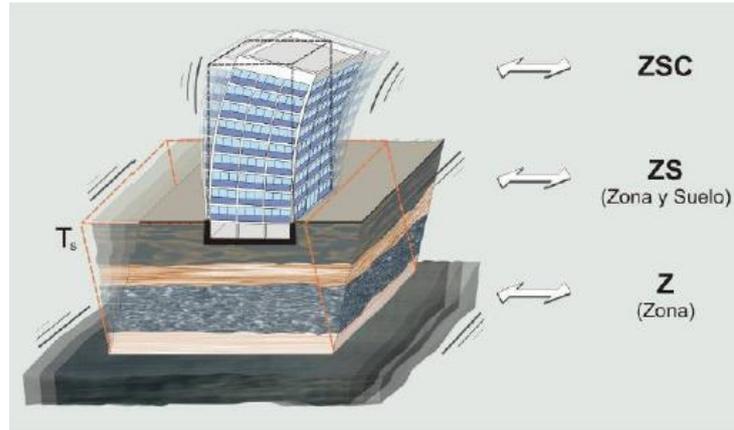


FIGURA N° 22, Interpretación de los factores Z, S y C

Fuente: escuela de graduados, pucp 2016

2.2.6.6. Categorías de las edificaciones

Los hospitales y lugares que después de un evento sísmico deban seguir sirviendo como refugio son infraestructuras esenciales ya que son aquellas edificaciones que deberían seguir operativas durante y luego de un evento sísmico para poder suplir las emergencias que se producen.

Los edificios con grandes concentraciones de personas o que guarden patrimonios culturales o archivos importantes son las edificaciones importantes ya que deberían ser menos vulnerables para alejar la posibilidad de desastres sociales o pérdidas de patrimonio o información valiosa y esenciales para la sociedad.

las viviendas, oficinas, hoteles son considerados como edificaciones comunes ya que cuya falla ocasione pérdidas intermedias y las edificaciones temporales son las que cuya falla representa un costo menor y tienen además una baja probabilidad de causar víctimas.

para lograr un desempeño diferenciado entre las cuatro categorías de edificaciones, la norma emplea un Factor de Importancia, U, es el mecanismo por el cual la norma

indirectamente logra mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones Importantes o Esenciales, al incrementar las sollicitaciones de diseño se incrementa la resistencia lateral, con lo cual se amplía el rango de comportamiento elástico y sin daño en sismos moderados.

TABLA N° 6, Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORIA	FACTOR "U"
EDIFICACIONES ESCENCIALES	1.5
EDIFICACIONES IMPORTANTES	1.3
EDIFICACIONES COMUNES	1
EDIFICACIONES TEMPORALES	a criterio

FUENTE: diseño sismo resistente (E030). RNE.2018

2.2.6.7. Configuración estructural

la base para el análisis y diseño de edificaciones es la configuración estructural en gran medida ya sea según su diferente uso ya que el comportamiento de las infraestructuras está determinado en un grado mayor por sus características de regularidad, continuidad y simetría, recordándonos para ello los sismos de lo simple que son nuestros mecanismos de análisis para prevenir este mal comportamiento y además lo poco efectivas que suelen ser las estrategias de diseño al tratar de reducir el daño severo o el colapso de las edificaciones de considerable irregularidad y configuración.

Por todas estas razones es indispensable garantizar sistemas estructurales regulares en las edificaciones y de presentarse problemas de configuración se tenga algunas medidas especiales en consideración para un análisis y diseño estable.

Según la normativa vigente en nuestro RNE se debe de clasificar toda edificación como irregular e regular con el propósito de plantear un método de análisis adecuado según el tipo de

edificación y así determinar el coeficiente de reducción sísmica (R) descalificando así las estructuras irregulares que se encuentren en la categoría como esencial. Todo ello debe llevarse a cabo teniendo en consideración las regularidades en planta como en altura.

2.2.6.8. Irregularidad en altura

según la normativa Norma E030 la irregularidad en altura considera al cambio de un entrepiso a otro en la rigidez, la masa, las dimensiones en planta y la posible discontinuidad de los elementos verticales de la edificación.

➤ Irregularidad de rigidez- piso blando

La irregularidad de rigidez – piso blando está en función de la flexibilidad de los entrepisos, por ejemplo, en un edificio con el primer entre piso mucho más flexible que los demás ya lo vuelve irregular por piso blando.

la irregularidad de rigidez se da cuando, “en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores seguidos”.

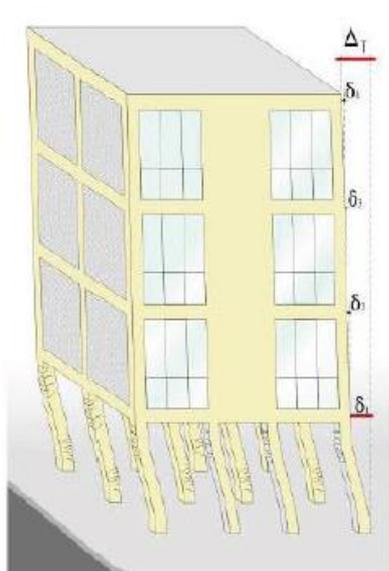


FIGURA N° 23, Irregularidad piso blando

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

➤ Irregularidad de resistencia- piso débil

la irregularidad de resistencia se da cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a la cortante es inferior a un 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior de la edificación.

Entrepiso $i+1$
 Ac_{i+1} : ■

Entrepiso i
 Ac_i : ■

sismo

La Norma cuantifica esta irregularidad considerando la variación en la suma de áreas transversales de los elementos verticales resistentes a corte (columnas y muros) junto a la variación de la altura de un entrepiso a otro.

$$\left(\frac{A_d}{A_{d+1}}\right)\left(\frac{h_{d+1}}{h_d}\right) < 0.80$$

A_d = Suma de áreas resistentes a corte del entrepiso d .
 A_{d+1} = Suma de áreas resistentes a corte del entrepiso $d+1$.
 h_d = Altura del entrepiso d .
 h_{d+1} = Altura del entrepiso $d+1$.

FIGURA N° 24, Irregularidad piso débil

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

➤ Irregularidad de masa o peso

la irregularidad de peso se da cuando el peso sísmico de un nivel superior, es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente, obviándose su aplicación en azoteas ni sótanos según la norma E030 del RNE.

$$\text{Peso sísmico} = 100\% \text{ CM} + \% \text{ CV}$$

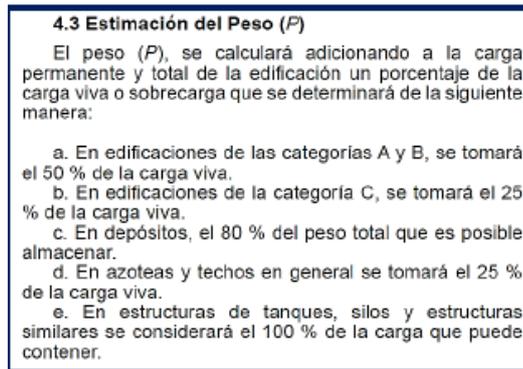


FIGURA N° 25, Estimación del peso sísmico

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

Por lo que la irregularidad se da cuando:

$$P_i > 1.5 P_{i+1} \vee P_i > 1.5 P_{i-1}$$

Donde:

P_i = peso sísmico

➤ Irregularidad geométrica vertical

la irregularidad geométrica vertical se da cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la dimensión de un piso adyacente, sin aplicarse este criterio ni en azoteas ni sótanos.

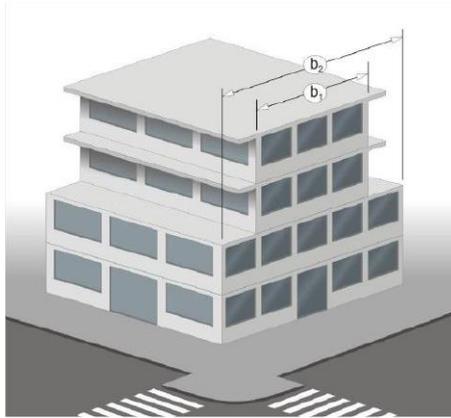


FIGURA N° 26, Irregularidad geométrica

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

➤ **Discontinuidad en los sistemas resistentes.**

Se considera una estructura como irregular cuando en cualquier elemento estructural que resiste mas de 10% de la fuerza cortante se tiene un desplazamiento vertical, por un cambio de orientacion o un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimension del elemento estructural.

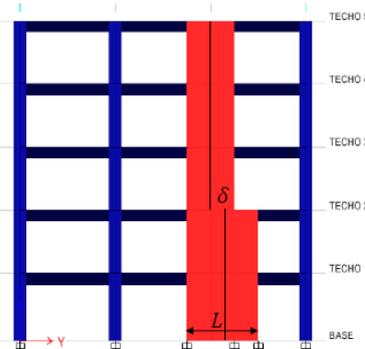


FIGURA N° 27, Discontinuidad en los sistemas resistentes

Fuente: “diseño sismo resistente E030, RNE 2018”

En la figura se muestra el desplazamiento en el eje donde:

$$\delta_{max} = 0.25 * L$$

2.2.6.9. Irregularidad en planta

➤ Irregularidad torsional

la irregularidad se genera cuando, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo de la estructura, es mayor que en la medida de 1,2 veces el desplazamiento del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}) de la estructura calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}). Todo esto se aplica en edificaciones que consideren un diafragma rígido teniendo como requisito si el desplazamiento máximo relativo de entrepiso es mayor en un 50 % del desplazamiento permisible ala que ha de llegar la estructura.

TABLA N° 7, Deriva máx. de entrepiso

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

FUENTE: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

➤ Irregularidad torsional extrema

la irregularidad extrema se da cuando, en cualquiera de las orientaciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{máx}$), es mayor en 1,5 veces el desplazamiento promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{Prom}).

Todo esto sólo se aplica en edificaciones con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que un 50 % de la distorsión permisible de la estructura.

➤ **Esquina entrante**

Una estructura se cataloga como irregular cuando tiene esquinas entrantes de medidas de los lados en ambas direcciones mayores que un 20% de la medida total en planta de la estructura las cuales sean de analizar y diseñar.

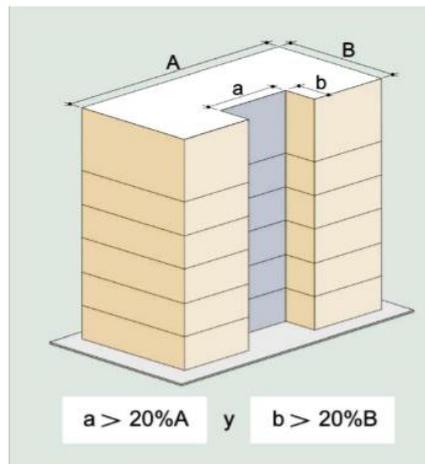


FIGURA N° 28, Esquina entrante

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

➤ **Discontinuidad del diafragma**

la irregularidad de diafragma se tiene en consideración cuando los diafragmas tienen discontinuidades significativas o variaciones importantes en rigidez de la estructura, incluyendo aberturas mayores que un 50% del área total del diafragma según el reglamento nacional de edificaciones (E030).

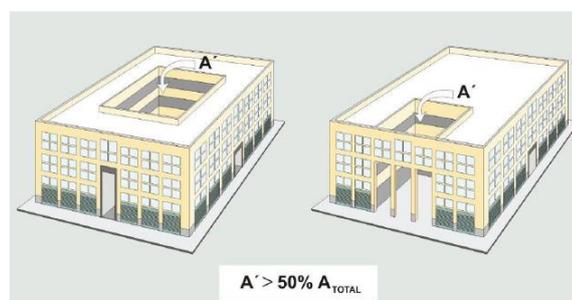


FIGURA N° 29, Discontinuidad de diafragma

Fuente: diseño sismo resistente E030, RNE 2018

2.2.7. Cargas

Las cargas son el resultado de fuerzas o acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, así como por efectos del medio ambiente como los movimientos diferenciales.

2.2.7.1. Cargas estáticas

➤ Carga muerta:

Las cargas muertas son las cargas que se mantiene constantes en el tiempo como las cargas por el peso del material en su mayor porcentaje lo conforman el peso propio e la estructura, así como los componentes e instalación en la edificación.

2.2.7.2. Cargas dinámicas

➤ Cargas vivas:

Son cargas no permanentes producida por materiales o equipos móviles, así como el flujo de personas.

➤ Cargas vivas mínimas repartidas

Son cargas mínimas que la normativa plantea en función de su uso de la edificación y los ambientes, por lo que se considera según la normativa vigente del reglamento nacional de edificaciones (E 020).

TABLA N° 8, Cargas mínimas repartidas para uso oficinas

Oficinas (*)	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

(*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil

FUENTE: cargas (E020). RNE.2016

➤ **Cargas vivas de techo**

Para el diseño de techos y las marquesinas se tomará en cuenta las cargas vivas, las de sismo y viento a las que estarán sometidas.

Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a la horizontal se le aplicara 100 kg/m², techos con inclinación mayor de 3°, con respecto a la horizontal se le aplicara 100 kg/m² reducida en 5 kg/m², por cada grado de pendiente por encima de 3° hasta un mínimo de 50 kg/m², techos curvos se le aplicara 50 kg/m², techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente se le aplicara 30 kg/m², excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve , malecones o terrazas se aplicará la carga viva correspondiente a su uso particular, techos con jardines la carga viva mínima de diseño de las porciones con jardín será de 100 kg/m² Excepto cuando los jardines puedan ser de uso común ó público en cuyo caso la sobrecarga de diseño será de 400 kg/ m².

➤ **Cargas debidas al viento:**

Según el reglamento nacional de edificaciones (E020), los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí para barlovento y sotavento respectivamente.

2.2.8. Clasificación de edificaciones.

Se clasifican en tres tipos para el análisis por cargas de viento.

Tabla N° 9, Tipos de edificaciones debido al viento

TIPO	CARACTERÍSTICAS
1	<i>Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría</i>
2	<i>Edificaciones cuya esbeltez las hace sensibles a las ráfagas, tales como tanques elevados y anuncios y en general estructuras con una dimensión corta en el sentido del viento, la carga exterior se multiplicara por 1.2.</i>
3	<i>Edificaciones que representan problemas aerodinámicos especiales tales como domos, arcos, antenas, chimeneas esbeltas y cubiertas colgantes, no serán menores que el tipo 1.</i>

FUENTE: cargas (E020). RNE.2016

2.2.9. Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 Km/h, se determinará de la siguiente manera:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Donde:

V_h : velocidad de diseño en la altura h en km/h

V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en km/h

h : altura sobre el terreno en m

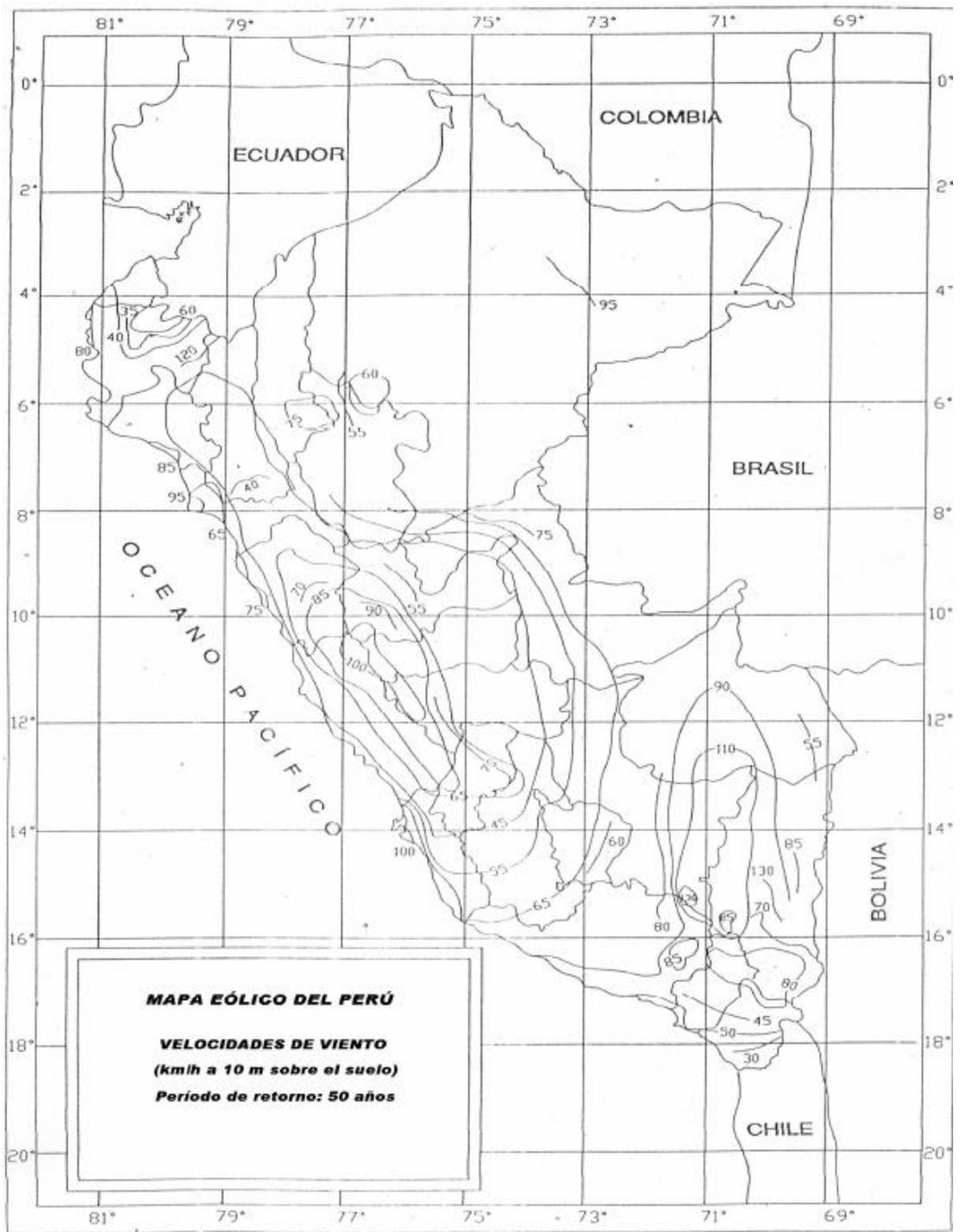


FIGURA N° 30, Mapa eólico del Perú
 Fuente: cargas E020, RNE 2016

2.2.10. Carga exterior de viento

El cálculo de las cargas externas (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa, calculándose de la siguiente manera según la normativa:

$$P_h = 0.005 * C * V_h^2$$

Donde:

Ph: presión o succión del viento a una altura *h* en kg/m²

C: factor de forma adimensional

Vh: velocidad de diseño a la altura *h*, en km/h

TABLA N° 10, Factor de forma (C)

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 -0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7 -0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas(planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

FUENTE: cargas (E020). RNE.2016

2.2.11. Carga interior de viento

Son cargas que se toma en consideración para el diseño de elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes, en cualquier dirección que se realice el análisis.

TABLA N° 11, Factor de forma para determinar cargas adicionales en elementos de cierre

A B E R T U R A S		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

FUENTE: cargas (E020). RNE.2016

2.2.12. Cargas de lluvia:

Son cargas que se presentan dependiendo los periodos y meses estacionales variando en un periodo de un año considerándose, así como una carga viva que afectara directamente a los techos, obteniéndose información sobre dichos registros a través de senamhi (servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú).

2.2.13. Combinación de cargas

todas estas combinaciones de carga son explícitamente para el diseño por esfuerzos admisibles, donde todas las cargas presentadas actúan en las siguientes combinaciones, tomándose en consideración la combinación que produzca los efectos más desfavorables en los elementos estructurales tanto por sismo y viento según sea el caso, según RNE (E020).

$$D \dots\dots\dots(1)$$

$$D + L \dots\dots\dots(2)$$

$$D + (W \text{ ó } 0,70 E) \dots\dots\dots(3)$$

$$D + T \dots\dots\dots(4)$$

$$\varphi^*[D + L + (W \text{ ó } 0,70 E)] \dots\dots\dots(5)$$

$$\varphi^*[D + L + T] \dots\dots\dots(6)$$

$$\varphi^*[D + (W \text{ ó } 0,70 E) + T] \dots\dots\dots(7)$$

$$\varphi^*[D + L + (W \text{ ó } 0,70 E) + T] \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

D = Carga muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

E = Carga de sismo, según NTE E.030 Diseño Sismo resistente

T = Acciones por cambios de temperatura, contracciones y/o deformaciones diferidas en los materiales componentes, asentamientos de apoyos o combinaciones de ellos.

ϕ = Factor que tendrá un valor mínimo de 0,75 para las combinaciones (5), (6) y (7); y de 0,67 para la combinación (8). En estos casos no se permitirá un aumento de los esfuerzos admisibles.

Según la normativa ecuatoriana nos presenta combinaciones más específicas de acuerdo al tipo de uso que se le va dar alas edificaciones según NEC (estructuras de guadua, Gak)

1	D
2	D + L
3	D + 0.75 L + 0.525 Ex
4	D + 0.75 L - 0.525 Ex
5	D + 0.75 L + 0.525 Ey
6	D + 0.75 L - 0.525 Ey
7	D + 0.7 Ex
8	D - 0.7 Ex
9	D + 0.7 Ey
10	D - 0.7 Ey
11	D + 0.75 L + 0.525 EQx
12	D + 0.75 L - 0.525 EQx
13	D + 0.75 L + 0.525 EQy
14	D + 0.75 L - 0.525 EQy
15	D + 0.7 EQx
16	D - 0.7 EQx
17	D + 0.7 EQy
18	D - 0.7 EQy

Dónde:

D Carga muerta.

L Carga viva.

Ex : Carga estática de sismo en sentido X.

Ey : Carga estática de sismo en sentido Y.

EQx : Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQy : Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

2.2.14. Método de análisis

El método de análisis de estructuras en guadua o bambú son por esfuerzos admisibles que son aplicables a estructuras analizadas por procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico donde la determinación de los efectos de las cargas (deformaciones, fuerzas, momentos) en los elementos estructurales debe efectuarse con un sustento eficiente.

2.2.15. Esfuerzos admisibles

➤ **Determinación de esfuerzos admisibles.**

Los valores de esfuerzos admisibles se determinan a partir del valor característico, el cual se obtiene con la siguiente ecuación según (NSR-10):

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left(1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}}\right)$$

Donde:

f_{ki} = valor característico de la sollicitación i .

$f_{0.05i}$ = valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación i .

m = valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio.

s = desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio.

n = número de ensayos.

i = subíndice que depende del tipo de sollicitación.

Una vez determinado el valor característico para cada sollicitación, se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles según los factores de reducción para cada sollicitación.

TABLA N° 12, Factores de reducción

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

FUENTE: estructuras de madera y estructuras de guadua. NSR-10

- Obtención de esfuerzo admisible en compresión y tracción

$$\phi = \frac{1}{FS * FDC}$$

Donde:

$$\sigma_{adm} = \phi * \sigma_u$$

- Obtención de esfuerzo admisible en flexión.

TABLA N° 13, Obtención de esfuerzos adm. flexión

Factor	Guaduas < 1.5 m	Guaduas > 1.5m
E _{min}	3000 Mpa	6000 MPa
E _{prom}	6500 Mpa	11500 Mpa
f _m	10.7 MPa	15 Mpa

. FUENTE: estudio comportamiento de la guadua, Jorge Sánchez y Edwin prieto.

- Obtención de esfuerzo admisible a corte.

$$\phi = \frac{1}{FS}$$

El método de esfuerzos admisibles consiste en diseñar una estructura para trabajar a un porcentaje apropiado establecido de su capacidad total, representando las respuestas de servicio de la estructura en términos de las condiciones del esfuerzo interno generado, estableciendo límites de seguridad para estos esfuerzos (los esfuerzos admisibles), ligándose de manera directa la estructura con la condición de servicio prevista.

TABLA N° 14, Esfuerzos admisibles

ESFUERZOS ADMISIBLES				
FLEXION (f_m)	TRACCION PARALELA (f_t)	COMPRESION PARALELA (f_c)	CORTE (f_v)	COMPRESION PERPENDICULAR ($f'_{c,l}$)
5 Mpa (50 Kg/cm ²)	16 Mpa (160 Kg/cm ²)	13 Mpa (130 Kg/cm ²)	1 Mpa (10 Kg/cm ²)	1.3 Mp (13 Kg/cm ²)

FUENTE: bambú (E100). RNE.2016

2.2.16. Modificación de los esfuerzos admisibles

En función a los valores de esfuerzos admisibles de la Tabla N° 12 y los módulos de elasticidad de la Tabla N° 13, afectados por los coeficientes de modificación por duración de carga, esbeltez y otra condición modificatoria, se determinan los esfuerzos (o solicitaciones) admisibles modificados de todo miembro estructural de acuerdo con la formula general especificado en la normativa E100:

$$f'i = fi * CD * CL * Cr$$

Donde:

i: subíndice que depende del tipo de solicitación (*b* para flexión, *t* para tracción paralela a las fibras, *c* para compresión paralela a las fibras, *p* para compresión perpendicular a las fibras, *v* para cortante paralelo a las fibras)

f'i: esfuerzo admisible modificado para la solicitación *i*.

fi: esfuerzo admisible en la solicitación *i*

CD: Coeficiente de modificación por duración de carga (0.9 para carga permanente y 1 para carga viva)

CL: Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas (ver Estabilidad para elementos de flexión)

Cr: Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta. "Para el caso de diseño de viguetas, correas, entablados y

entramados, donde exista una acción de conjunto garantizada, estos esfuerzos podrán incrementarse en un 10% ($C_r=1.1$) siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m”.

2.2.17. Módulo de elasticidad

Los módulos de elasticidad que deberán usarse en el diseño de elementos de bambú son:

TABLA N° 15, Módulo de elasticidad (MOE)

MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)	
E_{PROM}	E_{MIN}
9500 Mpa (95000Kg/cm ²)	7300 Mpa (73000 Kg/cm ²)

FUENTE: bambú (E100). RNE.2016

2.2.18. Perforaciones

La recomendación que se da es que se debe evitar realizar perforaciones significativas en las vigas; de ser necesarias estas perforaciones deben estar detallados en los planos previo un cálculo detallado bajo las siguientes limitaciones:

- a) Las perforaciones no serán permitidas a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.
- b) Las perforaciones no deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos de bambú.
- c) El tamaño máximo de la perforación será de 32 mm.
- d) Para los apoyos y puntos de aplicación de cargas puntuales serán permitidas las perforaciones, siempre y cuando estas sean planteadas para rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

2.2.19. Área neta.

El área de la sección transversal constituida por una sola vara, será calculada con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{\pi}{4} (De^2 - (De - 2t)^2)$$

Donde:

A= área neta de la sección transversal del bambú, mm²

De= diámetro exterior del bambú, mm

t= espesor de la pared del bambú, mm

2.2.20. Diseño de elementos por flexión

Para el diseño de elementos a flexión en bambú se seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales. Debido a que el bambú presenta una relación MOR/ MOE muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de las deflexiones admisibles, salvo en algunas excepciones, no obstante, siempre se debe comprobar Deflexiones, Flexión incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas, Cortante paralelo a la fibra y aplastamiento.

2.2.20.1. Deflexiones

Para el análisis a deflexión se establecen los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles para la obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas.

Las deflexiones deben calcularse para los siguientes casos:

- Combinación más desfavorable de cargas permanentes y sobrecargas de servicio.
- Sobrecargas de servicio actuando solas.

TABLA N° 16, Formula para el cálculo de deflexiones

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI}$

FUENTE: estructuras de madera y estructuras de guadua. NSR-10

Las deflexiones máximas admisibles estarán limitadas por los siguientes parámetros según la normativa vigente E100.

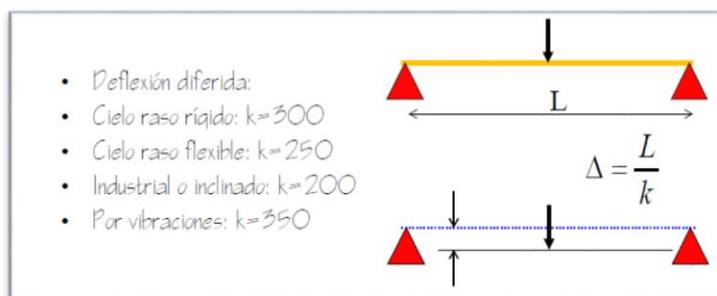


FIGURA N° 31, Deflexiones máximas admisibles

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

2.2.20.2. Cargas para cálculo de sección y deflexión.

El cálculo de la sección transversal mínima, para ese caso se debe igualar la deflexión calculada de la tabla N° 18 con la deflexión admisible y determinar el momento de inercia requerido, en la tabla siguiente se muestra las fórmulas para determinar el momento de inercia requerido.

En el cuadro siguiente se muestra las combinaciones para calcular las deflexiones inmediatas o diferidas a 30 años, en función de la condición de humedad y temperatura de la zona.

TABLA N° 17, Combinación de carga

Condición	CH ≤ 19% t ≤ 37° C Clima constante	CH ≥ 19% t ≤ 37° C Clima variable
Calculo de sección (w)	2.0 D + L	2.0 D + L
Deflexiones inmediatas (W _i)	D + L	D + L
Deflexiones diferidas (W _f)	2.8 D + 1.3 L	3.8 D + 1.4 L

FUENTE: estructuras de madera y estructuras de guadua. NSR-10

2.2.20.3. Flexión

Los esfuerzos de compresión o tracción producidos por flexión no deben exceder el esfuerzo admisible para flexión f_m especificado en la tabla de esfuerzos admisibles para tener un diseño estable.

2.2.20.4. Estabilidad lateral y coeficiente de modificación (CL)

Para vigas o viguetas conformadas por una sola caña de bambú el coeficiente modificación será CL = 1, Cuando una viga está conformada por dos o más bambúes (viga de sección compuesta), se debe verificar si esta requiere o no de soporte lateral en la zona comprimida. El coeficiente de modificación por estabilidad lateral (CL), tiene en cuenta la reducción de la capacidad de carga de un elemento sometido a flexión por causa de la inestabilidad lateral o pandeo, que sucede cuando la zona a compresión de una viga se comporta como una columna.

Cuando una viga de sección compuesta esta soportada en toda la longitud de la zona a compresión y además está restringida en los apoyos a la rotación el coeficiente de modificación por estabilidad lateral será CL = 1.

En el caso de vigas de sección compuesta (dos o más varas), cuya relación alto (d) ancho (b) sea mayor que (db > 1), deben incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación

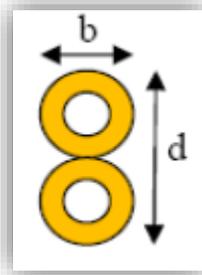


FIGURA N° 32, Sección compuesta

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

Para vigas de sección compuesta por dos o más bambús se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b), por el valor de C_L , que se muestra en la siguiente tabla.

TABLA N° 18, Coeficiente C_L para diferentes relaciones d/b

d/b	C_L
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

FUENTE: bambú (E100). RNE.2016

La estabilidad lateral en vigas compuestas por más de un bambú y cuya altura sea mayor que su ancho debe investigarse la necesidad de proveer soporte lateral a la zona comprimida del elemento, según las siguientes recomendaciones (Bambu-E100).

- Si $d/b = 2$, no se requerirá soporte lateral.
- Si $d/b = 3$, se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.
- Si $d/b = 4$, se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.
- Si $d/b = 5$, se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

2.2.20.5. Esfuerzo a flexión

Los esfuerzos a flexión actuante (f_m) sobre cualquier sección de bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo a flexión admisibles (f'_m) modificado por los coeficientes respectivos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$f_m = \frac{M}{S} \leq F'_m$$

Donde:

F_m = esfuerzo a flexion actuante, en Mpa.

F'_m = esfuerzo admisible modificado, en Mpa.

M = momento actuante sobre el elemento N mm.

S = modulo de seccion en mm^3 .

El modulo de seccion S para un bambu se calculara con la siguiente ecuacion:

$$S = \frac{\pi * (De^4 - (De - 2t)^4)}{32 * De}$$

Donde:

S = modulo de seccion en mm^3

De = diametro promedio exterior de bambu en mm

t = espesor promedio de la pared del bambu en mm

Para verificar la resistencia a la flexión de secciones compuestas de 2 o más bambúes, se debe calcular el módulo de sección para cada condición particular (E100-RNE).

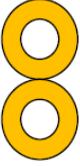
Sección	S (mm ³)
	$\frac{\pi(5D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$
	$\frac{\pi(35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e}$

FIGURA N° 33, Modulo de sección para vigas compuestas

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

Cuando se empleen varias varas de bambú para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los bambúes ($I = \sum i$). si se garantiza un trabajo en conjunto, la inercia podrá ser calculada con el teorema de los ejes paralelos.

$$I = \sum(A_i * d_i^2) + \sum I_i$$

Donde:

I = inercia de la sección compuesta en mm⁴.

A_i = área para el i -nesimo en mm².

D_i = distancia entre el centroide del conjunto de bambúes y el centroide del i -nesimo bambue, en mm

I_i = la inercia individual de cada bambue referida asu propio centroide, en mm⁴.

El momento de inercia necesario para que no se defleccione excesivamente o vibre demasiado el elemento de bambú, debe ser necesariamente rígido para vigas simplemente apoyadas.

$$I_{\text{elemento}} \geq I_{\text{necesario}} = \frac{5Wl^3 * K}{384 * E}$$

Donde:

W = carga distribuida

L = luz de la viga

E = modulo de elasticidad min.

K = factor que depende de la rigidez.

Momentos de inercias de secciones compuestas de bambues

	$I = \frac{\pi * (de^4 - di^4)}{64}$
	$I = \frac{\pi(5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$
	$I = \frac{\pi \cdot [35d_e^4 - 32d_e^2 d_i^2 - 3d_i^4]}{64}$

FIGURA N° 34, Inercia de sección para vigas compuestas

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

2.2.20.6. Esfuerzo a fuerza cortante

Para los esfuerzos máximos de corte se realizarán los cálculos a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento y para vigas conformadas por un solo bambú dicha altura será igual al diámetro exterior (De) de la misma no considerando en voladizos donde los esfuerzos máximos de corte serán calculados en la cara del apoyo, para vigas conformadas por dos bambúes la altura (h) corresponde a la altura real del elemento, según la normativa

(E100-RNE 2016).

El máximo esfuerzo cortante debe ser determinado teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras ($F'v$) establecido para los bambúes en el cuadro N° 14 (ESFUERZOS ADMISIBLES), modificado por los coeficientes a que haya lugar, según la normativa (E100-RNE 2016).

2.2.20.7. Esfuerzo cortante paralelo a la fibra.

El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante ($f'v$) sobre cualquier la sección de bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisible ($F'v$), modificado por los coeficientes correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$f'v = \frac{2v}{3A} \left(\frac{3De^2 - 4Det + 4t^2}{De^2 - 2Det + 2t^2} \right) \leq F'v$$

Donde:

$f'v$ = *esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa*

A = *área de la sección transversal del elemento de bambú, en mm²*

De = *diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm*

t = *espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm*

$F'v$ = *esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa*

v = *fuerza cortante en la sección considerada, en N*

2.2.20.8. Distribución de conectores en vigas de sección compuesta

Para las vigas con dos o más bambús, por medio de conectores transversales de acero, que garanticen el trabajo en conjunto. El máximo espaciamiento de los conectores no puede exceder el menor valor de tres veces el alto de la viga (3h) o un cuarto de la luz (1/4 L) o según el resultado de la formula.

$$j = \frac{7 * l}{v}$$

Donde:

J= espaciamiento entre conectores de viga compuesta en mm

l= luz de la viga en mm

V= máximo cortante en la viga en KN

Como se muestra en la siguiente imagen.

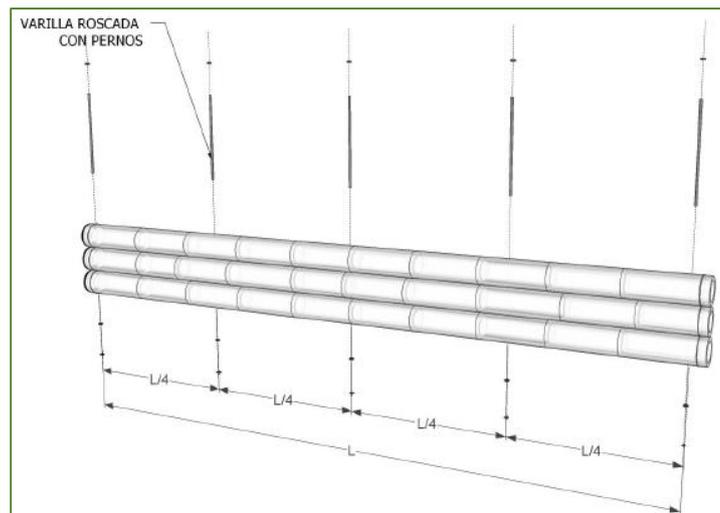


FIGURA N° 35, Detalle de conectores de sección compuesta

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

2.2.20.9. APLASTAMIENTO

Para los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f_p), deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas, Todos los entrenudos que estén sometidos a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, deben estar rellenos de mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla el valor del esfuerzo admisible $F'p$ se debe reducir a la 4^{ta} parte $F'p/4$.

$$f_p = \frac{3RDe}{2t^2l} \leq F'p$$

donde:

$F'p$ = esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

f_p = esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

De = diámetro externo promedio de la sección de bambú, en mm

t = espesor promedio de la sección de bambú, en mm

l = longitud de apoyo, en mm

R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

2.2.21. Diseño de elementos solicitados tensión axial

Para los esfuerzos tensionales axiales actuantes (f_t) sobre el elemento de bambú no debe exceder los esfuerzos admisibles a tensionales axiales ($F't$) modificados por los coeficientes de modificación respectivos antes del diseño.

$$f't = \frac{T}{An} \leq F't$$

Donde:

f_t = esfuerzo a tensión actuante, en MPa

T = fuerza de tensión axial aplicada, en N

F'_t = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

A_n = área neta del elemento, en mm²

se deben evitar los diseños, en los cuales los elementos estructurales de bambú estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra debido a su baja resistencia en esta sollicitación, no obstante, si se presentan estos esfuerzos se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionando refuerzo en la zona comprometida, a través de zunchos metálicos o platinas.

2.2.22. Elementos solicitados a compresión axial.

➤ Longitud efectiva.

La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos.

$$l_e = l_u * K$$

Donde:

l_u = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm

k = coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos tabla N° 20

l_e = longitud efectiva, en mm

para determinar el coeficiente de longitud efectiva se realizará en función al siguiente cuadro según la normativa (E100-RNE 2016)

TABLA N° 19, Coeficiente de longitud efectiva

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

FUENTE: bambú (E100). RNE.2016

➤ **Esbeltez.**

Para determinar la esbeltez de una columna de bambú, la medida de la esbeltez estará dada por la siguiente formula:

$$\lambda = \frac{l_e}{r} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

λ = relación esbeltez del elemento

l_e = longitud efectiva del elemento, en mm

r = radio de giro de la sección, en mm

El radio de giro de la sección constituido por un solo bambú será calculado con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = diámetro externo promedio de la sección de bambú, en mm

t = espesor promedio de la sección de bambú, en mm

r = radio de giro de la sección

En el diseño de elementos solicitados a compresión constituidos por dos o más varas de bambú la medida de la esbeltez será calculada usando la ecuación (1), con el radio de giro calculado con la siguiente formula:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I = inercia de la sección calculada de acuerdo con el numeral G.12.9.2.5, en mm⁴

A = área de la sección transversal, en mm²

r = Radio de giro de la sección

Si se empleen varias varas de bambú para conformar un elemento a compresión, la inercia del conjunto se calcula como la suma las inercias individuales de cada uno de los elementos de bambú ($I = \sum I_i$), Si el maestro garantiza un trabajo en conjunto la inercia podrá ser calculada con las siguientes expresiones:

- a) En elementos en compresión tipo celosía, la inercia será calculada como $I = \sum (A_i d_i^2)$, siendo A_i el área para el i-esimo bambú y d_i la distancia entre el centroide del conjunto de bambú y el centroide del i-esimo bambú.
- b) En elementos a compresión unidos en toda su longitud, la inercia será calculada como $I = \sum (A_i d_i^2) + \sum I_i$, siendo I_i la inercia individual de cada bambú referida a su propio centroide.

➤ **Clasificación de columnas.**

Las columnas de bambú se clasifican según la relación de esbeltez en cortas, intermedias y largas.

TABLA N° 20, Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

FUENTE: bambú (E100). RNE.2016

La esbeltez C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas y se calcula mediante la siguiente formula:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Donde:

F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa

$E_{0.05}$ = módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

2.2.22.1. Esfuerzos máximos

para los esfuerzos máximos que serán determinados según el tipo de columna y se utilizara para ello normativa NSR-10 y la E100.

➤ Columnas cortas ($\lambda < 30$).

Los esfuerzos máximos de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de bambú en columnas cortas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles ($F'c$) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'c$$

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n = área neta de la sección transversal, en mm²

$F'c$ = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

➤ Columnas intermedias ($30 < \lambda < C_k$).

Los esfuerzos máximos de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de bambú en columnas intermedias, no debe ser mayor que el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles ($F'c$) de la vara de bambú modificado por los factores correspondientes, calculado según la ecuación siguiente:

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left(\frac{\lambda}{C_k}\right)^3\right)} \leq F'c$$

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n = área neta de la sección transversal, en mm²

$F'c$ = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

λ = esbeltez, ecuación (1)

C_k = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas

➤ **Columnas largas ($C_k < \lambda < 150$).**

Para los esfuerzos máximos de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de bambú en columnas largas, no debe ser mayor al valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles ($F'c$) modificado por los factores correspondientes que se calculara según la siguiente formula:

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'c$$

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

$F'c$ = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

λ = esbeltez, ecuación (1)

$E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

Columnas con esbeltez superior a 150 está totalmente prohibidas.

2.2.23. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

➤ Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Para los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a fuerzas de tensión axial y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente ecuación:

$$\frac{ft}{F't} + \frac{fb}{F'b} \leq 1$$

Donde:

ft = esfuerzo a tensión actuante, en MPa

F't = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

fb = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

F'b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

➤ Elementos solicitados a flexo-compresión

cuando se presente elementos que estén expuestos a esfuerzos de flexión y compresión en paralelo deben ser diseñados teniendo las consideraciones siguientes:

$$\frac{fc}{F'c} + \frac{Kmf b}{F'b} \leq 1$$

Donde:

fc = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

F'c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

fb = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

F'b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

Km = coeficiente de magnificación de momentos

El cálculo del coeficiente de magnificación de momentos se realizará con la siguiente fórmula:

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left(\frac{N_a}{N_{cr}} \right)}$$

Donde:

K_m = coeficiente de magnificación de momentos

N_a = carga de compresión actuante, en N

N_{cr} = carga crítica de Euler

Para el cálculo de la carga crítica de Euler se realizará con la siguiente fórmula:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$$

Donde:

N_{cr} = carga crítica de Euler, en N

$E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

I = momento de inercia de la sección, en mm⁴

l_e = longitud efectiva del elemento, en mm

2.2.23.1. Cargas admisibles en elementos sometidos a compresión.

Los elementos que estén sometidos a compresión axial deben ser diseñados considerando una excentricidad mínima, para los casos siguientes:

➤ Columnas cortas

La carga admisible se debe calcular multiplicando el valor del esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras por el área de la sección, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = f_c * A$$

➤ Columnas intermedias

Para columnas intermedias, que fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad se podrá utilizar la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = f_c * A \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{Ck} \right)^4 \right)$$

➤ **Columnas largas**

La carga admisible de columnas largas se debe determinar por consideraciones de elasticidad, considerando una adecuada seguridad al pandeo, la carga máxima se determinará por la fórmula de Euler por lo que la fórmula general de las columnas de sección variable será:

$$N_{adm} = \frac{\pi^2 EA}{2.5 * (\lambda)^2}$$

Para columnas circulares

$$N_{adm} = 0.2467 * \frac{EA}{(\lambda)^2}$$

2.2.23.2. Diseño de elementos sometidos a flexo compresión

Los elementos que estén sometidos a esfuerzos de flexión y compresión combinados al mismo tiempo deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{Km|M|}{Z * f_m} < 1$$

En el momento que se presenta el flexo compresión combinada con los momentos flectores se amplifican por acción de las cargas axiales que se dan, a este efecto se le calcula el coeficiente de magnificación según la siguiente formula:

$$Km = \frac{1}{1 - 1.5 \left(\frac{N}{N_{cr}} \right)}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada.

N_{adm} = Carga axial admisible, calculada según las fórmulas de las columnas.

K_m =Factor de magnificación de momentos.

$|M|$ =Valor absoluto del momento flector máximo en los elementos.

Z = Módulo de sección con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión.

f_m =Esfuerzo admisible en flexión.

N_{cr} = Carga crítica de Euler para pandeo en la sección en que se aplican los momentos de flexión.

2.2.24. Diseño de uniones

Las consideraciones que se tiene que tener en cuenta en el diseño de uniones en bambú son muchos factores y condiciones de carga a las cuales estará sometido el elemento de bambú, ya sea a compresión, tracción o flexión ya que el diseño y la envergadura del proyecto de edificación dependerá de la forma de la estructura que le demos, donde Todo elemento constituyente de una unión debe diseñarse para que no falle por tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra.

2.2.24.1. Tipos de corte

Los tres tipos de cortes más utilizados para la fabricación de uniones con elementos de bambú, son: corte recto, corte boca de pescado y corte pico de flauta.

- Corte recto, es el corte recto perpendicular al eje del bambú.

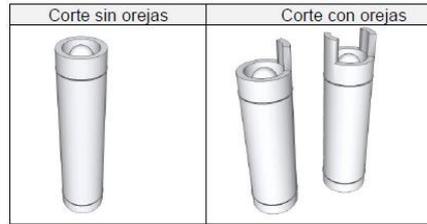


FIGURA N° 36, Corte recto sin oreja y con orejas

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

- Corte boca de pescado o corte cóncavo transversal al eje de la vara de bambú, generalmente se utiliza para acoplar dos elementos de bambú.



FIGURA N° 37, Corte boca de pescado

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

- El corte pico de flauta, este corte se utiliza para acoplar bambús que llegan en ángulos diferentes a 0° y 90°, se puede hacer como una boca de pescado inclinado o con dos cortes rectos.



FIGURA N° 38, Corte pico de flauta

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

2.2.24.2. Uniones empernadas

Todas estas disposiciones son aplicables a uniones empernadas de dos o más elementos de bambú, uniones de elementos de bambú con platinas metálicas o para la fijación de bambú a elementos de concreto por medio de platinas y anclas.

Especificaciones.

- Las conexiones empernadas deben ser de acero estructural con esfuerzo de fluencia superior a 240 MPa; el diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9.5 mm (#3) y el espesor mínimo de las pletinas será de 4.8 mm (3/16”).
- Para la colocación de un perno las perforaciones deben estar bien alineadas respecto al eje del mismo y tener un diámetro mayor al diámetro del perno de 1.5mm. (1/16”), las perforaciones hechas para el relleno de los entrenudos deben tener un diámetro máximo de 26mm, y deben ser debidamente tapadas con el mismo mortero de relleno para garantizar la continuidad estructural del elemento.
- Para uniones en las cuales las varas de bambú estén sometidos a cargas de aplastamiento, se hace necesario rellenar los entrenudos adyacentes a la unión y por donde pasen pernos con una mezcla de mortero de cemento en relación 1 a 3, preferiblemente con un aditivo plastificante que garantice la fluidez de la mezcla y su resistencia.
- Toda unión empernada que carezca de platinas, se deben utilizar arandelas metálicas entre la tuerca y el bambú o entre la cabeza del perno y el bambú, de acuerdo con la tabla N°22.

TABLA N° 21, Dimensiones mínimas para uniones de arandelas

Diámetro del perno (mm)	9.5	12.7	15.9
Espesor de la arandela (mm)	4	5	6
Diámetro externo arandelas (mm)	45	50	65

FUENTE: estructuras de guadua (NSR-10)

- Para las cargas admisibles para uniones empernadas sometidas a cizallamiento doble se calcularán a partir de los valores P, Q y T dados en el cuadro N°23, en función del diámetro exterior del bambú (De) y del diámetro del perno (d).

TABLA N° 22, Cargas admisibles para uniones empernadas con doble cizallamiento

Perno	De	P	Q	T
	(mm)	(N)	(N)	(N)
#3	80	7212	2885	2000
	90	8008	3203	2100
	100	8804	3522	2200
	110	9601	3840	2300
	115	10041	4016	2400
	120	10481	4193	2500
	125	10922	4369	2600
	130	11362	4545	2700
	135	11802	4721	2800
	140	12242	4897	2900
	150	13039	5216	3000
	#4	80	9710	3884
90		9916	3966	2100
100		10943	4377	2200
110		11970	4788	2300
115		12521	5009	2400
120		13072	5229	2500
125		13623	5449	2600
130		14174	5670	2700
135		14725	5890	2800
140		15276	6110	2900
150		16303	6521	3000
#5		80	11540	4616
	90	12806	5122	2100
	100	13250	5300	2200
	110	14515	5806	2300
	115	15185	6074	2400
	120	15855	6342	2500
	125	16525	6610	2600
	130	17195	6878	2700
	135	17865	7146	2800
	140	18535	7414	2900
	150	19800	7920	3000

FUENTE: estructuras de guadua (NSR-10)

- Todos los valores de P indicados serán utilizados cuando la fuerza en la unión sea paralela a las fibras, tanto del elemento central como de los elementos laterales si los hubiese.

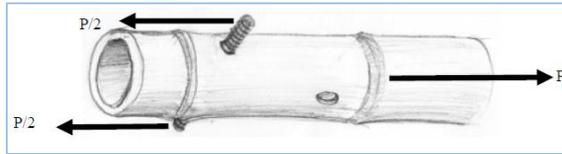


FIGURA N° 39, Fuerzas paralelas a la fibra

Fuente: estructuras de guadua (NSR-10)

- En el momento que se produzcan las fuerzas paralelas a las fibras del elemento central pero perpendicular a las fibras de los elementos laterales, o viceversa, se indican como Q , siempre y cuando el elemento central y los elementos laterales se encuentren en planos paralelos.

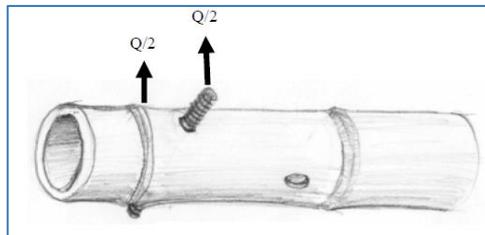


FIGURA N° 40, Carga Q

Fuente: estructuras de guadua (NSR-10)

- Si la fuerza es perpendicular a las fibras de uno de los elementos y paralela a las fibras en el otro se indican como T , siempre y cuando los elementos de bambú estén en el mismo plano de análisis.

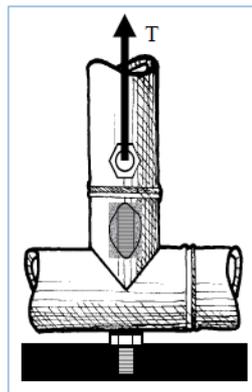


FIGURA N° 41, Carga T

Fuente: estructuras de guadua (NSR-10)

- Todas las cargas admisibles P y Q corresponden a dos situaciones límites en función si la fuerza en la unión sigue la dirección del elemento central, pero forma un ángulo α con la dirección de las fibras de los elementos laterales, o viceversa, la carga admisible se determinará mediante la ecuación de Hankinson que se muestra a continuación:

$$N = \frac{PQ}{P \sin^2 \alpha + Q \cos^2 \alpha}$$

- Todas las cargas admisibles que se muestran en la tabla N° 23 corresponden a uniones con un solo perno, cuando una unión requiera más de dos pernos en línea paralela a la dirección de la carga, la carga admisible de la unión se obtendrá multiplicando los valores admisibles por perno obtenidos de dicha tabla, por el número de pernos y por un coeficiente de reducción por grupo, Cg.

TABLA N° 23, Coeficiente de reducción por Cg.

Clase de unión	Numero de pernos				
	2	3	4	5	6
Uniones con elementos de guadua	1.0	0.97	0.93	0.89	0.82
Uniones con elementos de acero	1.0	0.98	0.95	0.92	0.90

FUENTE: estructuras de guadua (NSR-10)

El espaciamiento entre los pernos no debe ser inferior a 150 mm ni mayores a 250 mm, en todo caso debe existir un entrenudo entre cada perno, la distancia desde el perno hasta el extremo libre del elemento debe ser superior a 150 mm en uniones sometidas a tracción y 100 mm en uniones sometidas a compresión.

➤ Uniones coloniales

Es un tipo de unión que utiliza tarugos de madera y 1 perno de 3/8" en cada extremo para una resistencia admisible de 200 Kg. Utilizar tarugos de madera y 2 perno de 3/8" en cada extremo para una resistencia admisible 350 Kg.

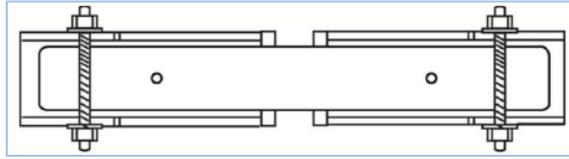


FIGURA N° 42, Unión colineal

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

➤ Uniones perpendiculares

para las uniones perpendiculares se utiliza barras, pernos y pasadores de 3/8" según los siguientes gráficos para una resistencia admisible de 200kg.

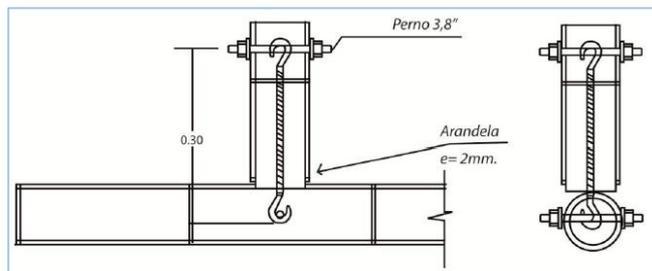


FIGURA N° 43, Unión perpendicular

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

➤ Uniones diagonales

En uniones diagonales se emplean barras, pernos y pasadores de 3/8" con mortero (1:3 cemento: arena), según los siguientes gráficos para resistencia admisible de 200 Kg.

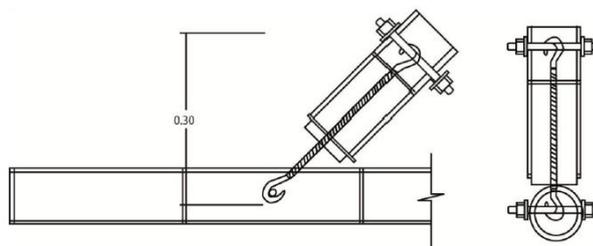


FIGURA N° 44, Uniones diagonales

Fuente: bambú (E100). RNE.2016

2.2.25. Diseño de cimentaciones

Las recomendaciones que se dan es construir un sobre cimiento de altura mínima de 200 mm sobre el nivel del terreno natural para recibir todos los elementos estructurales verticales de bambú (sean columnas o muros estructurales).

Las columnas de bambú no pueden estar en contacto directo con el suelo natural, deben apoyarse en un sobre cimiento (zócalos, pedestales, pilaretes u otros), debidamente impermeabilizado en la superficie de contacto con las varas de bambú.

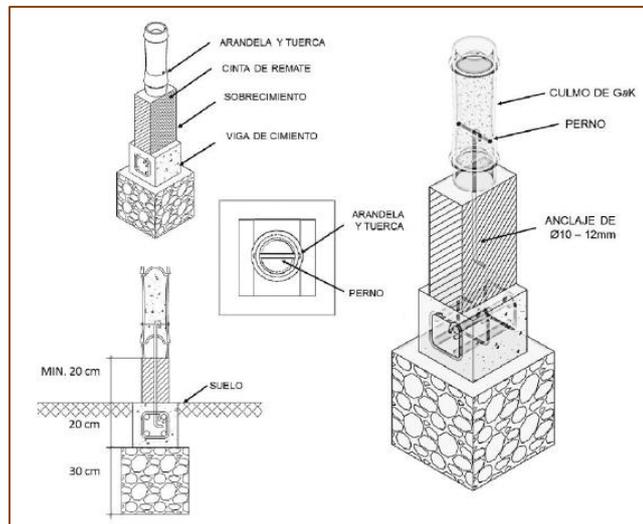


FIGURA N° 45, Detalle de apoyo de columna de bambú

Fuente: estructuras de guadua. NEC.2016

➤ Diseño de cimentaciones

En el diseño existen varias opciones de anclaje de las varas a los sobre cimientos, como: varilla corrugada, pletinas, tubos de acero, elementos articuladores de acero, entre otros, de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural.

➤ **Mediante varilla de acero**

Para este tipo de anclaje se debe tener en consideración varios aspectos de entre ellos los más resaltantes son los siguientes:

- a) El inicio de las varillas se da en el cimiento y sobresalen en la cabeza del sobre cimiento, para cumplir las funciones de anclaje entre el sobre cimiento y las varas de bambú.
- b) Todo el sistema posibilita el apoyo de, uno o más varas de bambú, en la cabeza del sobre cimiento.
- c) Las varas de bambú deben apoyarse a 20 o 30 mm por abajo del nudo.
- d) Realizar una abertura con la sierra de copa o saca bocados de 25 mm de diámetro en el entrenudo de la vara a 300 mm del sobre cimiento.
- e) Todos los diámetros de anclaje que penetren en las varas de bambú, está en función de la altura de las columnas, en todo caso, no deben ser menores a 10 mm (3/8”), ni mayores a 18 mm (3/4”).
- f) Los anclajes que sobresalen del zócalo o pedestal deben ser de no menos de 300 mm de longitud.

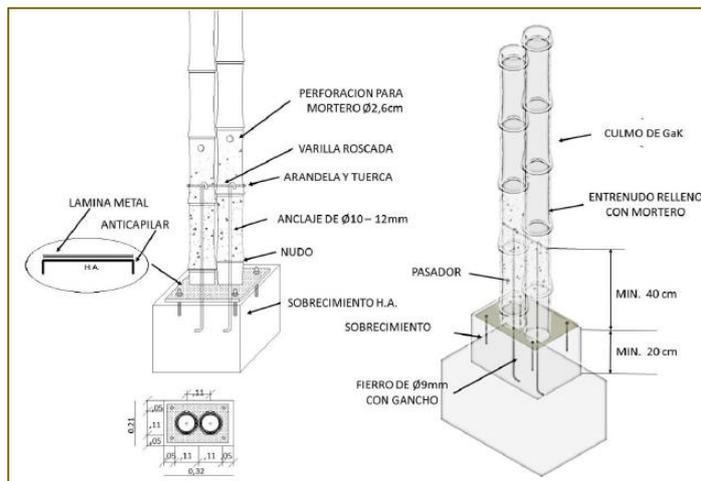


FIGURA N° 46, Anclaje mediante varilla de acero

Fuente: estructuras de guadua. NEC.2016

➤ **Mediante platinas de acero**

Mediante este sistema nos permite asegurar uno o más varas al sobrecimiento, sin necesidad de introducir morteros o mezclas de arena/cemento, al interior de las varas de bambú.

El método consiste en que sobresalen del sobrecimiento dos pletinas metálicas de 40 mm de ancho y 5 mm de espesor.

- a) Las 2 pletinas pueden iniciar su anclaje desde el cimiento o desde el sobre cimiento y sobresalir no menos de 250 mm de la cabeza del pedestal o los zócalos.
- b) Todas las pletinas pueden estar previamente perforadas y atravesadas con dos pernos de 10 mm, debidamente asegurados con tuercas y arandelas, mientras dure el fraguado del cimiento y sobrecimiento, para asegurar la alineación de las perforaciones en las dos pletinas.
- c) Todas las pletinas deben ser lo suficientemente anchas como para colocar los pernos de tal forma que no se encuentren alineados en la misma cara o desfasados, para minimizar el efecto de corte de los mismos a las fibras paralelas del bambú.
- d) Toda la separación entre las dos pletinas debe estar de acuerdo al diámetro de las varas de bambú disponibles.
- e) Una vez que se dé el fraguado, se extraen las tuercas, se coloca la vara de bambú y se lo perfora en dirección de los agujeros de las dos pletinas y se emperna.

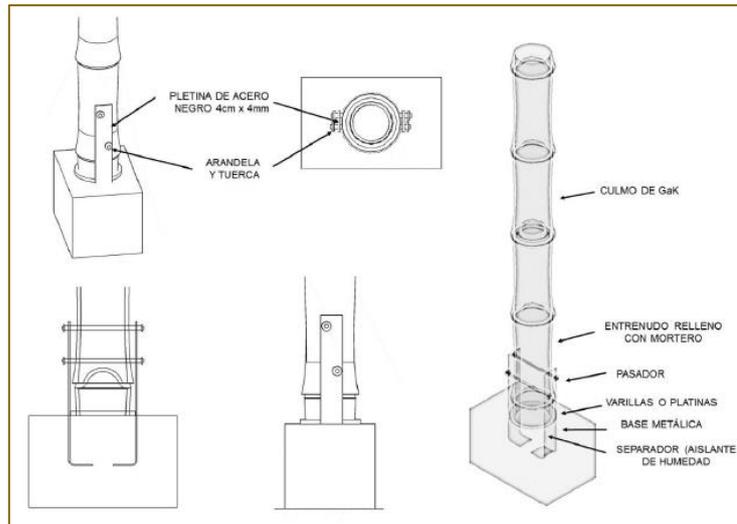


FIGURA N° 47, Anclaje mediante platinas

Fuente: estructuras de guadua. NEC.2016

2.3. DEFINICION DE TERMINOS

- **Bambú:** Es una planta originaria de China de la familia de las gramíneas puede alcanzar hasta los 25 metros de altura en condiciones excepcionales. La raíz forma un rizoma muy potente del que salen los tallos. Éste está formado por nudos y entrenudos muy marcados. Florece después de muchísimo tiempo. La floración consume tantos recursos que en ocasiones la planta no se recupera y muere.
- **Tracción paralela:** la tracción paralela es la fuerza máxima paralela a las fibras de bambú que son ellos quienes soportan a fuerzas tractivas.
- **Modelación:** Una manera de hallar la carga máxima que puede soportar los tipos de conexiones evaluadas en éste proyecto, es por medio de programas de diseño estructural. Al ser un trabajo académico, el programa SAP 2000 es uno de los programas que más se ajusta para el modelamiento de éste tipo de conexiones, para poder establecer el modelo primero se debe tener en cuenta ciertos parámetros o consideraciones, como, por ejemplo: el tipo de material, ser un elemento finito, definir dimensiones del elemento con sus respectivas propiedades físicas y mecánicas, entre otro.

- **Diseño:** Es un resultado final de un proceso, que trabaja en intervenciones concretas, itera sobre representaciones parciales para construir.
- **Estructura:** Se trata de la distribución y el orden de las partes principales de un edificio o de una casa, así como también de la armadura o base que sirve de sustento a la construcción.
- **Pórtico:** Este concepto menciona el espacio levantado con columnas y techo que se encuentra en el cuerpo de ciertas construcciones.
- **Derivas:** Desplazamiento relativo entre pisos.
- **Cimentación:** Conjunto de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

2.4. HIPOTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Los resultados del análisis y diseño estructural serán estructuras livianas con desplazamientos inelásticos significativos ante los eventos sísmicos.

2.4.2. Hipótesis específicos

- a) El resultado de aplicar el método de esfuerzos admisibles estará ligado directamente con la condición de servicio del elemento en bambú.
- b) Los esfuerzos máximos influyentes serían los flexionantes en la capacidad resistente de los elementos de bambú en una edificación de la municipalidad provincial de satipo.
- c) Las cargas estructurales influyen significativamente en función a la ubicación de los elementos de bambú para la edificación.
- d) La propiedad mecánica más significativa sería a esfuerzos flexionantes en el elemento de bambú para la edificación.

2.5.VARIABLES

2.5.1. Definición conceptual de variables

- a) **Variable Independiente**= análisis y diseño estructural, el análisis y diseño estructural consiste en el uso de ecuaciones de la resistencia del material para encontrar los esfuerzos internos de la estructura tales como deformaciones y tensiones para ser utilizados en el proceso de diseño de los elementos resistentes a solicitudes de cargas estáticas y dinámicas.
- b) **Variable Dependiente**= elementos en bambú. Las propiedades y la forma del bambú lo convierten un material apto para resistir cargas definidas tanto dinámicas como estáticas. En la práctica las edificaciones construidas en base a la utilización del bambú tienden a ser más baratas y ligeras dependiendo la ubicación en donde se va realizar como suelos en laderas o suelos inestables ya que estos nos exigen estructuras más livianas, pero con las mismas condiciones y comportamiento estructural que pueda desempeñar una de concreto o albañilería.

2.5.2. Definición operacional de variables

- **análisis y diseño estructural**, la estructura debe concebirse como un sistema o conjunto de partes y componentes que se combinan ordenadamente para cumplir una función estructural y así obtener de todas las mejores soluciones posibles (diseño sismo resistente, p01).
- **Elementos en bambú**, sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, tales como la relación peso – resistencia (similar o superior al de algunas maderas), siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que esta especie de bambú sea un material ideal para construcciones sismo resistentes, (construir con bambú, p05)

2.5.3. Operacionalizacion de variables

TABLA N° 24, Operacionalizacion de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO
ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL	APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS	- ESFUERZOS ADMISIBLES -ESFUERZOS MAXIMOS -CARGAS ESTRUCTURALES -PROPIEDADES MECANICAS	HOJAS DE CALCULO (EXCEL,MATCAD), SOFTWARES (SAP 2000, AUTODESK FLOW DESIGN)
ELEMENTOS EN BAMBU	RESISTENCIA	- DISIPAR ENERGIA -FLEXION -SISMORESISTENTE -CORTE	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODO DE INVESTIGACION

El método de la investigación será el científico, por ser una serie ordenada de procedimientos de que hace uso la investigación científica para observar la extensión de nuestros conocimientos concibiendo el método científico como una estructura, un armazón formado por reglas y principios coherentemente concatenados.

3.2. TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación es Aplicada, Se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, siendo un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología dando solución a los problemas prácticos.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACION

El nivel de investigación fue explicativo, donde tiene como propósito explicar las causas que originan un fenómeno y la verificación de hipótesis causales y explicativas con la finalidad de explicar el comportamiento de una variable en función de otras.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño de la investigación por la naturaleza del estudio será el cuasi-experimental, este diseño de investigación para su ejecución implica que el investigador realice mediciones periódicas de la variable dependiente

en un solo grupo antes de la aplicación de la variable independiente(X) y luego de dicha aplicación, efectúe nuevas mediciones (O) en la variable de interés. El diagrama de este diseño es el siguiente:

- **Diseño de series de tiempo:**

Este diseño implica que se haga mediciones periódicas de la variable dependiente en un solo grupo antes de la aplicación del experimento (variable independiente), luego de dicha aplicación efectúe nuevas observaciones en las variables de interés.

O1 O2 O3 O4 X O5 O6 O7 O8

3.5. POBLACION Y MUESTRA

3.5.1. POBLACION

La población es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación.

Por lo que la población es el conjunto de edificaciones en la municipalidad de la provincia de satipo.

3.5.2. MUESTRA

La muestra es una parte o fragmento representativo de la población, cuya característica esencial son las de ser objetivas y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población.

La muestra estará conformada por una edificación de uso oficina como es la gerencia del ambiente en la municipalidad provincial de satipo.

3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

En primer lugar, se tiene en cuenta el análisis documental, donde se considerará las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

La recolección de datos está en base a un análisis y diseño relacionados al tipo de estructura planteada.

3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Se procesará la información utilizando los programas de diseño y cálculo estructural con el uso del sap 2000, para el cálculo de cargas, el safe 2016 para el diseño de la cimentación el EXCEL 2013 para Windows, además de una computadora de última generación que permitirá obtener rápidamente modelos tabulares, modelos gráficos y modelos numéricos, listos para ser presentados y analizados.

3.8. TECNICA Y ANALISIS DE DATOS

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

Como señala PÉREZ, Alberto (2005), se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo α .
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.

5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño n .
6. Rechazar la H_0 si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) en el otro caso”.

CAPITULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ELEMENTOS

Para la presente investigación se optó por tomar las muestras dentro de la localidad para donde se ha de realizar el diseño ubicándonos así en la provincia de satipo, en coordinación con la organización “kapiro rio tambo” para la obtención de las muestras a ensayar, seleccionando así dos variedades de bambú, la guadua angustifolia y el dendrocalamus asper.

4.1.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- instrumento que se utilizó para determinar las propiedades mecánicas del material, resistencia a compresión y en sayo a corte del bambú, maquina a compresión modelo MES- 150 “servos testing machines”.



FIGURA N° 48, Maquina a compresión "servosis testing machines" Mod: MES- 150

Fuente: propia

- instrumento que se utilizó para determinar las propiedades mecánicas del material, resistencia a tracción y flexión del bambú, maquina a tracción modelo ME- 403-30 "servos testing machines".



FIGURA N° 49, Maquina a tracción, "servosis testing machines" Mod:ME 403/30

Fuente: propia

4.1.2. Ensayos para determinar los esfuerzos admisibles

- Preparación de probetas según la normativa técnica colombiana NTC 5525, según el diámetro del culmo y el tipo de ensayo al que se ha de someter.



FIGURA N° 50, Probetas de bambú

Fuente: propia

- Ensayo a compresión, según NTC 5525 se tuvo en consideración par el ensayo la altura de la probeta como 2 veces el diámetro extremo de la probeta, con una superficie del extremo de la probeta en un ángulo recto con una desviación máxima de 0.2 mm.



FIGURA N° 51, Ensayo compresión

Fuente: propia

- Ensayo a corte, según NTC 5525 se tuvo en consideración par el ensayo la altura de la probeta igual al diámetro exterior, realizándose el ensayo en una maquina a compresión con unos moldes que hagan que la falla se produzca por corte, aplicándose la carga continuamente, teniendo en cuenta que el 50% de las probetas estar con nudos y el otro porcentaje sin nudos.



FIGURA N° 52, Ensayo a corte del bambú

Fuente: propia

- Ensayo a tracción, según NTC 5525 se tiene que tener en consideración que el material a ensayar no tenga imperfecciones y con una longitud de 30 veces el diámetro del culmo, por lo que se tuvo que adecuar la máquina para el ensayo.



FIGURA N° 53, Ensayo a flexión

Fuente: propia

- Ensayo a tracción, según NTC 5525 se realizó el ensayo asegurando que la carga se aplique a lo largo de su eje evitando la torsión longitudinal, considerando que las medidas de las probetas deben medir con una exactitud de 0.1 mm.



FIGURA N° 54, Ensayo a tracción

Fuente: propia

- Determinación del contenido de humedad para cada ensayo respectivamente teniendo presente las indicaciones de la normativa NTC 5525, donde se establece los parámetros y medidas para la toma de muestras tomándose muestras de 25mm por 25mm para su respectivo pesado y secado en un horno a temperaturas de 103 °C por un periodo de 24 horas para su respectivo pesado en seco.



FIGURA N° 55, Secado y pesado de las muestras

Fuente: propia

4.1.3. Esfuerzos admisibles para las diferentes solicitaciones

se determinó los esfuerzos admisibles del bambú para las dos variedades respectivas tanto en un estado húmedo y un estado seco obteniéndose resultados significativos en función de su contenido de humedad basándonos en la normativa colombiana NTC 5525 donde nos establece los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas del bambú.

➤ Esfuerzos admisibles a compresión

Se determinó los esfuerzos admisibles para las dos variedades de bambú que se cultivan en la zona bajo diferentes condiciones de contenido de humedad, mostrándose los esfuerzos admisibles a compresión de la variedad *dendrocalamus asper* obteniéndose los siguientes valores.

TABLA N° 25, Esfuerzo admisibles a compresión "*dendrocalamus asper*" húmedo

esfuerzos admisibles a compresion <i>dendrocalamus humedo</i>										
codigo	variedad	De	E	t	C.H.	σ .	$\sigma adm.$	$(X-X)^2$	D.S	$\sigma adm. Final$
		cm	kg/cm ²	cm	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
CD-01	dendrocalamus	10.87	931.09	1.45	87.037	293.2	348.95	7.049025	3.754737	347.850263
CD-02	dendrocalamus	10.86	689.36	1.513	84.74	308.7	354.26	7.049025		
CD-03	dendrocalamus	10.65	224.61	1.544	58.12	89.9	103.78	-		
CD-04	dendrocalamus	11.21	641.12	1.48	55.86	220.6	248.37	-		
						prom=	351.605	14.09805	Mpa	34.11245782

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a compresión de bambú de la variedad “dendrocalamus asper” bajo una condición de humedad relativamente seco mostrándose en la siguiente tabla.

TABLA N° 26, Esfuerzos admisibles a compresion "dendrocalamus asper" relativamente seco

esfuerzos admisibles a compresion dendrocalamus seco										
codigo	variedad	De	E	t	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X) ²	D.S	σ adm. l
		cm	kg/cm ²	cm	%	KN	kg/cm2			kg/cm2
MG-01	dendrocalamus	12.45	3366.1	1.17	31.43	249.4	305.52	1.5625	1.77	302.502
MG-02	dendrocalamus	12.44	3072.45	1.18	34.45	249.2	303.02	1.5625		
MG-03	dendrocalamus	12.46	2933.9	1.17	29.67	231	282.66	-		
						prom=	304.27	3.125	Mpa	29.66534

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a compresión de la variedad de bambú “guadua angustifolia” en un estado húmedo, obtenidos los resultados mediante los ensayos realizados a los culmos.

TABLA N° 27, Esfuerzos admisibles a compresión "guadua angustifolia" húmedo

esfuerzos admisibles a compresion guadua humedo										
codigo	variedad	De	E	t	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X) ²	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	cm	%	KN	kg/cm2			kg/cm2
GC-01	GUADUA	12.25	261.98	1.08	27.43	78.3	105.22	-	6.47145	187.2352191
GC-02	GUADUA	11.68	471.71	0.95	26.29	126.4	201.1	54.6613778		
GC-03	GUADUA	11.93	542.74	0.94	26.21	121.2	190.95	7.59921111		
GC-04	GUADUA	12.05	519.29	0.99	23.67	128	189.07	21.4986778		
GC-05	GUADUA	12.85	650.94	1.04	25.99	119.3	157.98	-		
						prom=	193.706667	41.8796333	Mpa	18.36150262

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a compresión de la variedad de bambú “guadua angustifolia” en un estado relativamente seco, obtenidos los resultados mediante los ensayos realizados a los culmos.

TABLA N° 28, Esfuerzas admisibles a compresión "guadua angustifolia" relativamente seco

esfuerzos admisibles a compresion guadua seco										
codigo	variedad	De	E	t	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X) ²	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	cm	%	KN	kg/cm2			kg/cm2
CGS-01	GUADUA	9.33	163.16	0.67	23.64	51.6	144.45	3348.35823	81.833	120.482
CGS-02	GUADUA	9.6	427.49	0.67	25.93	96.58	260.18	3348.35823		
						prom=	202.315	6696.71645	Mpa	11.81520218

Fuente: propia

➤ **Esfuerzos admisibles a corte**

Esfuerzos admisibles a corte “dendrocalamus asper” en un estado húmedo

TABLA N° 29, Esfuerzas admisibles a corte "dendrocalamus asper" húmedo

esfuerzos admisibles a corte dendrocalamus									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X')^2	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
CMD-01	dendrocalamus	1.61	85.25	36.27	82.8	27.09	2.480625	2.227386	26.43761364
CMD-02	dendrocalamus	1.87	84.02	39.43	81.1	22.93	-		
CMD-03	dendrocalamus	1.69	97.04	36.67	96.7	30.24	2.480625		
CMD-04	dendrocalamus	1.4	50.22	17.93	43.1	16.25	-		
					prom=	28.665	4.96125	Mpa	2.592644238

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a corte “dendrocalamus asper” en un estado relativamente seco.

TABLA N° 30, Esfuerzos admisibles a corte "dendrocalamus asper" relativamente seco

esfuerzos admisibles a corte dendrocalamus seco									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X')^2	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
MCG-01	dendrocalamus	1.1	141.72	37	37.4	18.13	2.602844444	1.9779114	17.76542198
MCG-02	dendrocalamus	1.21	155.11	29.68	51	21.95	4.869377778		
MCG-03	dendrocalamus	1.26	120.31	29.65	40.7	17.29	-		
MCG-04	dendrocalamus	1.28	136.4	32.2	46	19.15	0.352044444		
					prom=	19.74333	3.912133333	Mpa	1.742192754

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a corte “guadua angustifolia” en un estado húmedo.

TABLA N° 31, Esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia" húmedo

esfuerzos admisibles a corte guadua humedo									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X')^2	D.S	σ adm.
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
CCG-01	GUADUA	1	15.65	24.27	23.5	12.48	0.14187778	0.66980097	12.1869
CCG-02	GUADUA	1	50.6	24.05	27.7	13.63	0.59804444		
CCG-03	GUADUA	1.07	51.31	24.43	27.4	12.46	0.15734444		
CCG-04	GUADUA	1.08	39.18	25.9	20.6	9.6	-		
					prom=	12.85667	0.44863333	Mpa	1.19512

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia" en un estado relativamente seco.

TABLA N° 32, Esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia" relativamente seco

esfuerzos admisibles a corte guadua seco							
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²	kg/cm ²
GCS-01	GUADUA	0.67	46.17	24.15	19.05	19.54	19.54
GCS-02	GUADUA	0.65	34	27.22	13.5	13.78	
					prom=	19.54	1.91621941

Fuente: propia

➤ **Esfuerzos admisibles a tracción**

Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" en un estado húmedo.

TABLA N° 33, Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" húmedo

esfuerzos admisibles a traccion dendrocalamus humedo									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	X-X'	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
T-01	dendrocalamus	1.5	1540.15	39.32	22.69	385.62	7.700625	3.924443	378.9205574
T-02	dendrocalamus	1.6	1100.45	37.62	26.24	380.07	7.700625		
T-03	dendrocalamus	1.55	960.75	40.7	21.02	345.71	-		
T-04	dendrocalamus	1.55	667.58	36.39	16.9	285.08	-		
					prom=	382.845	15.40125	Mpa	37.15941284

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" en un estado relativamente seco.

TABLA N° 34, Esfuerzos admisibles a tracción "dendrocalamus asper" relativamente seco

esfuerzos admisibles a traccion dendrocalamus seco									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	(X-X') ²	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
TDS-01	dendrocalamus	1.15	2634.84	22.07	16.7	370.2	-	13.102689	316.3923113
TDS-02	dendrocalamus	1.2	2908	21.17	25.14	485.52	-		
TDS-03	dendrocalamus	1.15	1755.22	18.49	16.81	338.76	85.840225		
TDS-04	dendrocalamus	1.25	1850.87	19.2	18.45	320.23	85.840225		
					prom=	329.495	171.68045	Mpa	31.0274866

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a tracción “guadua angustifolia” en un estado húmedo.

TABLA N° 35, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia" húmedo

esfuerzos admisibles a traccion dendrocalamus humedo									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	$(X-X)^2$	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
TGH-01	GUADUA	1.1	545.4	25.93	17.03	394.67	137.5929	16.5887251	366.3512749
TGH-02	GUADUA	1.12	542.04	24.45	12.31	280.19	-		
TGH-03	GUADUA	1.11	376.95	25.79	12.75	278.88	-		
TGH-04	GUADUA	1.14	701.54	26.01	16.6	371.21	137.5929		
					prom=	382.94	275.1858	Mpa	35.9267873

Fuente: propia

Esfuerzos admisibles a tracción “guadua angustifolia” en un estado relativamente seco.

TABLA N° 36, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia" relativamente seco

esfuerzos admisibles a traccion guadua humedo									
codigo	variedad	t	E	C.H.	σ .	σ adm.	$(X-X)^2$	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
GT-01	GUADUA	0.55	2091.02	26.34	6.94	643.34	79.0321	12.5723586	639.6576414
GT-02	GUADUA	0.65	1567.11	25.19	6.32	495.73	-		
GT-03	GUADUA	0.55	2456.2	24.6	8.81	816.7	-		
GT-04	GUADUA	0.55	2085.83	28.86	7.94	736.05	-		
GT-05	GUADUA	0.6	1788.18	26.58	7.78	661.12	79.0321		
					prom=	652.23	158.0642	Mpa	62.72898609

Fuente: propia

➤ Esfuerzos admisibles a flexión

Esfuerzos admisibles a flexión “guadua angustifolia” en un estado relativamente seco.

TABLA N° 37, Esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia" relativamente seco

esfuerzos admisibles a flexion guadua seco										
codigo	variedad	De	E	t	C.H.	σ .	σ adm.	$(X-X)^2$	D.S	σ adm. Final
		cm	kg/cm ²	cm	%	KN	kg/cm ²			kg/cm ²
FG-01	GUADUA	9.33	27469.03	0.64	24.26	4.93	129.54	25.959025	7.2054181	127.4295819
FG-02	GUADUA	8.18	30920.32	0.63	25.95	3.45	139.73	25.959025		
						prom=	134.635	51.91805	Mpa	12.49657309

Fuente: propia

4.1.4. Resumen de esfuerzos admisibles

➤ Esfuerzos admisibles del bambú de la variedad “dendrocalamus asper”

Una vez realizado los ensayos se determinó los esfuerzos admisibles a considerar para las sollicitaciones o situaciones a la que de estar expuesto la estructura determinando así los esfuerzos admisibles para el bambú de la variedad “dendrocalamus asper” comparándolo en función a la normativa RNE (E-100).

Mediante el siguiente grafico se hace la comparación de los esfuerzos admisibles a compresión de la variedad dendrocalamus asper con la normativa RNE (E-100).

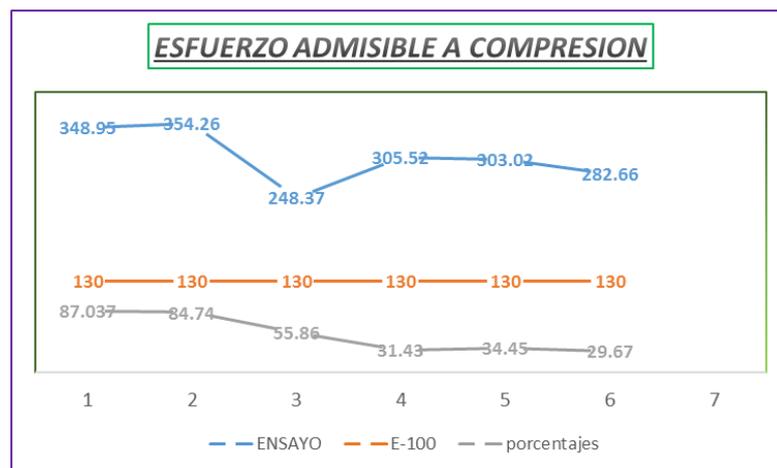


FIGURA N° 56, Esfuerzos admisibles a compresión “dendrocalamus asper”

Fuente: propia

Analizando las gráficas se determinó los esfuerzos admisibles a compresión más convenientes según el tipo de estructura que se ha de plantear.

TABLA N° 38, Resumen esfuerzos admisibles a compresión “dendrocalamus asper”

ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
CD	dendrocalamus	85.88	348	34	130	13
MG	dendrocalamus	32.94	303	30	130	13

Fuente: propia

Para los esfuerzos a corte del bambú “*dendrocalamus asper*” se determinó la gráfica siguiente comparando valores con la normativa del RNE (E-100).

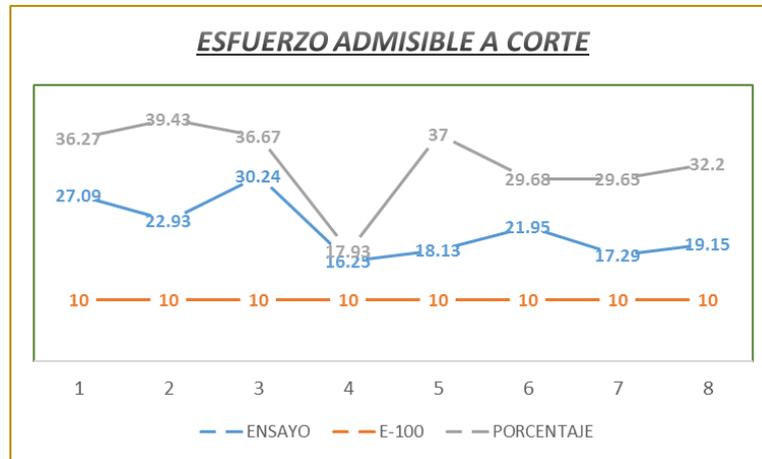


FIGURA N° 57, Esfuerzos admisibles a corte “*dendrocalamus asper*”

Fuente: propia

Analizando las gráficas se determinó los esfuerzos admisibles a corte más convenientes según el tipo de estructura que se ha de plantear.

TABLA N° 39, resumen esfuerzos admisibles a corte “*dendrocalamus asper*”

ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ adm ensayo		σ adm (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
CMD	dendrocalamus	36.47	26	3	10	1
MCG	dendrocalamus	32.96	18	2	10	1

Fuente: propia

Para los esfuerzos a tracción del bambú “*dendrocalamus asper*” se determinó la gráfica siguiente comparando valores con la normativa del RNE (E-100).

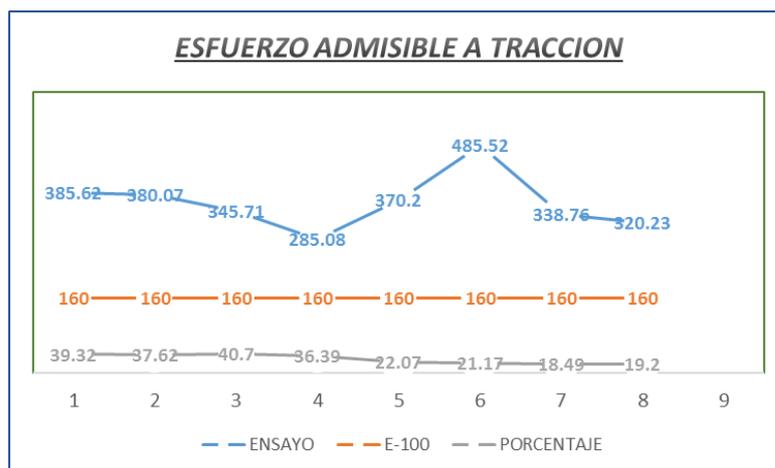


FIGURA N° 58, Esfuerzos admisibles a tracción “dendrocalamus asper”

Fuente: propia

Según el análisis de la gráfica se determinó los esfuerzos admisibles a tracción más convenientes según el tipo de estructura que se ha de plantear.

TABLA N° 40, Resumen esfuerzos admisibles a traccion “dendrocalamus asper”

ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
T	dendrocalamus	38.47	379	37	50	5
TDS	dendrocalamus	20.23	316	31	50	5

Fuente: propia

➤ **Esfuerzos admisibles del bambú de la variedad “guadua angustifolia”**

Se realizó el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los culmos de bambú de la variedad “guadua angustifolia” mostrándose en la siguiente figura los rangos del ensayo a compresión.

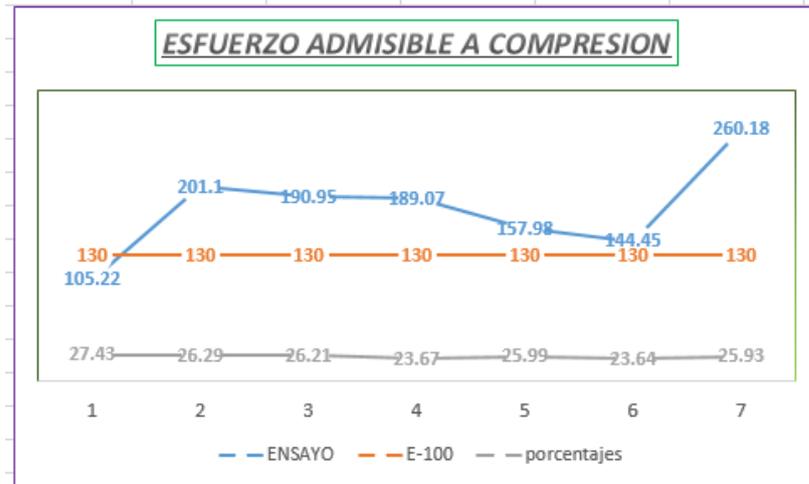


FIGURA N° 59, Esfuerzos admisibles a compresión “guadua angustifolia”

Fuente: propia

Según el análisis de la gráfica se determinó los esfuerzos admisibles a compresión más significativo.

TABLA N° 41, Resumen esfuerzos admisibles a compresión “guadua angustifolia”.

ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ adm ensayo		σ adm (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
GC	guadua	25.39	187	18	130	13
CGS	guadua	24.78	120	12	130	13

Fuente: propia

Para los esfuerzos a corte del bambú “guadua angustifolia” se determinó la gráfica siguiente comparando valores con la normativa del RNE (E-100).

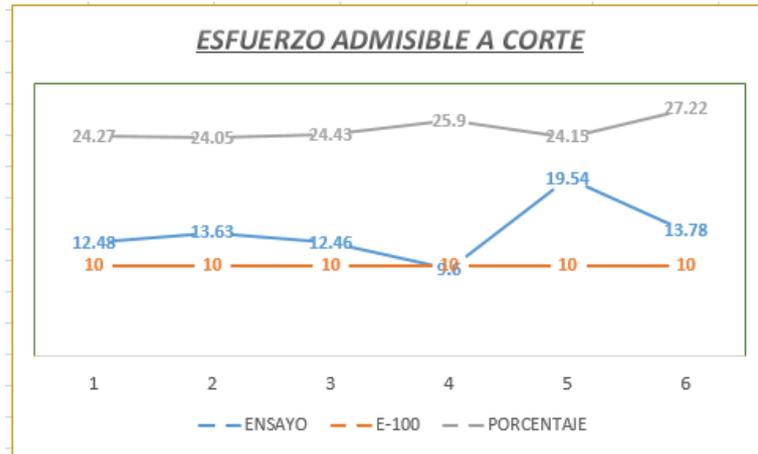


FIGURA N° 60, Esfuerzos admisibles a corte “guadua angustifolia”

Fuente: propia

Según el análisis de la gráfica se determinó los esfuerzos admisibles a corte.

TABLA N° 42, Resumen esfuerzos admisibles a corte "guadua angustifolia"

ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ adm ensayo		σ adm (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
CCG	guadua	24.25	12	1.0	10	1
GCS	guadua	24.15	20	2.0	10	1

Fuente: propia

Para los esfuerzos a tracción del bambú “guadua angustifolia” se determinó la gráfica siguiente comparando valores con la normativa del RNE (E-100).

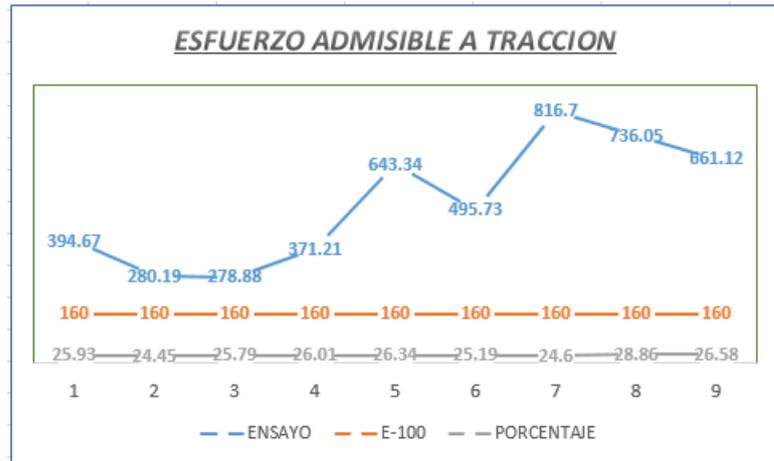


FIGURA N° 61, Esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia"

Fuente: propia

Según el análisis de la gráfica se determinó los esfuerzos admisibles a tracción.

TABLA N° 43, Resumen esfuerzos admisibles a tracción "guadua angustifolia"

ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
TGH	guadua	25.97	366	36	160	16
GT	guadua	26.46	640	63	160	16

Fuente: propia

Para los esfuerzos a flexión del bambú "guadua angustifolia" se determinó la gráfica siguiente comparando valores con la normativa del RNE (E-100).

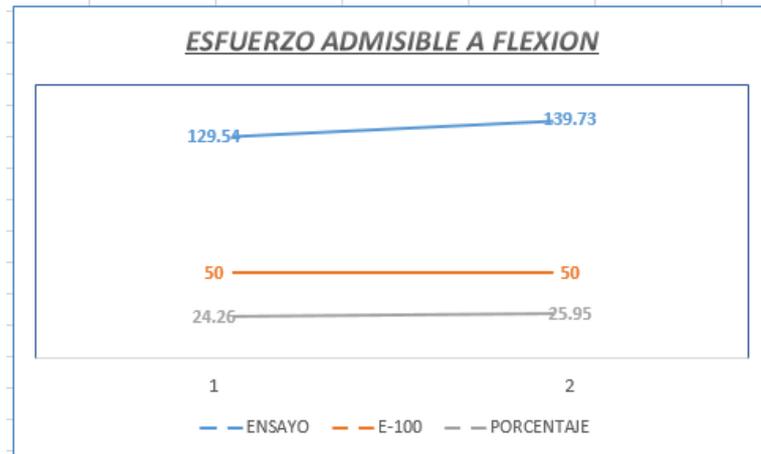


FIGURA N° 62, Esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia"

Fuente: propia

Según el análisis de la gráfica se determinó los esfuerzos admisibles a flexión.

TABLA N° 44, Resumen esfuerzos admisibles a flexión "guadua angustifolia"

ESFUERZOS ADMISIBLES A FLEXION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ adm ensayo		σ adm (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
FG	guadua	25.1	127	12	50	5

Fuente: propia

4.1.5. Metrado de cargas

Determinación de las cargas de servicio para la asignación sobre la cobertura, teniendo en cuenta el uso de la normativa vigente del reglamento nacional de edificaciones (E-020), considerando dos tipos de cobertura de policarbonato y eternit.

Peso de accesorios aprox. =	1.00	Kg/m2
peso cobertura policarbonato=	1.60	Kg/m2
Peso de cobertura eternit =	8.40	Kg/m2
Peso del falso cielo raso multiplaca=	5.51	Kg/m2
Peso de luminaria/otros =	3.00	Kg/m2
sobrecarga=	30.00	kg/m2

4.1.6. Determinación de la carga de lluvia

Determinación de las cargas de lluvia tomando como muestra las precipitaciones que se dan en el transcurso de un año correspondiente al 2017, obtenidos a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

TABLA N° 45, Precipitaciones

mes	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	temperatura media	Precipitacion (mm)		Velocidad del viento 13h (m/s)	precipitacion promedio	
				07	19			
enero	36.9	17.7	27.3	38.9	49.4	6	44.15	
febrero	35.7	18.5	27.1	40.4	35.9	6	38.15	
marzo	34.7	18.5	26.6	9.2	55	6	32.1	
abril	35.6	17.7	26.65	48.6	32.1	4	40.35	
mayo	34.3	18.1	26.2	74.9	44.3	4	59.6	
junio	32.9	16	24.45	38.4	32.1	4	35.25	
julio	33.1	14.8	23.95	4.7	13.5	4	9.1	
agosto	35.8	14.8	25.3	19.9	20.4	4	20.15	
septiembre	35.5	14.8	25.15	17.3	42.3	4	29.8	
octubre	36.2	17.1	26.65	57.7	22.6	4	40.15	
noviembre	36	18.2	27.1	54	25.2	6	39.6	
diciembre	36	18.4	27.2	62	26.8	6	44.4	
PRECIPITACION MAXIMA							59.60	mm
PRECIPITACION MINIMA							9.10	mm
PRECIPITACION PROMEDIO							34.35	mm

Fuente: senamhi

Determinando la precipitación promedio de 34.34 mm que se han de considerar para al análisis y diseño de la estructura en bambú.

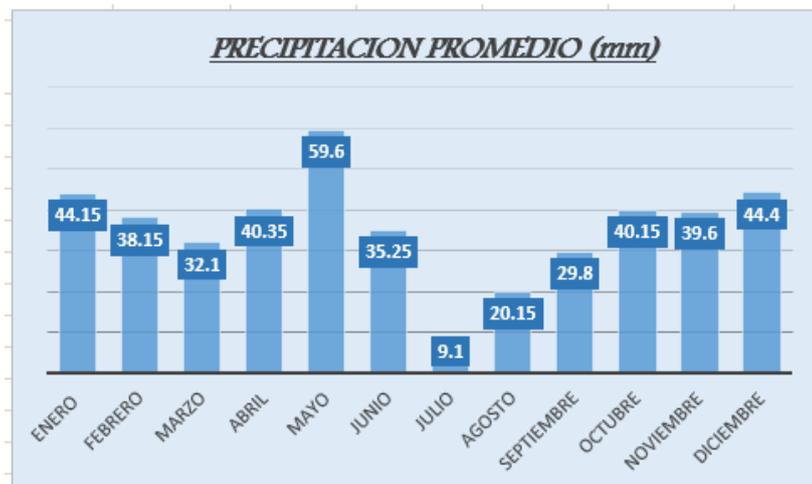


FIGURA N° 63, Precipitaciones promedio

Fuente: senamhi

4.1.7. Determinación de la carga de viento

Se determinó la carga de viento siguiendo los lineamientos de la normativa del reglamento nacional de edificaciones (E-020), clasificándose como una edificación de tipo 3 por su característica que lo hace presentar problemas aerodinámicos y mediante el mapa eólico se determina la velocidad del viento a una altura de 10m una velocidad de 55 km/h.

tipo: 3

h total = 4.97 m

V10= 55 km/h

Determinación de la velocidad de diseño para la altura de la edificación de 4.97m.

$$V_h := V \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22} = 47.159 \cdot \frac{km}{hr}$$

Siendo el resultado menor que para una altura de 10 m según el RNE (E.020) que pide que la $V_h \geq 75 \text{ km/h}$, por lo que se utiliza según el reglamento el valor de 75 km/h.

Determinación de la presión del viento.

TABLA N° 46, Factores de forma para las coberturas

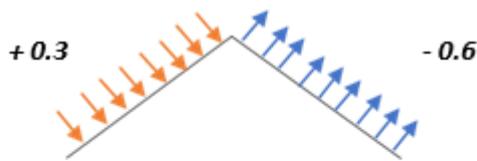
TECHO	ANGULO	BARLOVENTO	SOTAVENTO
<i>inclinado</i>	16°	+0.7 -0.3	-0.6
<i>inclinado</i>	9°	+0.3 -0.7	-0.6
(+)	presión		
(-)	succión		

Fuente: RNE (E-020)

La presión viene dada por la formula siguiente.

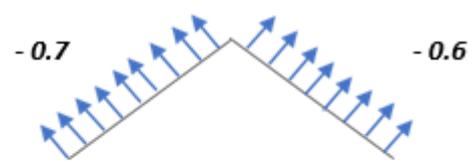
$$Ph := 0.005 \cdot C \cdot Vh^2$$

Para una inclinación $\leq 15^\circ$



$$Ph = 8.4375 \text{ kg/m}^2$$

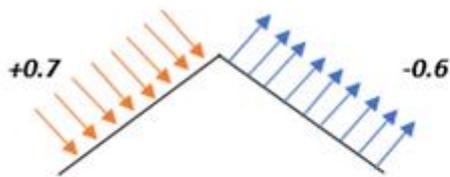
$$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$$



$$Ph = -19.6875 \text{ kg/m}^2$$

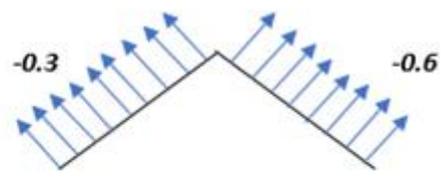
$$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$$

Para una inclinación entre 15° y 60°



$$Ph = 19.6875 \text{ kg/m}^2$$

$$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$$

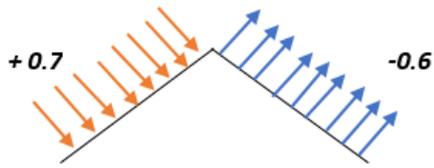


$$Ph = -8.4375 \text{ kg/m}^2$$

$$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$$

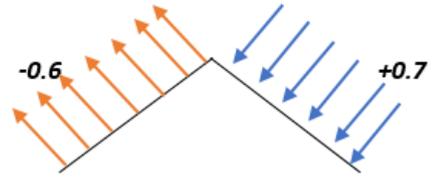
Teniendo en consideración las situaciones más desfavorables para el análisis y diseño se optó por elegir dos casos de viento.

Caso de viento 01



$Ph = 19.6875 \text{ kg/m}^2$

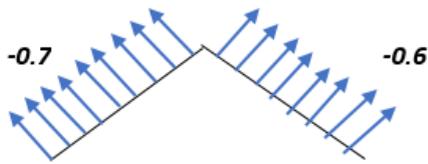
$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$



$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$

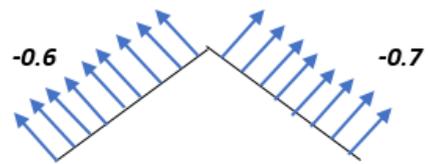
$Ph = 19.6875 \text{ kg/m}^2$

Caso de viento 02



$Ph = -19.6875 \text{ kg/m}^2$

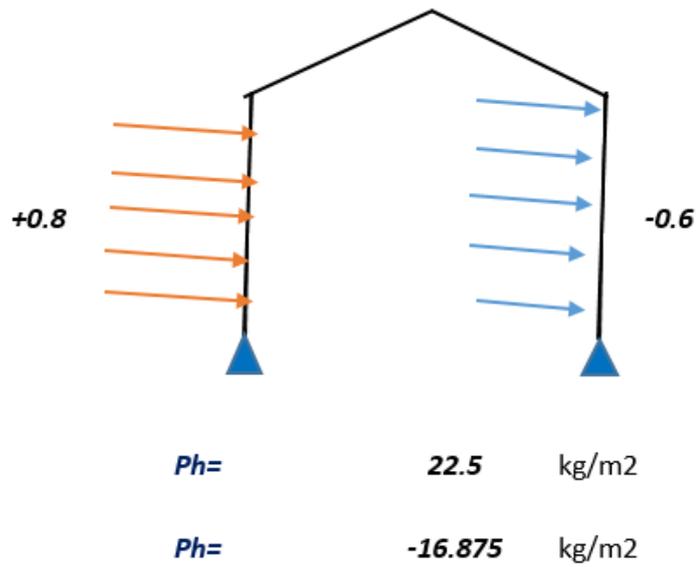
$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$



$Ph = -16.875 \text{ kg/m}^2$

$Ph = -19.6875 \text{ kg/m}^2$

Determinación de cargas verticales que se han de asignar a las paredes según la normativa del reglamento nacional de edificaciones RNE (E-020).



4.1.8. Determinación del espectro de aceleraciones

Según la normativa (E-030), para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por.

$$S_a := \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Determinación de los parámetros en función a al uso, suelo y sitio.

ZONA - Z (2)	0.25	Satipo S2 intermedio oficina
SUELO - S	1.2	
USO -U ©	1	
TP(s)	0.6	
TL(s)	2	

Determinación de los factores de irregularidades en las direcciones Rx y RY.

DIR X-X		DIR Y-Y	
la	1	la	1
lp	1	lp	1
Ro	7	Ro	7
Rx=	7	Ry=	7

Determinación del factor de amplificación

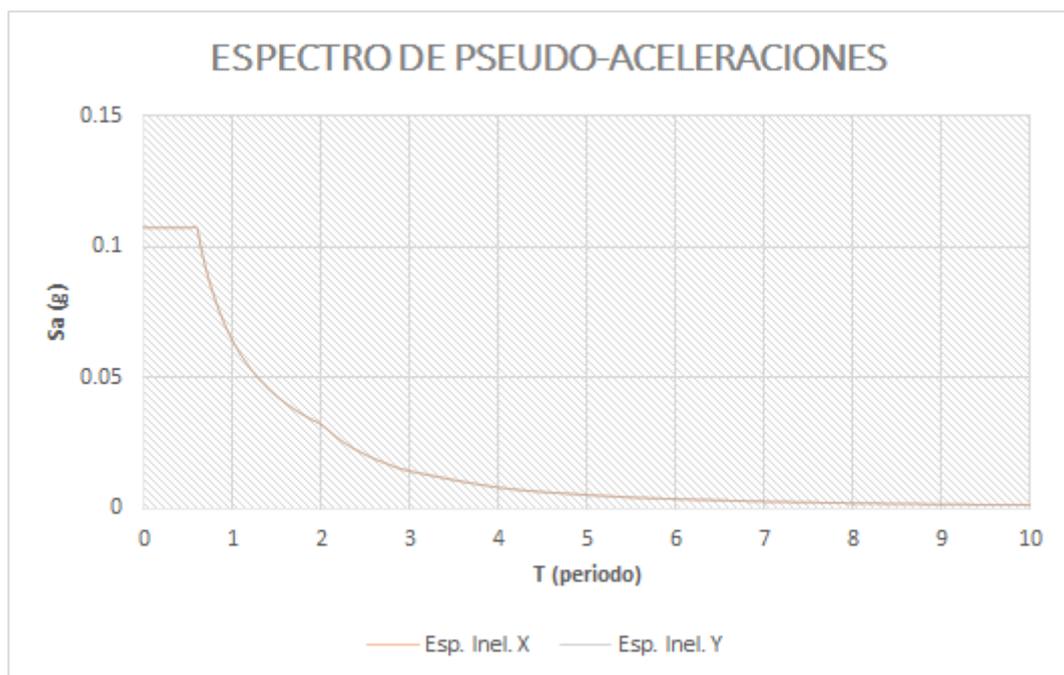
FE x-x=	0.35035714	Z*u*g/R	DX=	5.25
FE y-y=	0.35035714	Z*u*g/R	DY=	5.25

Tomando en consideración los parámetros de la normativa vigente para el análisis y diseño sísmico RNE (E-030) se consideran factores para la determinación de las derivas de piso.

REGULAR: 0.75R

IRREGULAR: 0.85R

Determinación del espectro de pseudo aceleraciones.



T	CS
0.00	3.00
0.02	3.00
0.04	3.00
0.06	3.00
0.08	3.00
0.10	3.00
0.12	3.00
0.14	3.00
0.16	3.00
0.18	3.00
0.20	3.00
0.25	3.00
0.30	3.00
0.35	3.00
0.40	3.00
0.45	3.00
0.50	3.00
0.55	3.00
0.60	3.00
0.65	2.77
0.70	2.57
0.75	2.40
0.80	2.25
0.85	2.12
0.90	2.00
0.95	1.89
1.00	1.80
1.10	1.64
1.20	1.50
1.30	1.38
1.40	1.29
1.50	1.20
1.60	1.13
1.70	1.06
1.80	1.00
1.90	0.95
2.00	0.90
2.25	0.71
2.50	0.58
2.75	0.48
3.00	0.40
4.00	0.23
5.00	0.14
6.00	0.10
7.00	0.07
8.00	0.06
9.00	0.04
10.00	0.04



Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

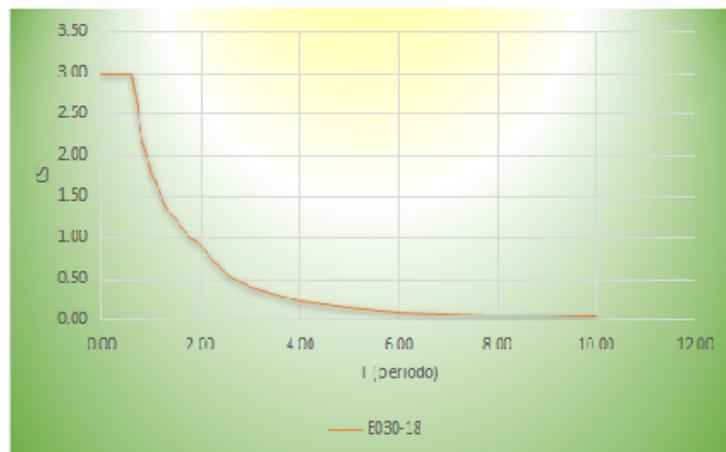
$$T < T_F \quad C = 2,5$$

$$T_D < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_D}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_D \cdot T_L}{T^2}\right)$$

T es el período según se define en el numeral 4.5.4 o en numeral 4.6.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.



4.1.9. Análisis estructural

4.1.9.1. Descripción del modelo

La estructura proyectada es la gerencia del ambiente de la municipalidad provincial de satipo, con una súper estructura en guadua e dendrocalamus. El sistema estructural principal está conformado por pórticos compuesto de unidades de guadua que arriostrados entre sí por diagonales mediante uniones mecánicas que en conjunto forman una estructura con forma de cercha con la finalidad de lograr una estructura resistente.

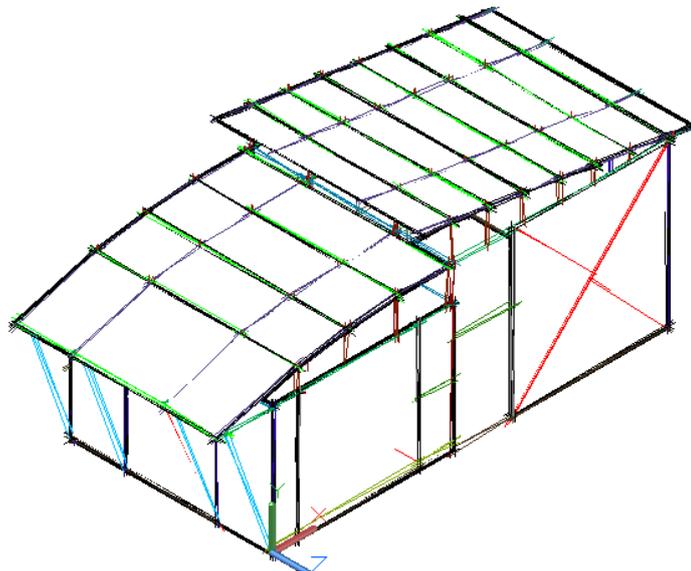


FIGURA N° 64, Descripción de la estructura

Fuente: propia

4.1.9.2. Definición de las propiedades del material

Para la definición del tipo de material primero se tuvo que investigar el RNE (E-100) Y EL LIBRO BAMBOO IN BUILDING STRUCTURES (JULIUS JOSEPH) en el que se encontró gran parte de las propiedades del material escogido en este caso es Guadua, teniendo esto se procede a crear el material en el Sap2000. Por medio del menú:

Define / Materials, se puede observar un material que por defecto genera el sistema, se le da click en el botón *Add News*

Material para poder generar un nuevo material con las propiedades de la guadua tales como módulo de elasticidad, coeficiente térmico de expansión, peso por unidad de volumen como se puede observar a continuación.

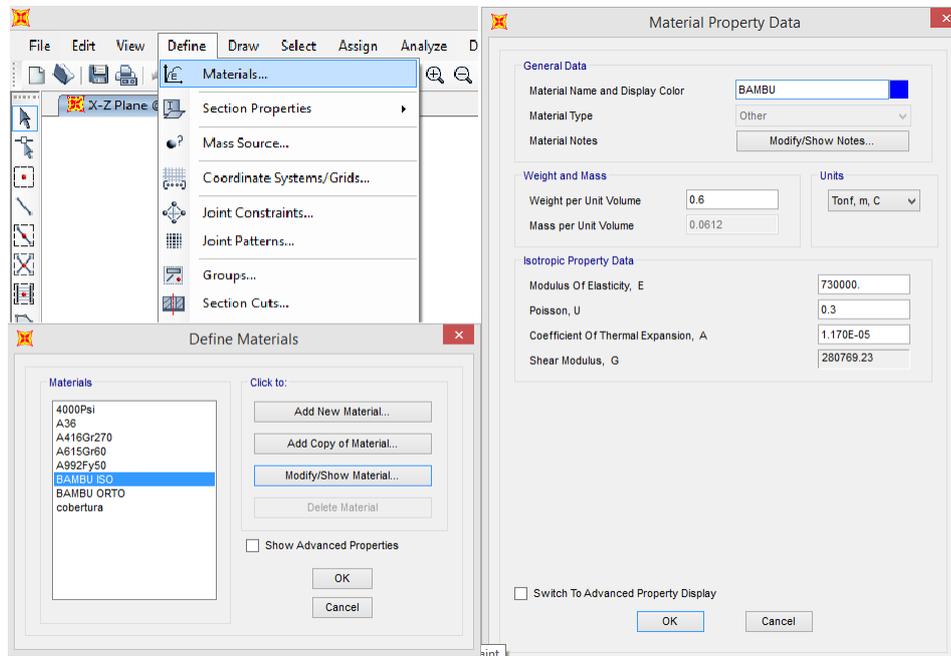


FIGURA N° 65, Creación del material a usar en el modelo

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.3. Definición de secciones

para definir el tipo de secciones en el Sap2000 V.20 se realizó un pre dimensionamiento de los elementos de la estructura en el cual se definen constructivamente las posibles secciones a emplear en la estructura. Teniendo dicho pre dimensionamiento se realizó la creación de elementos unidimensionales o “Frames” para lo cual se realizan los siguientes pasos:

Define/Section Properties/ Frame sections en este caso como son secciones que no se encuentran predefinidas por el programa se debe ingresar a crear nueva sección rellenando los respectivos campos como base de material que es bambú el que creamos anteriormente y hacemos click en *Section Designer* . apartir de las

dimensiones del material que vamos a utilizar creamos los diferentes tipos de secciones necesarios.

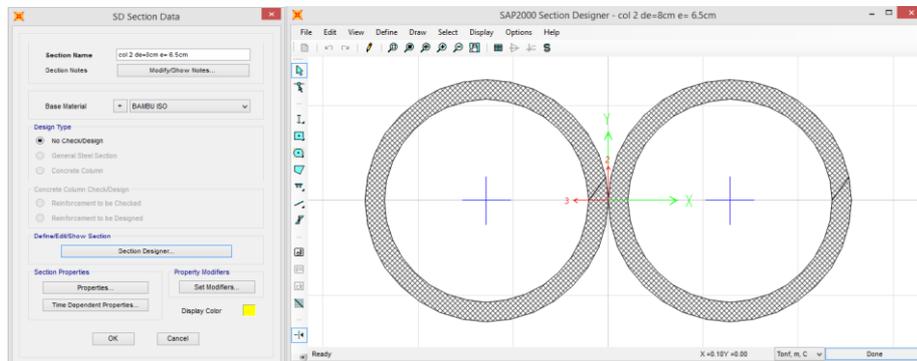


FIGURA N° 66, Creación de sección de bambú

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.4. Definición de cargas (load patterns).

Adicional a las cargas de peso propio del modelo que por defecto asigna el programa “DEAD” se generan las cargas como son : Carga muerta (DEAD), Carga Viva (CV), Carga de Viento tanto barlovento y sotavento, Carga de lluvia , haci como el caso de carga sísmica (SDX y SDY).

Estas cargas se definen mediante los siguientes pasos:

Define Load Patterns / add New Load Patterns y Define Load case / add New Load cases.

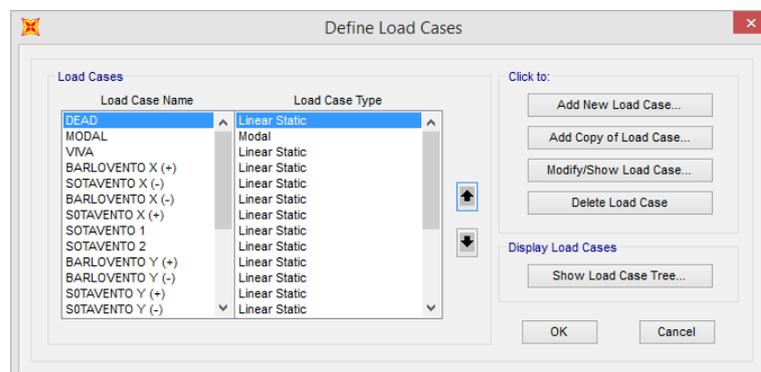


FIGURA N° 67, Definición de cargas

Fuente: sap 2000 (propia)

Definición y concepción de las cargas de sismo que se deben completar en los campos los valores obtenidos en el cálculo del espectro sísmico tales como factor de amplificación, como se muestra a continuación.

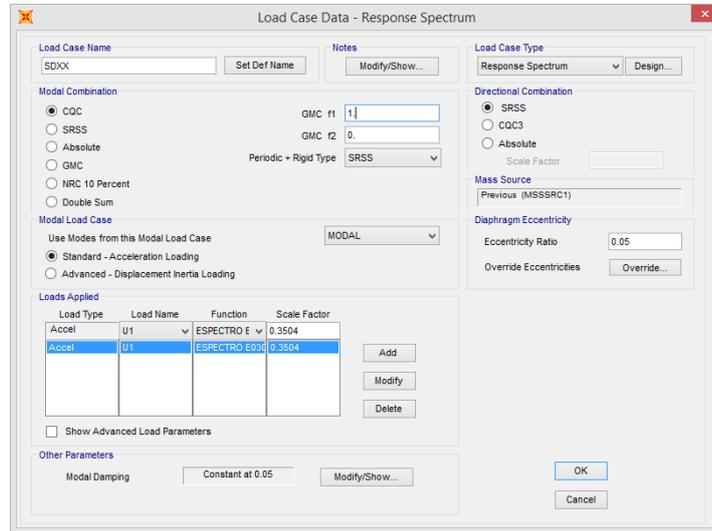


FIGURA N° 68, Definición del espectro sísmico

Fuente: sap 2000 (propia)

Definición de las cargas tanto por sismo y viento teniendo como base el RNE (E-020).

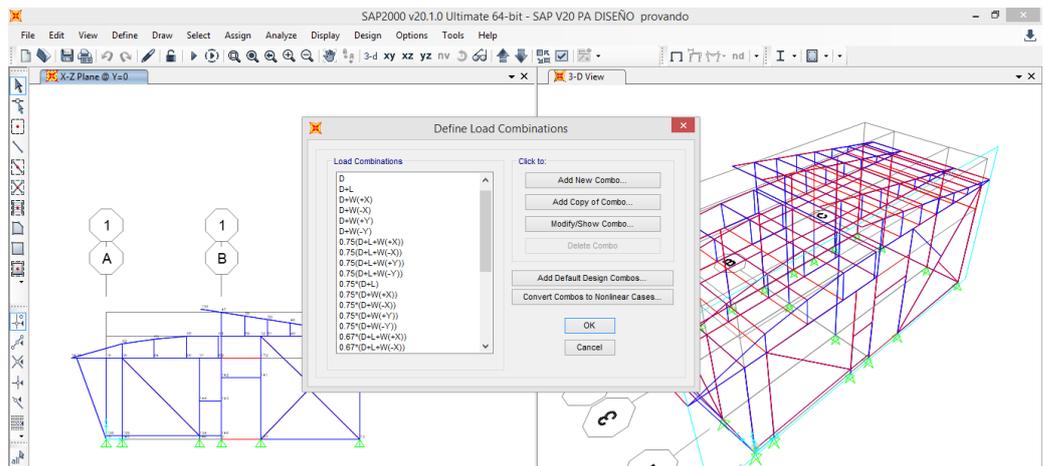


FIGURA N° 69, Definición de combinaciones de carga

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.5. Asignación de cargas

Se asignarán cargas a los diferentes elementos “Shell” como cargas distribuidas, se ingresa por *menú/Assign/area loads/Surface pressure (All)* este paso para cada elemento y condición de viento teniendo en cuenta la las diferentes condiciones tanto para barlovento y sotavento.

$$V_h = 75 \text{ km/h}$$

$$0.005 \cdot V_h^2 = 28.125$$

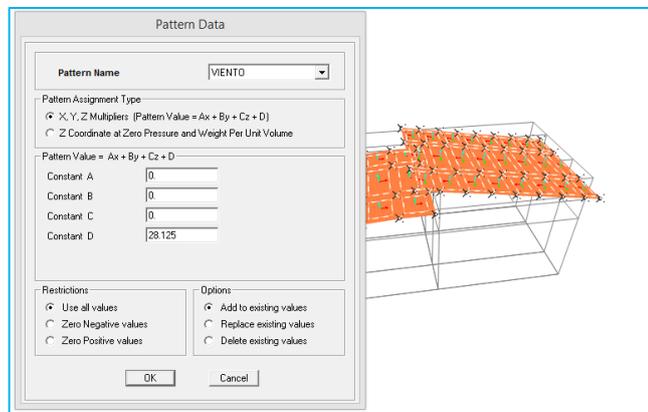


FIGURA N° 70, Asignación de patrón de carga

Fuente: sap 2000 (propia)

Asignación de cargas de viento a barlovento y sotavento.

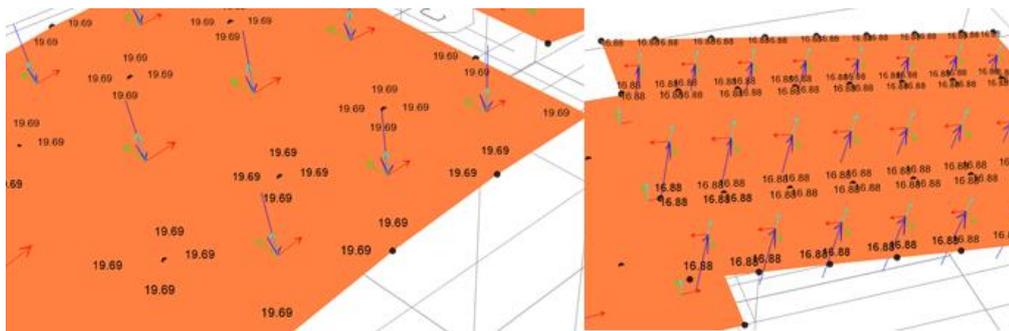


FIGURA N° 71, Asignación barlovento y sotavento

Fuente: sap 2000 (propia)

Asignación de cargas de viento sobre muros

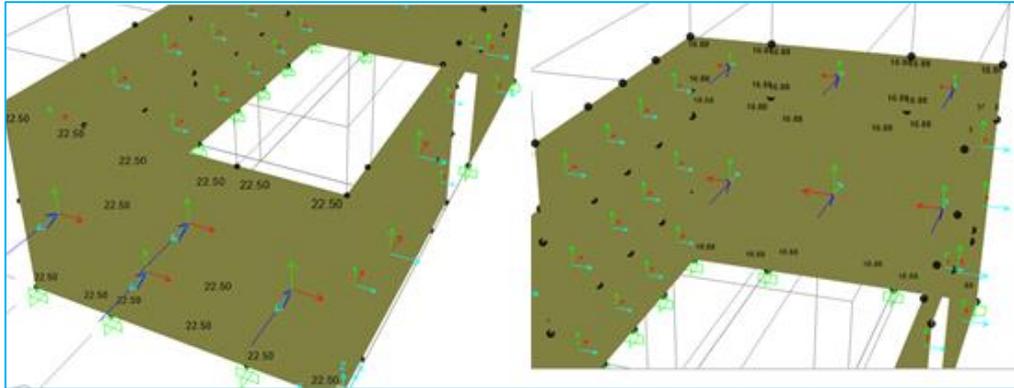


FIGURA N° 72, Asignación cargas de viento sobre muros

Fuente: sap 2000 (propia)

Asignación de cargas muerta sobre cielorraso.

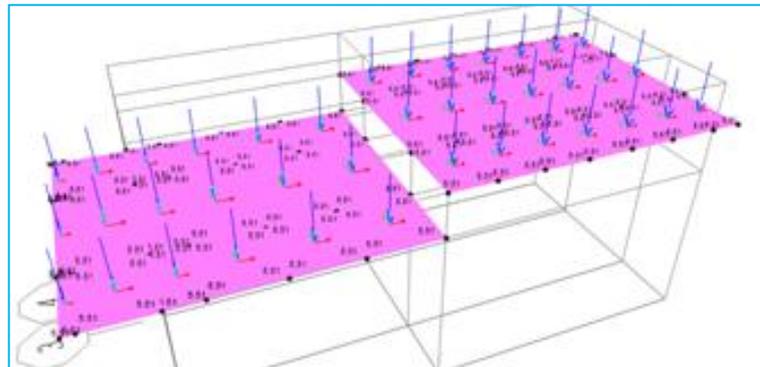


FIGURA N° 73, Asignación carga muerta sobre cielo raso

Fuente: sap 2000 (propia)

Definición e importación del espectro para el análisis y diseño sísmico de la estructura se realiza siguiendo los siguiente, menú/define/functions/response spectrum.

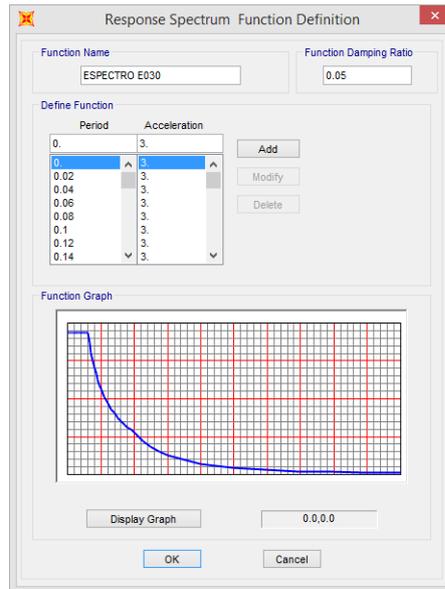


FIGURA N° 74, Espectro de respuesta

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.6. Combinación de cargas

Las combinaciones de cargas se realizaron para las dos condiciones de análisis tanto para cargas de viento y cargas de sismo todo en función a la norma RNE (E-020).

- (1) D
- (2) $D + CV$
- (3) $D + (W \text{ ó } 0,70 S)$
- (4) $[D + CV + (W \text{ ó } 0,70 S)]$
- (5) $[D + (W \text{ ó } 0,70 S)]$
- (6) $[D + CV + (W \text{ ó } 0,70 S)]$

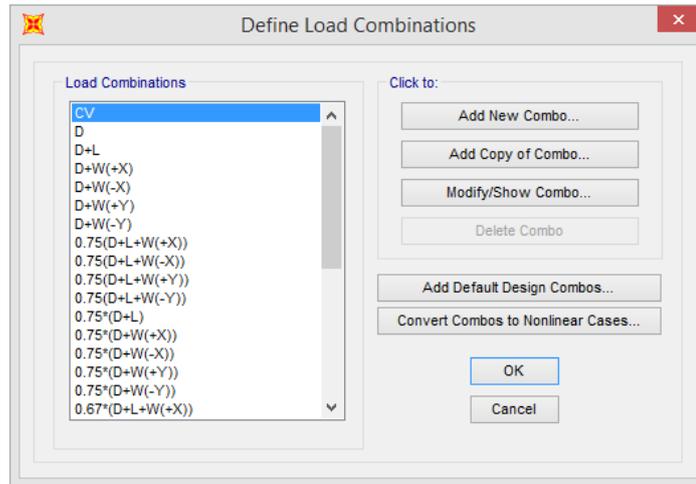


FIGURA N° 75, Combinaciones de carga por sismo y viento

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.7. Liberación de nudos

Esta liberación se hace con el fin de calcular los esfuerzos de la estructura como una cercha liberando de momentos ya que la estructura no es completamente empotrada. *Menú/assign/frame/releases/se* seleccionan las dos casillas del momento 33 mayor como se observa a continuación.

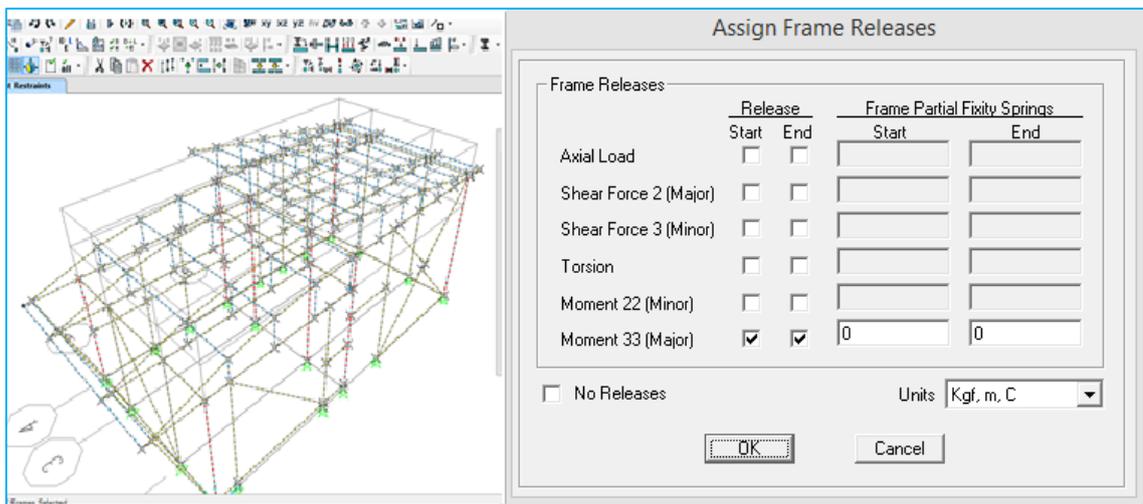


FIGURA N° 76, Liberación de nudos

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.8. Asignación de restricciones

Se asigna las restricciones al modelo asignándose apoyos fijos. Nos ubicamos al nivel $Z=0$ y seleccionamos los nodos correspondientes siguiendo los siguientes pasos: *Menú/ assign/ Joint/ Restraints* y se seleccionan translation 1, Translation 2 y Translation 3.

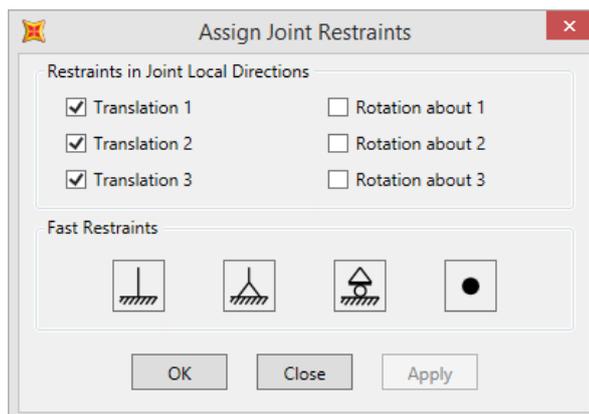


FIGURA N° 77, Restricciones

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.9.9. Análisis del modelo

Una vez ingresado todos los valores y configuraciones al programa sap 2000 realizamos el procesamiento de la siguiente forma.

Menú/Analyze/Run Analysis, obtenemos este recuadro donde seleccionamos con qué casos se quiere que la estructura sea analizada, damos Run Now para que el programa comience con el análisis.

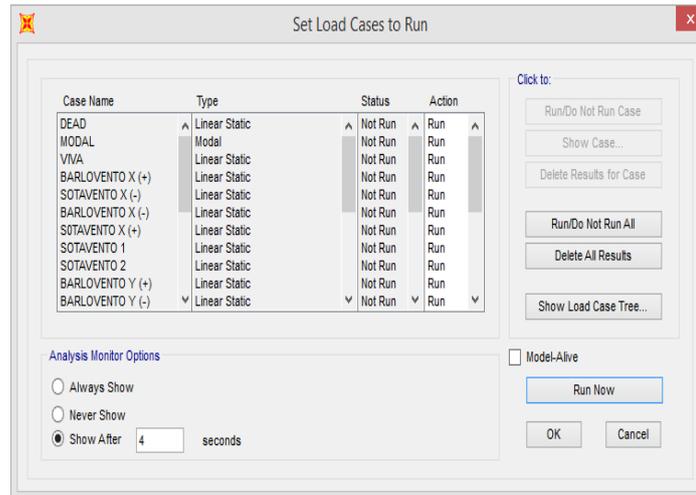


FIGURA N° 78, Casos a corregir antes de correr el modelo

Fuente: sap 2000 (propia)

4.1.10. Análisis de resultados

Una vez realizado los diferentes pasos metodológicos y configuraciones propuestos en este caso para el diseño utilizando el Sap2000 cuya herramienta sirve para realizar un análisis estructural, con los datos obtenidos como resultado del diseño de la estructura se procede a realizar las diferentes verificaciones inicialmente calculando las derivas a partir de los datos arrojados en la tabla de Desplazamientos *en relación a las diferentes combinaciones de carga*.

4.1.10.1. derivas

Para verificar las derivas es necesario tener en cuenta la altura de cada uno de los elementos que conforman el nivel de piso para así poder calcular las deflexiones y por consiguiente si las derivas cumplen o no basándonos en la normativa del RN (E-030) y reforzando con la normativa colombiana NSR – 10 donde:

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión), que para madera no debe exceder el 1% de la altura:

$$(\Delta_i/h_{ei}) \leq 0.010$$

Determinación de los desplazamientos por sismo para el modulo I verificando así que se encuentra dentro del límite establecido por el RNE donde Δ inelástico ≤ 0.01 .

TABLA N° 47, Derivas por sismo modulo I

MODULO I				MODULO I			
DERIVAS POR SISMO EN LA DIRECCION X				DERIVAS POR SISMO EN LA DIRECCION Y			
Joint	OutputCase	Δx elastico	Δx inelastico	Joint	OutputCase	Δy elastico	Δy inelastico
Text	Text	m	$\Delta x * 0.75 R$	Text	Text	m	$\Delta y * 0.75 R$
2	SDXX	0.000010	0.0001	2	SDYY	0.0003	0.0014
5	SDXX	0.000012	0.0001	5	SDYY	0.0003	0.0014
8	SDXX	0.000013	0.0001	8	SDYY	0.0003	0.0014
11	SDXX	0.000012	0.0001	11	SDYY	0.0003	0.0014
16	SDXX	0.000013	0.0001	16	SDYY	0.0001	0.0005
20	SDXX	0.000012	0.0001	20	SDYY	0.0001	0.0004
24	SDXX	0.000014	0.0001	24	SDYY	0.0001	0.0004
28	SDXX	0.000017	0.0001	28	SDYY	0.0001	0.0004
29	SDXX	0.000015	0.0001	29	SDYY	0.0001	0.0003
30	SDXX	0.000012	0.0001	30	SDYY	0.0001	0.0006
31	SDXX	0.000010	0.0001	31	SDYY	0.0002	0.0012
35	SDXX	0.000012	0.0001	35	SDYY	0.0001	0.0003
38	SDXX	0.000014	0.0001	38	SDYY	0.0001	0.0003
41	SDXX	0.000021	0.0001	41	SDYY	0.0001	0.0003
150	SDXX	0.000012	0.0001	150	SDYY	0.0002	0.0011
152	SDXX	0.000014	0.0001	152	SDYY	0.0002	0.0009
		max=	0.0001			max=	0.001

Fuente: propia

Determinación de los desplazamientos por sismo para el módulo II verificando así que se encuentra dentro del límite establecido por el RNE donde Δ inelástico ≤ 0.01 .

TABLA N° 48, Derivas por sismo módulo II

MODULO II				MODULO II			
DERIVAS POR SISMO EN LA DIRECCION X				DERIVAS POR SISMO EN LA DIRECCION Y			
Joint	OutputCase	Δx elastico	Δx inelastico	Joint	OutputCase	Δy elastico	Δy inelastico
Text	Text	m	$\Delta x * 0.75 R$	Text	Text	m	$\Delta y * 0.75 R$
1	SDXX	0.00001	0.00005	1	SDYY	0.0008	0.004
4	SDXX	0.00001	0.00004	4	SDYY	0.0008	0.004
7	SDXX	0.00001	0.00004	7	SDYY	0.0008	0.004
10	SDXX	0.00001	0.00004	10	SDYY	0.0008	0.004
14	SDXX	0.00001	0.00005	14	SDYY	0.0003	0.002
18	SDXX	0.00001	0.00003	18	SDYY	0.0003	0.002
22	SDXX	0.00001	0.00004	22	SDYY	0.0003	0.002
26	SDXX	0.00001	0.00007	26	SDYY	0.0003	0.002
32	SDXX	0.00001	0.00005	32	SDYY	0.0007	0.004
42	SDXX	0.00001	0.00004	42	SDYY	0.0007	0.004
43	SDXX	0.00001	0.00005	43	SDYY	0.0006	0.003
46	SDXX	0.00001	0.00005	46	SDYY	0.0005	0.002
		max=	0.0001			max=	0.004

Fuente: propia

Determinación de los desplazamientos por viento para el módulo I verificando así que se encuentra dentro del límite establecido por el RNE donde Δ inelástico ≤ 0.01 .

TABLA N° 49, Derivas de piso por viento modulo I

MODULO I								
DERIVAS DE PISO POR VIENTO								
Joint	OutputCase	Δx	Δy	H	Δx elastico	Δy elastico	Δx inelastico	Δy inelastico
Text	Text	m	m	m	m	m	$\Delta x * 0.75 R$	$\Delta y * 0.75 R$
2	ENVOLVENTE VIENTO	0.000497	0.002818	3.1	0.00016032	0.00090903	0.001	0.005
5	ENVOLVENTE VIENTO	0.00024	0.002764	3.1	7.7419E-05	0.00089161	0.000	0.005
8	ENVOLVENTE VIENTO	0.000288	0.002767	3.1	9.2903E-05	0.00089258	0.000	0.005
11	ENVOLVENTE VIENTO	0.000475	0.002832	3.1	0.00015323	0.00091355	0.001	0.005
16	ENVOLVENTE VIENTO	0.000518	0.000937	3.1	0.0001671	0.00030226	0.001	0.002
20	ENVOLVENTE VIENTO	0.000293	0.000926	3.1	9.4516E-05	0.00029871	0.000	0.002
24	ENVOLVENTE VIENTO	0.000371	0.000899	3.1	0.00011968	0.00029	0.001	0.002
28	ENVOLVENTE VIENTO	0.00055	0.000933	3.1	0.00017742	0.00030097	0.001	0.002
29	ENVOLVENTE VIENTO	0.00051	0.000587	3.1	0.00016452	0.00018935	0.001	0.001
30	ENVOLVENTE VIENTO	0.00051	0.001311	3.1	0.00016452	0.0004229	0.001	0.002
31	ENVOLVENTE VIENTO	0.000504	0.003051	3.1	0.00016258	0.00098419	0.001	0.005
35	ENVOLVENTE VIENTO	0.00031	0.000611	3.1	0.0001	0.0001971	0.001	0.001
38	ENVOLVENTE VIENTO	0.00039	0.000715	3.1	0.00012581	0.00023065	0.001	0.001
41	ENVOLVENTE VIENTO	0.000544	0.000798	3.1	0.00017548	0.00025742	0.001	0.001
150	ENVOLVENTE VIENTO	0.0005	0.002385	3.1	0.00016129	0.00076935	0.001	0.004
152	ENVOLVENTE VIENTO	0.000524	0.001833	3.1	0.00016903	0.00059129	0.001	0.003
						max=	0.001	0.005

Fuente: propia

Determinación de los desplazamientos por viento para el módulo II verificando así que se encuentra dentro del límite establecido por el RNE donde Δ inelástico ≤ 0.01 .

TABLA N° 50, Derivas de piso por viento módulo II

MODULO II								
DERIVAS DE PISO POR VIENTO								
Joint	OutputCase	Δx	Δy	H	Δx elastico	Δy elastico	Δx inelastico	Δy inelastico
Text	Text	m	m	m	m	m	$\Delta x * 0.75 R$	$\Delta y * 0.75 R$
1	ENVOLVENTE VIENTO	0.000368	0.002268	3.95	9.3165E-05	0.00057418	0.000	0.003
4	ENVOLVENTE VIENTO	0.000429	0.002288	3.95	0.00010861	0.00057924	0.001	0.003
7	ENVOLVENTE VIENTO	0.000427	0.002284	3.95	0.0001081	0.00057823	0.001	0.003
10	ENVOLVENTE VIENTO	0.000355	0.002259	3.95	8.9873E-05	0.0005719	0.000	0.003
14	ENVOLVENTE VIENTO	0.000384	0.001011	3.95	9.7215E-05	0.00025595	0.001	0.001
18	ENVOLVENTE VIENTO	0.000489	0.000957	3.95	0.0001238	0.00024228	0.001	0.001
22	ENVOLVENTE VIENTO	0.000482	0.000963	3.95	0.00012203	0.0002438	0.001	0.001
26	ENVOLVENTE VIENTO	0.000403	0.000946	3.95	0.00010203	0.00023949	0.001	0.001
32	ENVOLVENTE VIENTO	0.000361	0.002358	3.95	9.1392E-05	0.00059696	0.000	0.003
42	ENVOLVENTE VIENTO	0.000363	0.002422	3.95	9.1899E-05	0.00061316	0.000	0.003
43	ENVOLVENTE VIENTO	0.000374	0.002333	3.95	9.4684E-05	0.00059063	0.000	0.003
46	ENVOLVENTE VIENTO	0.000388	0.001855	3.95	9.8228E-05	0.00046962	0.001	0.002
						max=	0.001	0.003

Fuente: propia

4.2. Diseño de elementos a compresión

para el diseño de los elementos a compresión y flexo compresión se utilizó el método de esfuerzos admisibles según la normativa del RNE (E-100), en función a las combinaciones de carga por viento ya que son los que me generan mayores esfuerzos.

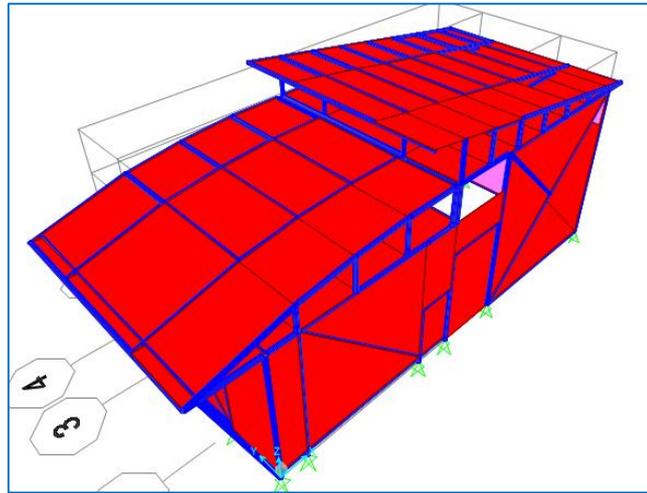


FIGURA N° 79, Modelo 3D

Fuente: propia

Diseño de las columnas principales por combinación de cargas de viento ya que me generan mayores esfuerzos en la columna

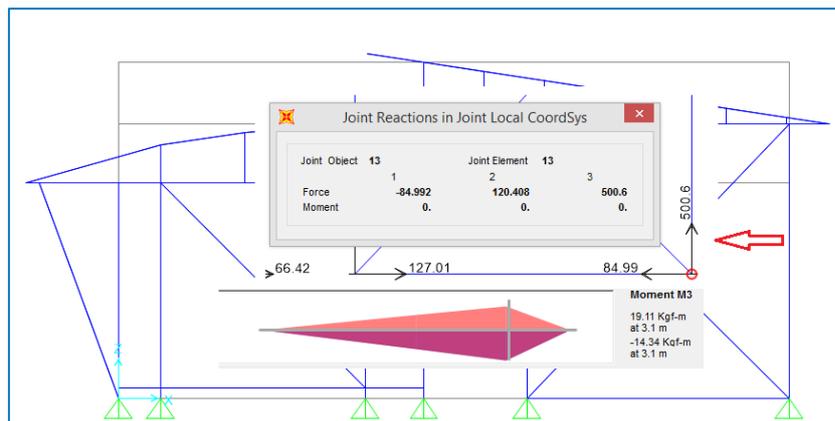


FIGURA N° 80, Esfuerzo axial y momento de la columna principal

Fuente: sap 2000 (propia)

Diseño de la columna 09

esfuerzo ultimo:

$$P_{ult} := 500.6 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 4$$

diámetro externo (De):

$$D_e := 8 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 395 \text{ cm}$$

coeficiente de longitud efectiva (k):

$$k := 1$$

longitud efectiva (le):

$$l_e := l \cdot k = (3.95 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (D_e^2 - (D_e - 2 \cdot t)^2) = 0.002 \text{ m}^2$$

área neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.006 \text{ m}^2$$

inercia (I):

$$I := \frac{\pi \cdot (D_e^4 - D_i^4)}{64} = (1.021 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \quad I_t := I \cdot n = (4.086 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{I_t}{A_n}} \\ \text{else} \\ \sqrt{\frac{(D_e^2 + D_i^2)}{4}} \end{cases} = 52.175 \text{ mm}$$

calculo de esbeltez (λ):

$$\lambda := \frac{l_e}{r} = 75.706$$

esfuerzo admisible:

$$f_c := 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

espesor (t):

$$t := 0.65 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$D_i := D_e - 2 \cdot t = 6.7 \text{ cm}$$

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

- cálculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
coeficiente por redistribución de cargas

esfuerzo admisible modificado:

módulo de elasticidad:

$$f'c := fc \cdot CD \cdot Cr = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E_{min} := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

límites entre las columnas intermedias y largas (Ck):

$$Ck := 2.565 \cdot \sqrt{\frac{E_{min}}{f'c}} = 64.07$$

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < Ck$
Larga	$Ck < \lambda < 150$

$$tp := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \lambda < 30 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"corta"} \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"intermedia"} \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"larga"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"larga"}$$

calculo de la carga admisible del material:

$$N_{adm} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \lambda < 30 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} f'c \cdot At \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \quad \left\| \begin{array}{l} f'c \cdot At \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{Ck}\right)^4\right) \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} 4.93 \cdot \left(\frac{E_{min} \cdot At}{\lambda^2}\right) \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = 3769.764 \text{ kgf}$$

$$fc = 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

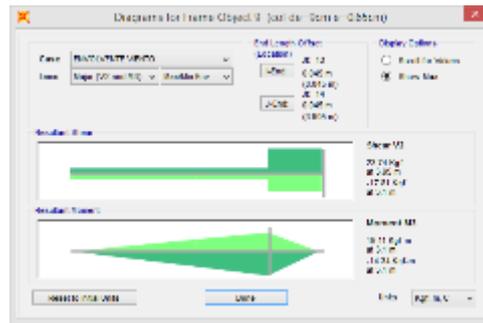
$$Sol := \frac{N_{adm}}{At} = 62.792 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$C := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \frac{N_{adm}}{At} < f'c \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación final $N_{adm} > P_{ult}$

$$R := \begin{cases} \text{if } N_{adm} > P_{ult} \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$



verificación por flexo compresión:

$$P_{ult} = 500.6 \text{ kgf}$$

$$N_{adm} = 3769.764 \text{ kgf}$$

$$M := 19.11 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{momento ultimo en los extremos}$$

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{esfuerzo admisible en flexion}$$

calculo de la carga critica de euler:

$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_{min} \cdot I_t}{l_e^2} = 1886.718 \text{ kgf}$$

calculo módulo de sección:

$$Z := \frac{\pi \cdot (D_e^4 - (D_e - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot D_e} \cdot n = 102.145 \text{ cm}^3$$

calculo del factor de magnificación de momentos:

$$K_m := \frac{1}{1 - 1.5 \cdot \frac{P_{ult}}{N_{cr}}} = 1.661$$

$$f := \frac{P_{ult}}{N_{adm}} + \frac{K_m \cdot M}{Z \cdot f_m} = 0.754$$

$$\text{condicion} := \begin{cases} \text{if } f < 1 \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

Diseño de la columna intermedia

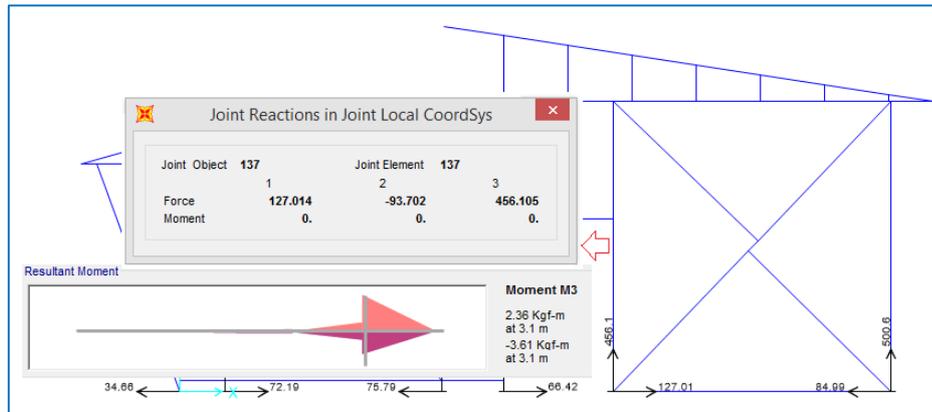


FIGURA N° 81, Esfuerzo axial a compresión y momento de la columna intermedia

Fuente: sap 2000 (propia)

esfuerzo ultimo:

$$P_{ult} := 456.10 \text{ kgf}$$

esfuerzo admisible:

$$f_c := 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 1$$

espesor (t):

$$t := 1 \text{ cm}$$

diámetro externo (De):

$$D_e := 10 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$D_i := D_e - 2 \cdot t = 8 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 395 \text{ cm}$$

coeficiente de longitud efectiva (k):

$$k := 1$$

longitud efectiva (le):

$$l_e := l \cdot k = 3950 \text{ mm}$$

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (D_e^2 - (D_e - 2 \cdot t)^2) = 0.003 \text{ m}^2$$

área neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.003 \text{ m}^2$$

inercia (I):

$$I := \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} = 2898119.223 \text{ mm}^4 \quad It := I \cdot n = (2.898 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{It}{An}} \\ \text{else} \\ \sqrt{\frac{De^2 + Di^2}{4}} \end{cases} = 32.016 \text{ mm}$$

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < Ck$
Larga	$Ck < \lambda < 150$

calculo de esbeltez (λ):

$$\lambda := \frac{le}{r} = 123.377$$

- cálculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
coeficiente por redistribución de cargas

esfuerzo admisible modificado:

$$f'c := fc \cdot CD \cdot Cr = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

módulo de elasticidad:

$$E_{min} := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

límites entre las columnas intermedias y largas (Ck):

$$Ck := 2.565 \cdot \sqrt{\frac{E_{min}}{f'c}} = 64.07$$

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < Ck$
Larga	$Ck < \lambda < 150$

$$tp := \begin{cases} \text{if } \lambda < 30 \\ \text{"corta"} \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \text{"intermedia"} \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \text{"larga"} \end{cases} = \text{"larga"}$$

calculo de la carga admisible del material:

$$N_{adm} := \begin{cases} \text{if } \lambda < 30 \\ \quad \left\| f'c \cdot At \right\| \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \quad \left\| f'c \cdot At \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{Ck} \right)^4 \right) \right\| \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \quad \left\| 4.93 \cdot \left(\frac{E_{min} \cdot At}{\lambda^2} \right) \right\| \end{cases} = 668.485 \text{ kgf} \quad f_c = 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Sol := \frac{N_{adm}}{At} = 23.643 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f'c = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$C := \begin{cases} \text{if } \frac{N_{adm}}{At} < f'c \\ \quad \left\| \text{"correcto"} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{"falta"} \right\| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

comprobación final $N_{adm} > P_{ult}$

$$R := \begin{cases} \text{if } N_{adm} > P_{ult} \\ \quad \left\| \text{"correcto"} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{"falta"} \right\| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

verificación por flexo compresión:

$$P_{ult} = 456.1 \text{ kgf}$$

$$M := 2.36 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{momento último en los extremos}$$

$$N_{adm} = 668.485 \text{ kgf}$$

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{esfuerzo admisible en flexión}$$

calculo de la carga critica de Euler:

$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_{min} \cdot It}{le^2} = 1338.273 \text{ kgf}$$

calculo módulo de sección:

$$Z := \frac{\pi \cdot (De^4 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \cdot n = 57.962 \text{ cm}^3$$

calculo del factor de magnificación de momentos:

$$K_m := \frac{1}{1 - 1.5 \cdot \frac{P_{ult}}{N_{cr}}} = 2.046$$

$$f := \frac{P_{ult}}{N_{adm}} + \frac{K_m \cdot M}{Z \cdot f_m} = 0.849$$

$$\text{condicion} := \begin{cases} \text{if } f < 1 \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

donde las exigencias son mínimas con una fuerza de compresión de 26.98 kgf.
 Diseño de tijerales sometidos a esfuerzos de compresión para el módulo 2

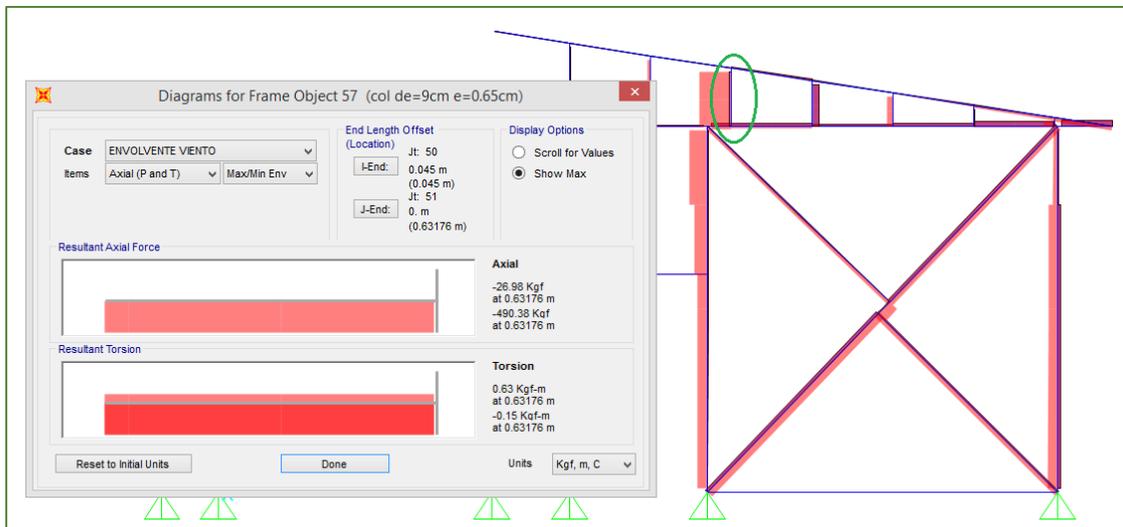


FIGURA N° 82, Esfuerzo axial a compresión diagonal

Fuente: sap 2000 (propia)

Propiedades del elemento a diseñar

esfuerzo ultimo:

$$P_{ult} := 26.98 \text{ kgf}$$

esfuerzo admisible:

$$f_c := 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 1$$

espesor (t):

$$t := 0.85 \text{ cm}$$

diámetro externo (De):

$$D_e := 9 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$D_i := D_e - 2 \cdot t = 7.3 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 64 \text{ cm}$$

coeficiente de longitud efectiva (k):

$$k := 1$$

longitud efectiva (le):

$$l_e := l \cdot k = 640 \text{ mm}$$

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

area neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (D_e^2 - (D_e - 2 \cdot t)^2) = 0.002 \text{ m}^2$$

area neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.002 \text{ m}^2$$

inercia (I):

$$I := \frac{\pi \cdot (D_e^4 - D_i^4)}{64} = 1826627.948 \text{ mm}^4 \quad I_t := I \cdot n = (1.827 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \sqrt{\frac{I_t}{A_n}} & \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{(D_e^2 + D_i^2)}{4}} & \text{else} \end{cases} = 28.971 \text{ mm}$$

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

calculo de esbeltez (λ):

$$\lambda := \frac{l_e}{r} = 22.091$$

- calculo del esfuerzo admisible modificado a compresion

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
coeficiente por redistribucion de cargas

esfuerzo admisibles modificado:

modulo de elasticidad:

$$f'c := fc \cdot CD \cdot Cr = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Emin := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

limites entre las columnas intermedias y largas (Ck):

$$Ck := 2.565 \cdot \sqrt{\frac{Emin}{f'c}} = 64.07$$

$$tp := \begin{cases} \text{if } \lambda < 30 \\ \quad \text{"corta"} \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \quad \text{"intermedia"} \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \quad \text{"larga"} \end{cases} = \text{"corta"}$$

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < Ck$
Larga	$Ck < \lambda < 150$

calculo de la carga admisible del material:

$$Nadm := \begin{cases} \text{if } \lambda < 30 \\ \quad f'c \cdot At \\ \text{else if } 30 < \lambda < Ck \\ \quad f'c \cdot At \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{Ck}\right)^4\right) \\ \text{else if } Ck < \lambda < 150 \\ \quad 4.93 \cdot \left(\frac{Emin \cdot At}{\lambda^2}\right) \end{cases} = 2546.316 \text{ kgf}$$

$$fc = 130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Sol := \frac{Nadm}{At} = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c = 117 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$C := \begin{cases} \text{if } \frac{Nadm}{At} \leq f'c \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

comprobación final $N_{adm} > P_{ult}$

$$R := \begin{cases} \text{if } N_{adm} > P_{ult} \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

4.3. Diseño de elementos a tracción

Diseño de elementos a tracción ubicados en el tijeral tomando los máximos esfuerzos que se dan por la combinación de cargas de viento siendo esta más significativa dándome así un resultado de esfuerzo a tracción de 195.42 kgf.

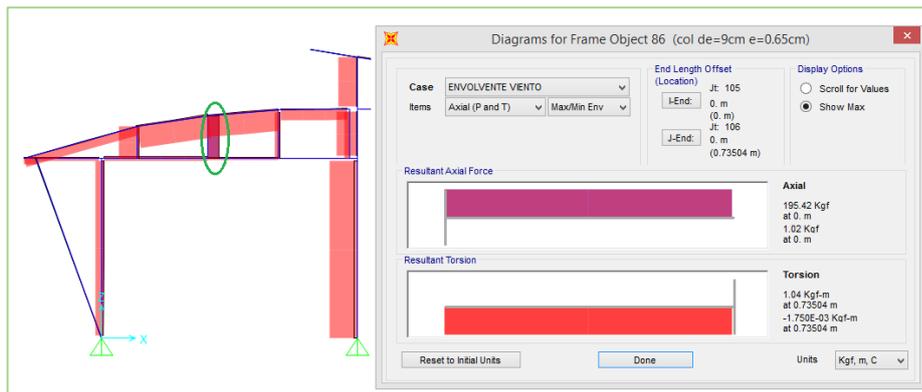


FIGURA N° 83, Esfuerzos a tracción de la diagonal

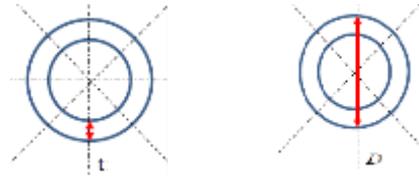
Fuente: sap 2000 (propia)

Se tomó los esfuerzos a tracción más significativos que podrían generar dificultades en el comportamiento del tijeral para su poder realizar un diseño conservador a corde a las exigencias de la normativa del RNE (E-100).

calculo del área neta An:

$$De := 9 \text{ cm}$$

$$t := 0.85 \text{ cm}$$



$$di := De - 2 \cdot t = 7.3 \text{ cm}$$

$$re := \frac{De}{2} = 4.5 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(De - 2 t)}{2} = 3.65 \text{ cm}$$

$$An := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 21.763 \text{ cm}^2$$

esfuerzo a tensión admisible (ft)..... (E-100):

$$ft := 160 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{.....según el reglamento o las pruebas de laboratorio}$$

esfuerzo admisible modificado para tensión axial (f't)

$$CD := 0.9 \quad \text{.....para carga permanente}$$

$$f't := ft \cdot CD = 144 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de esfuerzo a tensión actuante

$$T := 195.42 \text{ kgf}$$

$$Ft := \frac{T}{An} \leq f't$$

$$Ft := \frac{T}{An} = 8.979 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Resultado} := \text{if}(Ft \leq f't, \text{"ok"}, \text{"falso"})$$

Resultado = "ok"

Diseño de elementos a tracción del tijeral donde nos arroja un esfuerzo a tracción de 873.36 kgf.

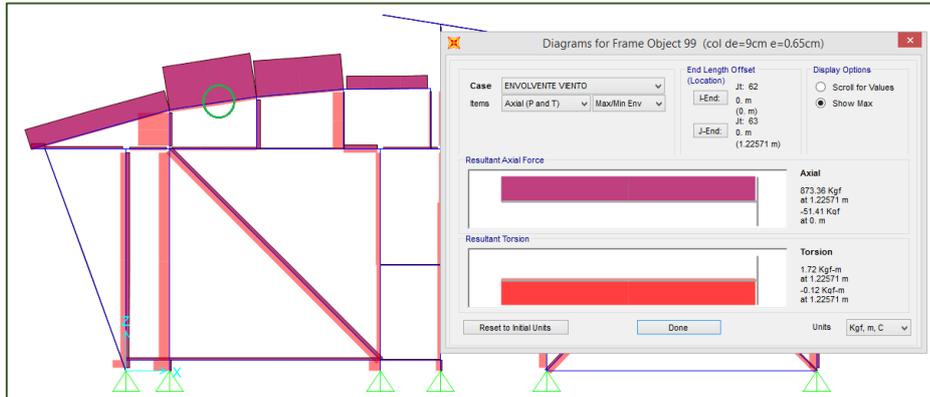


FIGURA N° 84, Esfuerzos a tracción tijeral módulo 1
Fuente: sap 2000 (propia)

Para el diseño se utilizó los lineamientos y recomendaciones del RNE (E-100).

calculo del área neta An:

$$De := 9 \text{ cm}$$

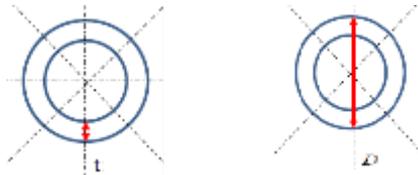
$$t := 0.85 \text{ cm}$$

$$di := De - 2 \cdot t = 7.3 \text{ cm}$$

$$re := \frac{De}{2} = 4.5 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(De - 2 t)}{2} = 3.65 \text{ cm}$$

$$An := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 21.763 \text{ cm}^2$$



esfuerzo a tensión admisible (ft)..... (E-100):

$$ft := 160 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{.....según el reglamento o las pruebas de laboratorio}$$

esfuerzo admisible modificado para tensión axial (f't)

$$CD := 0.9 \quad \text{.....para carga permanente}$$

$$f't := ft \cdot CD = 144 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de esfuerzo a tensión actuante

$$T := 873.36 \text{ kgf}$$

$$Ft := \frac{T}{An} \leq f't$$

$$Ft := \frac{T}{An} = 40.13 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resultado := if($Ft \leq f't$, "ok", "falso")

Resultado = "ok"

Diseño de la diagonal lateral de la edificación sometido a esfuerzos de tracción como se muestra en la figura siguiente:

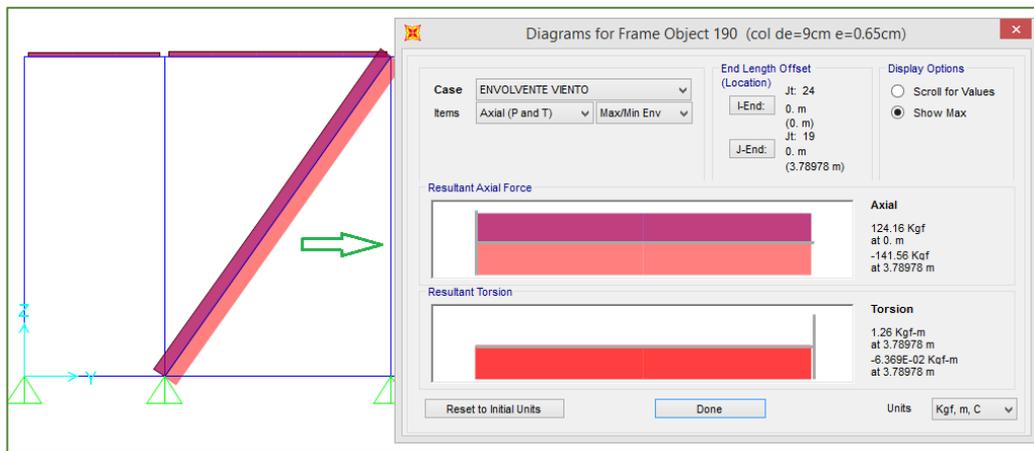


FIGURA N° 85, Esfuerzos a tracción diagonal lateral módulo 1

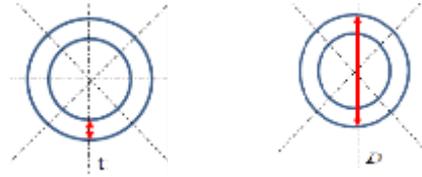
Fuente: sap 2000 (propia)

Se determina por medio del programa los esfuerzos máximos a tracción para pasar a realizar el diseño por esfuerzos admisibles de forma manual y así poder comprobar y determinar de manera eficiente el diseño con un sustento en la normativa.

calculo del área neta An:

$$De := 9 \text{ cm}$$

$$t := 0.85 \text{ cm}$$



$$di := De - 2 \cdot t = 7.3 \text{ cm}$$

$$re := \frac{De}{2} = 4.5 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(De - 2 t)}{2} = 3.65 \text{ cm}$$

$$An := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 21.763 \text{ cm}^2$$

esfuerzo a tensión admisible (ft)..... (E-100):

$$ft := 160 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{.....segun el reglamento o las pruebas de laboratorio}$$

esfuerzo admisible modificado para tensión axial (f't)

$$CD := 0.9 \quad \text{.....para carga permanente}$$

$$f't := ft \cdot CD = 144 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de esfuerzo a tensión actuante

$$T := 124.16 \text{ kgf}$$

$$Ft := \frac{T}{An} \leq f't$$

$$Ft := \frac{T}{An} = 5.705 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Resultado} := \text{if}(Ft \leq f't, \text{"ok"}, \text{"falso"})$$

Resultado = "ok"

4.4. Diseño de elementos a flexión

para el diseño por flexión se determinó los momentos máximos tanto por sismo y viento no existiendo mucha diferencia por lo que se optó por utilizar las combinaciones de carga por viento.

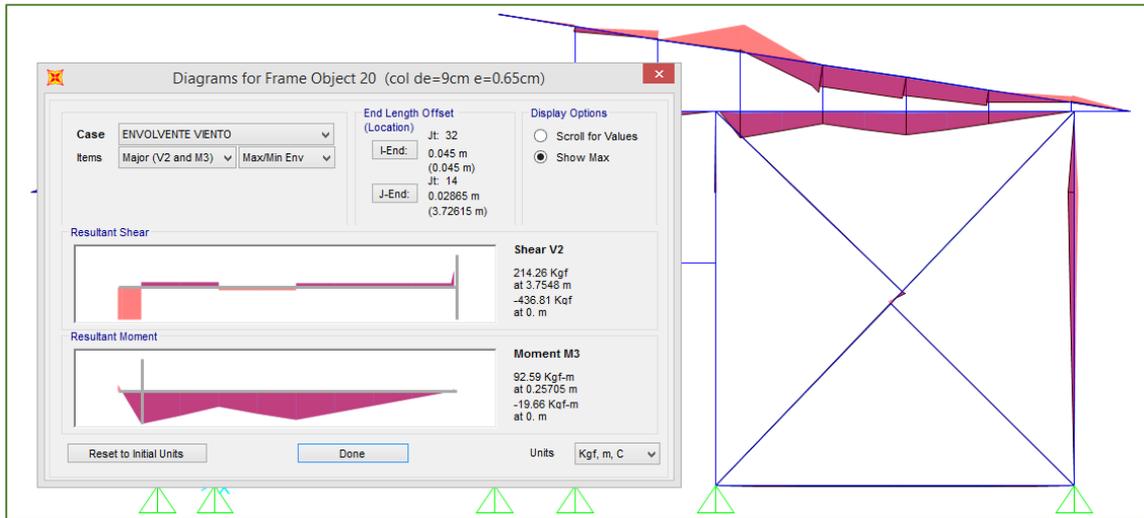


FIGURA N° 86, Esfuerzos a flexión módulo 2

Fuente: sap 2000 (propia)

esfuerzos últimos:

$$M_{max} := 92.59 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := 214.26 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 2$$

diámetro externo (De):

$$D_e := 11 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 372 \text{ cm}$$

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (D_e^2 - (D_e - 2 \cdot t)^2) = 0.003 \text{ m}^2$$

área neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.006 \text{ m}^2$$

esfuerzos admisibles a flexión y corte :

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_v := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

espesor (t):

$$t := 1 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$D_i := D_e - 2 \cdot t = 9 \text{ cm}$$

inercia del elemento viga (I):

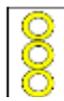
$$I := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - Di^4 - 4 \cdot De^2 \cdot Di^2)}{32} \\ \text{else if } 2 < n \leq 3 \\ \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 32 \cdot De^2 \cdot Di^2 - 3 \cdot Di^4)}{64} \\ \text{else} \\ \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} \end{cases} = 26939157.005 \text{ mm}^4$$



$$I = \frac{\pi \cdot (de^4 - di^4)}{64}$$



$$I = \frac{\pi(5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$$



$$I = \frac{\pi \cdot [35d_e^4 - 32d_e^2 d_i^2 - 3d_i^4]}{64}$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{I}{An}} \\ \text{else} \\ \frac{\sqrt{(De^2 + Di^2)}}{4} \end{cases} = 92.601 \text{ mm}$$

calculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
 coeficiente por redistribución de cargas, para $n > 4$ y
 altura ≤ 0.6 m Cr=1.1

estabilidad para elementos en flexión:

$$h := n \cdot De = 22 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{De} = 2$$

$$CL := 0.98$$



d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

esfuerzo admisible modificado:

$$f'm := fm \cdot CD \cdot Cr \cdot CL = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

modulo de elasticidad:

$$Emin := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v := fv \cdot CD \cdot Cr = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de deflexión:

$$K := 250$$



$$\Delta := \frac{l}{K} = 1.488 \text{ cm}$$

calculo del momento de inercia necesario:

$$Inecesario := Mmax \cdot \left(\frac{5 \cdot l \cdot K}{48 \cdot Emin} \right) = 12287200.342 \text{ mm}^4$$

$$Ielemento := I = 26939157.005 \text{ mm}^4$$

$$Reslt := \begin{cases} \text{if } Ielemento \geq Inecesario \\ \quad \text{|| "ok"} \\ \quad \text{else} \\ \quad \text{|| "falta"} \end{cases} = \text{"ok"}$$

calculo del módulo de sección necesario:

$$Zelem := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \quad \left| \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \right| \\ \quad \text{else if } 2 < n < 4 \\ \quad \left| \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{96 \cdot De} \right| \\ \quad \text{else} \\ \quad \left| \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{32 \cdot De} \right| \end{cases} = 244.901 \text{ cm}^3$$

$$factuante := \frac{Mmax}{Zelem} = 37.807 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f'm = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Res := \begin{cases} \text{if } factuante \leq f'm \\ \quad \text{|| "correcto"} \\ \quad \text{else} \\ \quad \text{|| "falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

verificación por esfuerzos cortantes paralelos a la fibra:

$$Fv := \frac{2 \cdot Vmax}{3 \cdot At} \cdot \left(\frac{3 \cdot De^2 - 4 \cdot De \cdot t + 4 \cdot t^2}{De^2 - 2 \cdot De \cdot t + 2 \cdot t^2} \right) = 7.27 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'v = 9 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$Relt := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Fv \leq f'v \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

determinación de las deflexiones admisibles permisibles:

$$\Delta f := \Delta = 14.88 \text{ mm} \qquad w := \frac{Mmax \cdot 8}{l^2} = 53.526 \frac{kgf}{m}$$

$$Eprom := 95000 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\Delta adm := \frac{1}{Eprom \cdot I} \cdot \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384} \right) = 5.215 \text{ mm}$$

$$Rstf := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Delta adm \leq \Delta f \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación por aplastamiento:

$$R := w \cdot l = 199.118 \text{ kgf} \qquad fcp := 13 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'cp := fcp \cdot 0.9 \cdot CL \cdot Cr = 11.466 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$fac := \frac{3 \cdot R \cdot De}{2 \cdot t^2 \cdot l} = 8.832 \frac{kgf}{cm^2}$$

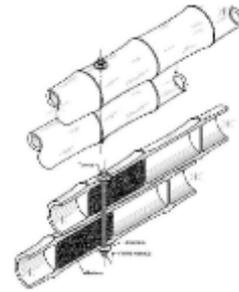
$$Sapla := \left\| \begin{array}{l} \text{if } fac \leq f'cp \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

distribución de conectores para vigas compuestas

$$e1 := 3 \cdot (De \cdot n) = 66 \text{ cm}$$

$$e2 := \frac{l}{4} = 93 \text{ cm}$$

según la norma E-100 elegimos el más conveniente



Diseño a flexión tomando los momentos máximos tanto por sismo o viento optándose por utilizar las combinaciones de carga por viento.

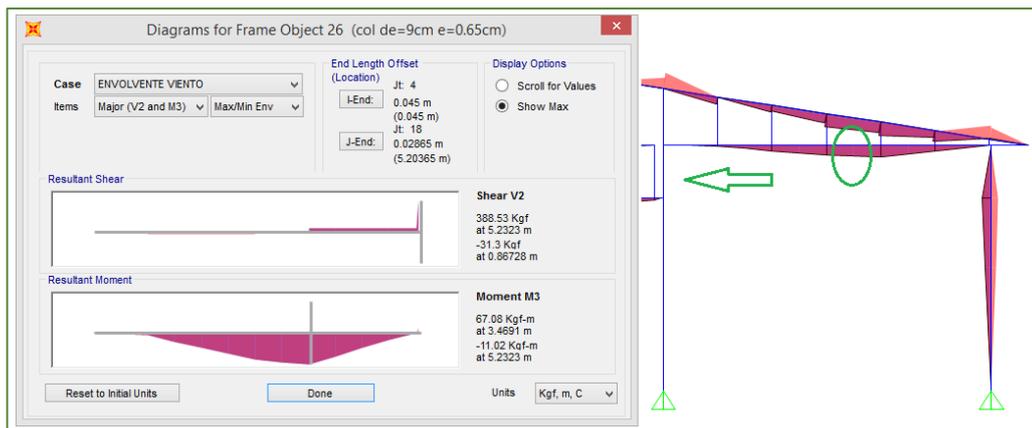


FIGURA N° 87, Esfuerzos a flexión viga principal módulo 2

Fuente: sap 2000 (propia)

Para el diseño se desarrolló por el método d esfuerzos admisibles basados en la normativa del RNE (E-100).

esfuerzos últimos:

esfuerzos admisibles a flexión y corte :

$$M_{max} := 67.08 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_v := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{max} := 388.53 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 2$$

espesor (t):

$$t := 1.8 \text{ cm}$$

diámetro externo (De):

$$De := 11 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$Di := De - 2 \cdot t = 7.4 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 520 \text{ cm}$$

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (De^2 - (De - 2 \cdot t)^2) = 0.005 \text{ m}^2$$

área neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.01 \text{ m}^2$$

inercia del elemento viga (I):

$$I := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \quad \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - Di^4 - 4 \cdot De^2 \cdot Di^2)}{32} \\ \text{else if } 2 < n \leq 3 \\ \quad \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 32 \cdot De^2 \cdot Di^2 - 3 \cdot Di^4)}{64} \\ \text{else} \\ \quad \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} \end{cases} = 42904831.401 \text{ mm}^4$$



$$I = \frac{\pi \cdot (de^4 - di^4)}{64}$$



$$I = \frac{\pi \cdot (5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$$



$$I = \frac{\pi \cdot [35de^4 - 32de^2 di^2 - 3di^4]}{64}$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \quad \sqrt{\frac{I}{A_n}} \\ \text{else} \\ \quad \frac{\sqrt{(De^2 + Di^2)}}{4} \end{cases} = 90.813 \text{ mm}$$

calculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
coeficiente por redistribución de cargas, para $n > 4$ y
 $altura \leq 0.6$ m Cr=1.1

estabilidad para elementos en flexion:

$$h := n \cdot De = 22 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{De} = 2$$

$$CL := 0.98$$



d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

esfuerzo admisible modificado:

$$f'm := fm \cdot CD \cdot Cr \cdot CL = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

modulo de elasticidad:

$$Emin := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v := fv \cdot CD \cdot Cr = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de deflexión:

$$K := 250$$

$$\Delta := \frac{l}{K} = 2.08 \text{ cm}$$



- Deflexión diferencial:
- Cielo raso rígido: $k = 500$
- Cielo raso flexible: $k = 250$
- Industrial o industrial: $k = 200$
- Por vibraciones: $k = 350$

calculo del momento de inercia necesario:

$$Inecesario := Mmax \cdot \left(\frac{5 \cdot l \cdot K}{48 \cdot Emin} \right) = 1244.349 \text{ cm}^4$$

$$Ielemento := I = 4290.483 \text{ cm}^4$$

$$Reslt := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Ielemento \geq Inecesario \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

calculo del módulo de sección necesario:

$$Z_{elem} := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \left| \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \right| \\ \text{else if } 2 < n < 4 \\ \left| \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{96 \cdot De} \right| \\ \text{else} \\ \left| \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{32 \cdot De} \right| \end{cases} = 390.044 \text{ cm}^3$$

$$factuante := \frac{M_{max}}{Z_{elem}} = 17.198 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f'm = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Res := \begin{cases} \text{if } factuante \leq f'm \\ \left| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

verificación por esfuerzos cortantes paralelos a la fibra:

$$F_v := \frac{2 \cdot V_{max}}{3 \cdot At} \cdot \left(\frac{3 \cdot De^2 - 4 \cdot De \cdot t + 4 \cdot t^2}{De^2 - 2 \cdot De \cdot t + 2 \cdot t^2} \right) = 8.406 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Relt := \begin{cases} \text{if } F_v \leq f'v \\ \left| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

determinación de las deflexiones admisibles permisibles:

$$\Delta f := \Delta = 20.8 \text{ mm} \qquad w := \frac{M_{max} \cdot 8}{l^2} = 19.846 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$E_{prom} := 95000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\Delta_{adm} := \frac{1}{E_{prom} \cdot I} \cdot \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384} \right) = 4.636 \text{ mm}$$

$$R_{stf} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Delta_{adm} \leq \Delta f \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación por aplastamiento :

$$R := w \cdot l = 103.2 \text{ kgf} \qquad f_{cp} := 13 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_{cp} := f_{cp} \cdot 0.9 \cdot CL \cdot Cr = 11.466 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

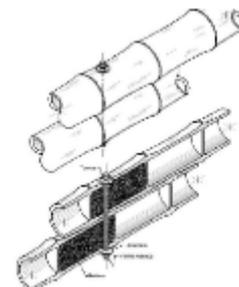
$$f_{ac} := \frac{3 \cdot R \cdot De}{2 \cdot t^2 \cdot l} = 1.011 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{apla} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } f_{ac} \leq f'_{cp} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

distribución de conectores para vigas compuestas

$$e1 := 3 \cdot (De \cdot n) = 66 \text{ cm}$$

$$e2 := \frac{l}{4} = 130 \text{ cm}$$



según la norma E-100 elegimos el más conveniente

Diseño por flexión de vigas intermedias sometidas a esfuerzos por carga de viento.

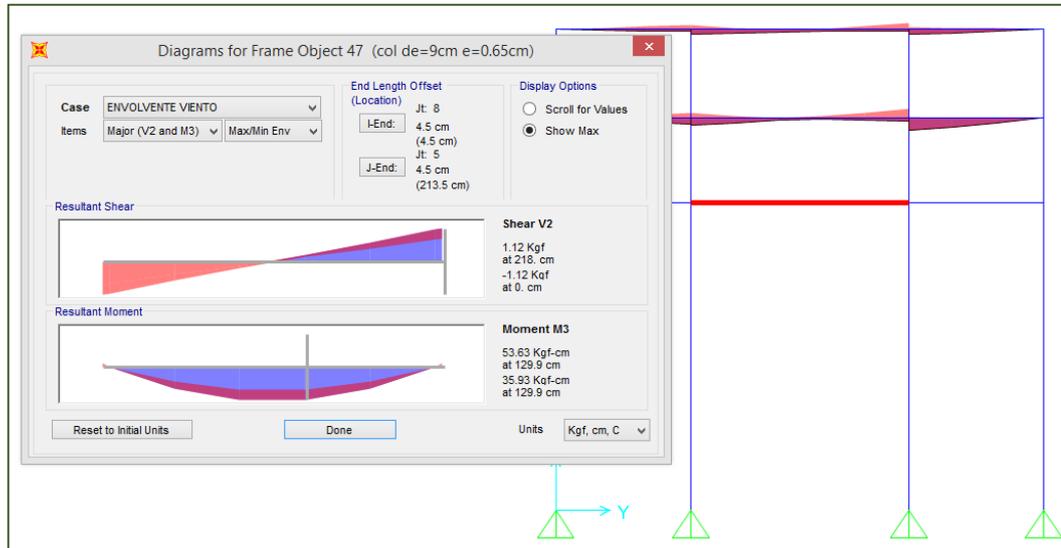


FIGURA N° 88, Esfuerzos a flexión viga intermedia

Fuente: sap 2000 (propia)

Cálculos de la viga:

esfuerzos últimos:

$$M_{max} := 53.63 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

esfuerzos admisibles a flexión y corte :

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_v := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{max} := 1.12 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 2$$

espesor (t):

$$t := 1.5 \text{ cm}$$

diámetro externo (De):

$$D_e := 10 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$D_i := D_e - 2 \cdot t = 7 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 213 \text{ cm}$$

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (D_e^2 - (D_e - 2 \cdot t)^2) = 0.004 \text{ m}^2$$

área neta total (At):

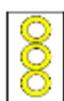
$$A_t := A_n \cdot n = 0.008 \text{ m}^2$$

inercia del elemento viga (I):

$$I := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - Di^4 - 4 \cdot De^2 \cdot Di^2)}{32} \\ \text{else if } 2 < n \leq 3 \\ \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 32 \cdot De^2 \cdot Di^2 - 3 \cdot Di^4)}{64} \\ \text{else} \\ \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} \end{cases} = 27487953.971 \text{ mm}^4$$


 $I = \frac{\pi \cdot (de^4 - di^4)}{64}$


 $I = \frac{\pi \cdot (5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$


 $I = \frac{\pi \cdot [35d_e^4 - 32d_e^2 d_i^2 - 3d_i^4]}{64}$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{I}{An}} \\ \text{else} \\ \frac{\sqrt{(De^2 + Di^2)}}{4} \end{cases} = 82.84 \text{ mm}$$

calculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

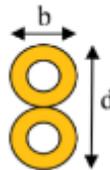
CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
 coeficiente por redistribución de cargas, para $n > 4$ y
 altura ≤ 0.6 m Cr=1.1

estabilidad para elementos en flexión:

$$h := n \cdot De = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{De} = 2$$

$$CL := 0.98$$



d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

esfuerzo admisibles modificado:

$$f'm := fm \cdot CD \cdot Cr \cdot CL = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

modulo de elasticidad:

$$Emin := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v := fv \cdot CD \cdot Cr = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de deflexión:

$$K := 250$$

$$\Delta := \frac{l}{K} = 0.852 \text{ cm}$$



- Deflexión diferida:
- Cielo raso rígido: \$k=300\$
- Cielo raso flexible: \$k=250\$
- Industrial o industrial: \$k=200\$
- Por vibraciones: \$k=350\$

calculo del momento de inercia necesario:

$$Inecesario := M_{max} \cdot \left(\frac{5 \cdot l \cdot K}{48 \cdot E_{min}} \right) = 4075053.51 \text{ mm}^4$$

$$Ielemento := I = 27487953.971 \text{ mm}^4$$

$$Reslt := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Ielemento \geq Inecesario \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

calculo del módulo de sección necesario:

$$Zelem := \left\| \begin{array}{l} \text{if } 1 < n < 3 \\ \quad \left\| \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \right\| \\ \text{else if } 2 < n < 4 \\ \quad \left\| \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{96 \cdot De} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{32 \cdot De} \right\| \\ \end{array} \right\| = 274.88 \text{ cm}^3$$

$$factuante := \frac{M_{max}}{Zelem} = 19.51 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \qquad f'm = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Res := \left\| \begin{array}{l} \text{if } factuante \leq f'm \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

verificación por esfuerzos cortantes paralelos a la fibra:

$$Fv := \frac{2 \cdot Vmax}{3 \cdot At} \cdot \left(\frac{3 \cdot De^2 - 4 \cdot De \cdot t + 4 \cdot t^2}{De^2 - 2 \cdot De \cdot t + 2 \cdot t^2} \right) = 0.031 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'v = 9 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$Relt := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Fv \leq f'v \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

determinación de las deflexiones admisibles permisibles:

$$\Delta f := \Delta = 8.52 \text{ mm} \qquad w := \frac{Mmax \cdot 8}{l^2} = 94.567 \frac{kgf}{m}$$

$$Eprom := 95000 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\Delta adm := \frac{1}{Eprom \cdot I} \cdot \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384} \right) = 0.971 \text{ mm}$$

$$Rstf := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Delta adm \leq \Delta f \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \\ \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación por aplastamiento :

$$R := w \cdot l = 201.427 \text{ kgf} \qquad fcp := 13 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'cp := fcp \cdot 0.9 \cdot CL \cdot Cr = 11.466 \frac{kgf}{cm^2}$$

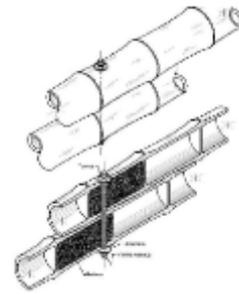
$$fac := \frac{3 \cdot R \cdot De}{2 \cdot t^2 \cdot l} = 6.304 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$Sapla := \begin{cases} \text{if } fac \leq f'cp \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

distribución de conectores para vigas compuestas

$$e1 := 3 \cdot (De \cdot n) = 60 \text{ cm}$$

$$e2 := \frac{l}{4} = 53.25 \text{ cm}$$



según la norma E-100 elegimos el más conveniente

Esfuerzos admisibles de correas horizontales por la combinación de carga por viento generándose un momento flector de 117.69 kgf-m y una fuerza cortante de 90.89 kgf.

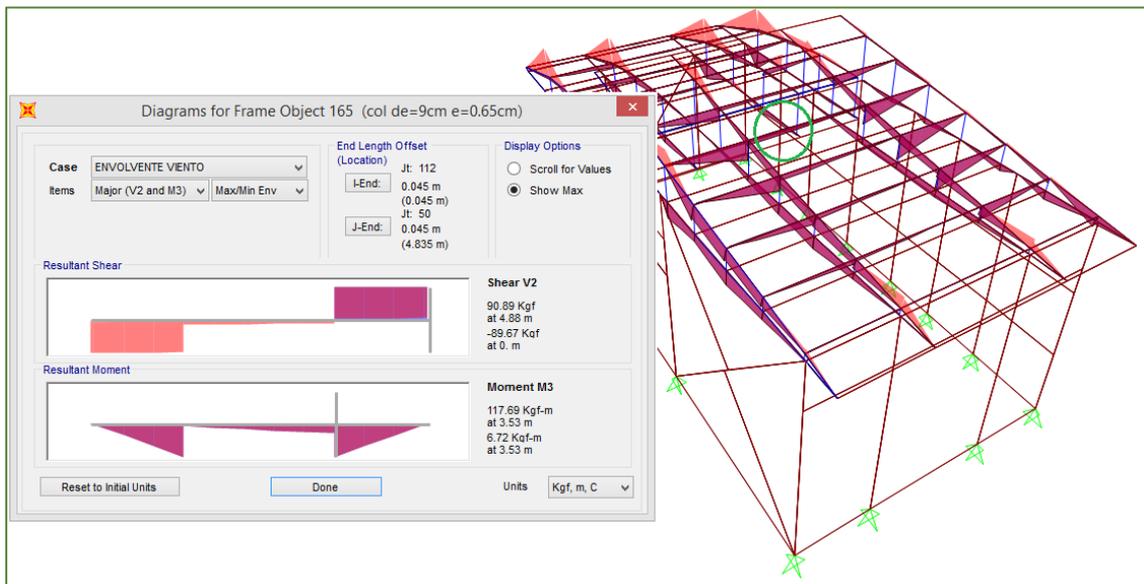


FIGURA N° 89, Momento flector de correa

Fuente: sap 2000 (propia)

Diseño por esfuerzos admisibles de las correas del techo en bambú.

esfuerzos últimos:

$$M_{max} := 117.69 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := 90.89 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 1$$

diámetro externo (De):

$$De := 10.5 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 130 \text{ cm}$$

esfuerzos admisibles a flexión y corte :

$$f_m := 127 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_v := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

espesor (t):

$$t := 2.75 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

$$Di := De - 2 \cdot t = 5 \text{ cm}$$

área neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (De^2 - (De - 2 \cdot t)^2) = 0.007 \text{ m}^2$$

area neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.007 \text{ m}^2$$

inercia del elemento viga (I):

$$I := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - Di^4 - 4 \cdot De^2 \cdot Di^2)}{32} \\ \text{else if } 2 < n \leq 3 \\ \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 32 \cdot De^2 \cdot Di^2 - 3 \cdot Di^4)}{64} \\ \text{else} \\ \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} \end{cases} = 5659806.195 \text{ mm}^4$$



$$I = \frac{\pi \cdot (de^4 - di^4)}{64}$$



$$I = \frac{\pi \cdot (5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$$



$$I = \frac{\pi \cdot [35de^4 - 32de^2 di^2 - 3di^4]}{64}$$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{I}{A_n}} \\ \text{else} \\ \frac{\sqrt{(De^2 + Di^2)}}{4} \end{cases} = 29.074 \text{ mm}$$

calculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
 coeficiente por redistribución de cargas, para $n > 4$ y
 $altura \leq 0.6$ m Cr=1.1

estabilidad para elementos en flexión:

$$h := n \cdot De = 10.5 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{De} = 1$$

$$CL := 1$$



d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

esfuerzo admisibles modificado:

$$f'm := fm \cdot CD \cdot Cr \cdot CL = 114.3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

modulo de elasticidad:

$$Emin := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v := fv \cdot CD \cdot Cr = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de deflexión:

$$K := 250$$

$$\Delta := \frac{l}{K} = 0.52 \text{ cm}$$



- Deflexión diferencial:
- Cielo raso rígido: k=300
- Cielo raso flexible: k=250
- Industrial o industrial: k=200
- Por vibraciones: k=350

calculo del momento de inercia necesario:

$$Inecesario := Mmax \cdot \left(\frac{5 \cdot l \cdot K}{48 \cdot Emin} \right) = 5457940.925 \text{ mm}^4$$

$$Ielemento := I = 5659806.195 \text{ mm}^4$$

$$Reslt := \begin{cases} \text{if } Ielemento \geq Inecesario \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

calculo del módulo de sección necesario:

$$Zelem := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \left| \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \right| \\ \text{else if } 2 < n < 4 \\ \left| \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{96 \cdot De} \right| \\ \text{else} \\ \left| \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{32 \cdot De} \right| \end{cases} = 107.806 \text{ cm}^3$$

$$factuante := \frac{Mmax}{Zelem} = 109.168 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f'm = 114.3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Res := \begin{cases} \text{if } factuante \leq f'm \\ \left| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

verificación por esfuerzos cortantes paralelos a la fibra:

$$Fv := \frac{2 \cdot Vmax}{3 \cdot At} \cdot \left(\frac{3 \cdot De^2 - 4 \cdot De \cdot t + 4 \cdot t^2}{De^2 - 2 \cdot De \cdot t + 2 \cdot t^2} \right) = 3.285 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Relt := \begin{cases} \text{if } Fv \leq f'v \\ \left| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right| \end{cases} = \text{"correcto"}$$

determinación de las deflexiones admisibles permisibles:

$$\Delta f := \Delta = 5.2 \text{ mm} \qquad w := \frac{M_{max} \cdot 8}{l^2} = 557.112 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$E_{prom} := 95000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\Delta_{adm} := \frac{1}{E_{prom} \cdot I} \cdot \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384} \right) = 3.853 \text{ mm}$$

$$R_{stf} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Delta_{adm} \leq \Delta f \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación por aplastamiento:

$$R := w \cdot l = 724.246 \text{ kgf} \qquad f_{cp} := 13 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_{cp} := f_{cp} \cdot 0.9 \cdot CL \cdot Cr = 11.7 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{ac} := \frac{3 \cdot R \cdot De}{2 \cdot t^2 \cdot l} = 11.603 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{apla} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } f_{ac} \leq f'_{cp} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

Momento flector de la vigueta inclinada de tijeral en bambú por la combinación de carga de viento siendo 97.94 kgf·m y una fuerza cortante de 114.11 kgf

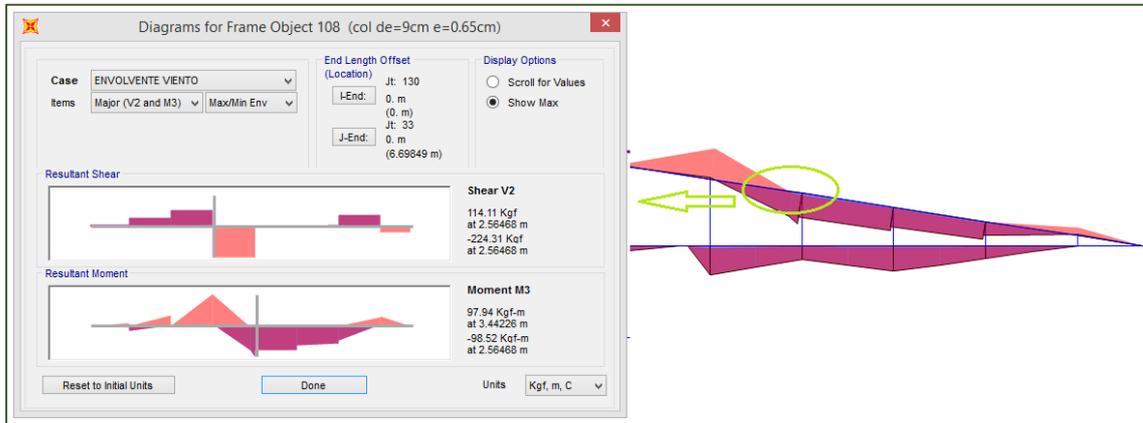


FIGURA N° 90, Momento flector vigueta inclinada

Fuente: sap 2000 (propia)

Diseño de vigueta inclinada

esfuerzos últimos:

$$M_{max} := 97.94 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := 114.11 \text{ kgf}$$

numero de culmos de bambú:

$$n := 2$$

diámetro externo (De):

$$De := 10.5 \text{ cm}$$

longitud real (l):

$$l := 669 \text{ cm}$$

area neta (An):

$$A_n := \frac{\pi}{4} \cdot (De^2 - (De - 2 \cdot t)^2) = 0.007 \text{ m}^2$$

area neta total (At):

$$A_t := A_n \cdot n = 0.013 \text{ m}^2$$

esfuerzos admisibles a flexion y corte :

$$f_m := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_v := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

espesor (t):

$$t := 2.75 \text{ cm}$$

diámetro interior (Di):

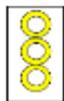
$$Di := De - 2 \cdot t = 5 \text{ cm}$$

inercia del elemento viga (I):

$$I := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - Di^4 - 4 \cdot De^2 \cdot Di^2)}{32} \\ \text{else if } 2 < n \leq 3 \\ \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 32 \cdot De^2 \cdot Di^2 - 3 \cdot Di^4)}{64} \\ \text{else} \\ \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{64} \end{cases} = 48228662.767 \text{ mm}^4$$


 $I = \frac{\pi \cdot (de^4 - di^4)}{64}$


 $I = \frac{\pi(5de^4 - di^4 - 4de^2 di^2)}{32}$


 $I = \frac{\pi \cdot [35d_e^4 - 32d_e^2 d_i^2 - 3d_i^4]}{64}$

calculo del radio de giro (r):

$$r := \begin{cases} \text{if } n > 1 \\ \sqrt{\frac{I}{An}} \\ \text{else} \\ \frac{\sqrt{(De^2 + Di^2)}}{4} \end{cases} = 84.871 \text{ mm}$$

calculo del esfuerzo admisible modificado a compresión

$$CD := 0.9$$

$$Cr := 1$$

CD= 0.9 para cargas permanentes y 1 para carga viva
coeficiente por redistribución de cargas, para $n > 4$ y
 $altura \leq 0.6$ m Cr=1.1

estabilidad para elementos en flexión:

$$h := n \cdot De = 21 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{De} = 2$$

$$CL := 0.98$$



d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

esfuerzo admisibles modificado:

$$f'm := fm \cdot CD \cdot Cr \cdot CL = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'v := fv \cdot CD \cdot Cr = 9 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

modulo de elasticidad:

$$E_{min} := 73000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

calculo de deflexión:

$$K := 200$$

$$\Delta := \frac{l}{K} = 3.345 \text{ cm}$$



- Deflexión diferida:
- Cielo raso rígido: $k=300$
- Cielo raso flexible: $k=250$
- Industrial o inclinado: $k=200$
- Por vibraciones: $k=350$

calculo del momento de inercia necesario:

$$Inecesario := M_{max} \cdot \left(\frac{5 \cdot l \cdot K}{48 \cdot E_{min}} \right) = 18699160.959 \text{ mm}^4$$

$$Ielemento := I = 48228662.767 \text{ mm}^4$$

$$Reslt := \begin{cases} \text{if } Ielemento \geq Inecesario \\ \quad \text{“correcto”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“falta”} \end{cases} = \text{“correcto”}$$

calculo del módulo de sección necesario:

$$Zelem := \begin{cases} \text{if } 1 < n < 3 \\ \quad \frac{\pi \cdot (5 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{32 \cdot De} \\ \text{else if } 2 < n < 4 \\ \quad \frac{\pi \cdot (35 \cdot De^4 - 4 \cdot De^2 \cdot (De - 2 \cdot t)^2 - (De - 2 \cdot t)^4)}{96 \cdot De} \\ \text{else} \\ \quad \frac{\pi \cdot (De^4 - Di^4)}{32 \cdot De} \end{cases} = 459.321 \text{ cm}^3$$

$$factuante := \frac{M_{max}}{Zelem} = 21.323 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f'm = 44.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Res := \begin{cases} \text{if } factuante \leq f'm \\ \quad \text{“correcto”} \\ \text{else} \\ \quad \text{“falta”} \end{cases} = \text{“correcto”}$$

verificación por esfuerzos cortantes paralelos a la fibra:

$$Fv := \frac{2 \cdot Vmax}{3 \cdot At} \cdot \left(\frac{3 \cdot De^2 - 4 \cdot De \cdot t + 4 \cdot t^2}{De^2 - 2 \cdot De \cdot t + 2 \cdot t^2} \right) = 2.062 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'v = 9 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$Relt := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Fv \leq f'v \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

determinación de las deflexiones admisibles permisibles:

$$\Delta f := \Delta = 33.45 \text{ mm} \qquad w := \frac{Mmax \cdot 8}{l^2} = 17.506 \frac{kgf}{m}$$

$$Eprom := 95000 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\Delta adm := \frac{1}{Eprom \cdot I} \cdot \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384} \right) = 9.966 \text{ mm}$$

$$Rstf := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Delta adm \leq \Delta f \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right. \end{array} \right\| = \text{"correcto"}$$

comprobación por aplastamiento:

$$R := w \cdot l = 117.118 \text{ kgf} \qquad fcp := 13 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'cp := n \cdot fcp \cdot 0.9 \cdot CL \cdot Cr = 22.932 \frac{kgf}{cm^2}$$

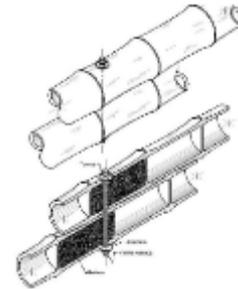
$$fac := \frac{3 \cdot R \cdot De}{2 \cdot t^2 \cdot l} = 0.365 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$Sapla := \begin{cases} \text{if } fac \leq f'cp \\ \quad \text{"correcto"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"falta"} \end{cases} = \text{"correcto"}$$

distribución de conectores para vigas compuestas

$$e1 := 3 \cdot (De \cdot n) = 63 \text{ cm}$$

$$e2 := \frac{l}{4} = 167.25 \text{ cm}$$



según la norma E-100 elegimos el mas conveniente

4.5. Diseño de uniones

diseño de elementos de conexión o uniones del bambú, para ello se determinó los esfuerzos más significativos a considerar y basándonos en la normativa E-100 se pasó a realizar las comprobaciones para los tipos de uniones con mortero o con platinas.

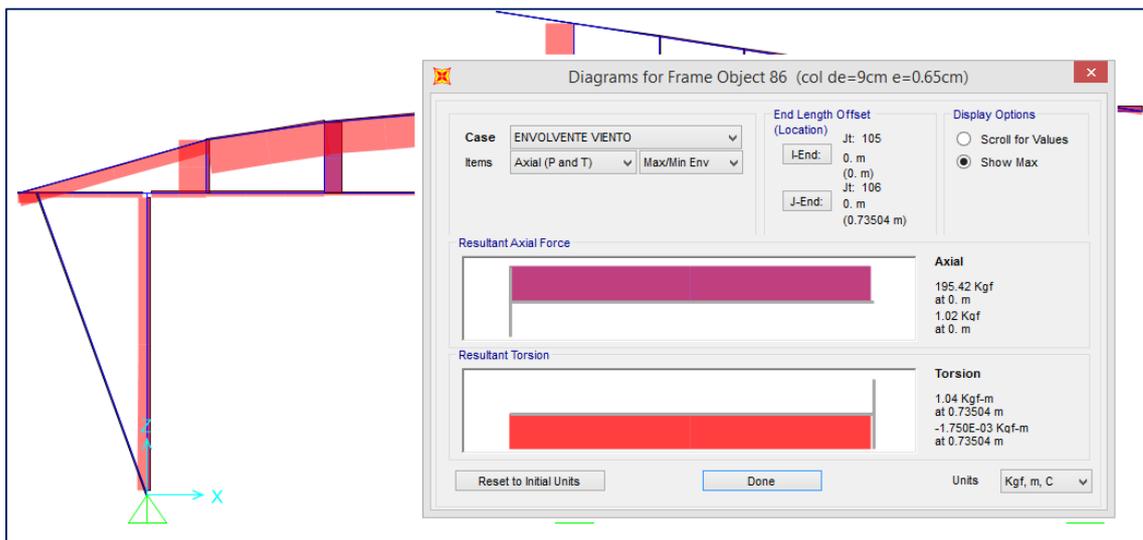


FIGURA N° 91, Esfuerzos a tracción significativa

Fuente: sap 2000 (propia)

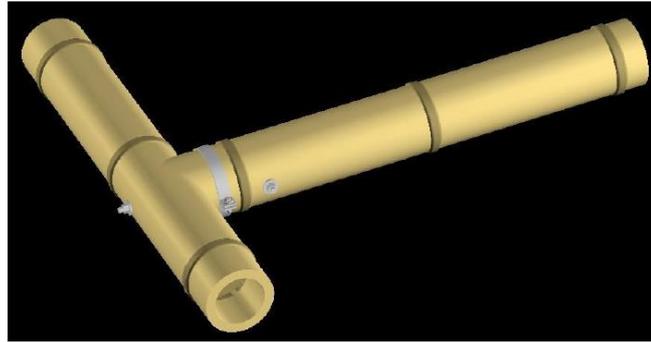


FIGURA N° 92, Unión con pernos de 3/8"

Fuente: (propia)

numero de culmos	espesor (t)
n= 1	t= 0.85 cm
diámetro externo:	diámetro interno:
De= 9 cm	Di= 7.3 cm

según Clavijo y Trujillo su resistencia ultima promedio de 6565 kgf

calculo de la resistencia de la unión con mortero

$$P = -600 + 2400 * D_e - 2500 * D_i$$

P= 2750 kgf

según Clavijo y Trujillo recomiendan este método para cargas menores a 2000 kgf.

calculo de la resistencia de la unión con laminas

$$P = 5000 + 2200 * D_e - 2400 * D_i$$

P= 7280 kgf

según la normativa E-100

uniones perpendiculares

para una resistencia de 200 kgf

σ_{adm} 200 kgf esfuerzo de resistencia

ϕ = 3/8" pernos y pasadores

comprobación

$\sigma_{max} = 195.42 \text{ kgf}$ tracción

comprobación por resistencia de pernos de 3/8"

$\sigma_{resit}: 0.9771$ ----- correcto

comprobación por resistencia de nudo con mortero

$\sigma_{resit}: 0.071061818$ ----- correcto

comprobación por resistencia de nudo con platina

$\sigma_{resit}: 0.026843407$ ----- correcto

4.6. Diseño de cimentaciones

4.6.1. Diseño de pedestales

para el diseño del pedestal se tomó las cargas que llegan a la base de las columnas.

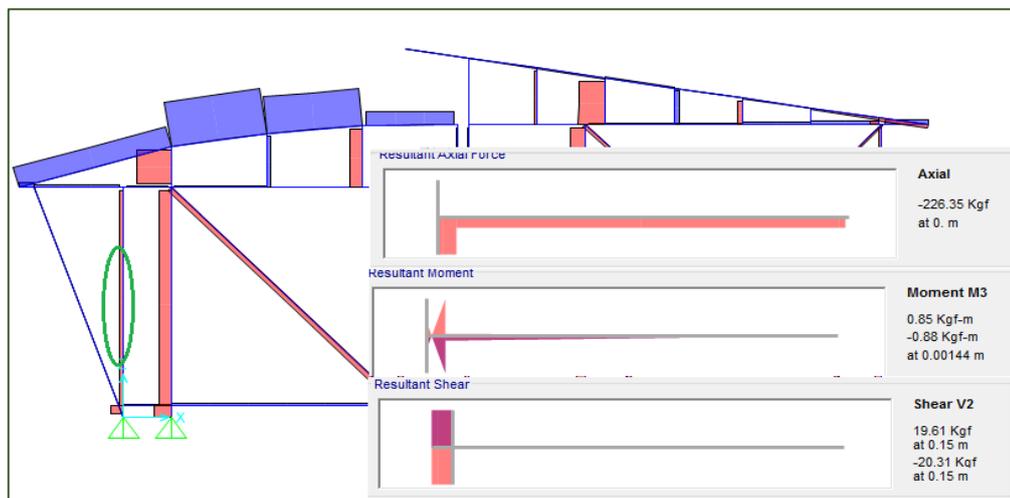


FIGURA N° 93, Esfuerzos para el diseño de pedestal

Fuente: sap 2000 (propia)

DATOS:

$$P_u := 226.35 \text{ kgf}$$

$$V_{max} := 19.61 \text{ kgf}$$

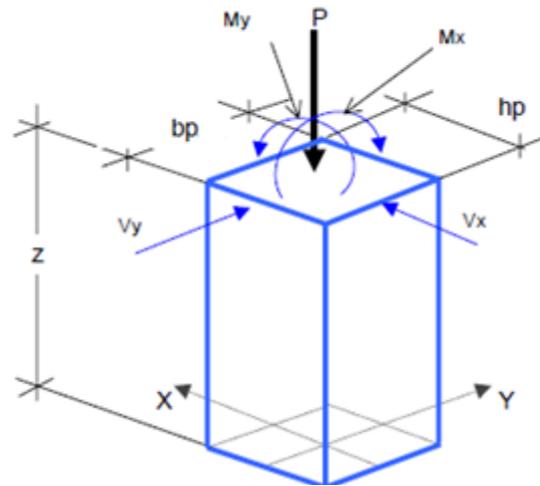
$$M_{max} := 0.85 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$f_c := 175 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$b_p := 35 \text{ cm}$$

$$h_p := 35 \text{ cm}$$

$$Z := 40 \text{ cm}$$



Calculo de carga critica a compresion resistida por el concreto

$$A_g := b_p \cdot h_p = 1225 \text{ cm}^2$$

$$C_r := 0.1 \cdot f_c \cdot A_g = 21437.5 \text{ kgf}$$

$$\text{Sol} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } C_r \geq P_u \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"cumple"} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{"falta"} \end{array} \right\| \end{array} \right\| \end{array} \right\| = \text{"cumple"}$$

DISEÑO POR FLEXION:

calculo del momento ultimo en la base del pedestal

$$V_z := V_{max} \cdot Z = 784.4 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

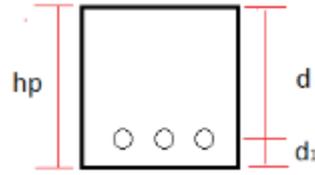
$$M_u := M_{max} + V_z = 8.694 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

calculo del peralte efectivo:

$$\Phi := \frac{3}{8} \quad \text{rec} := 4 \text{ cm}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\Phi_1 := \begin{cases} \text{if } \Phi = \frac{3}{8} \\ \quad \parallel 0.95 \text{ cm} \\ \text{else if } \Phi = \frac{1}{2} \\ \quad \parallel 1.27 \text{ cm} \\ \text{else if } \Phi = \frac{5}{8} \\ \quad \parallel 1.58 \text{ cm} \end{cases} = 0.95 \text{ cm}$$



$$d_1 := \text{rec} + \frac{\Phi_1}{2} = 4.475 \text{ cm}$$

$$d := hp - d_1 = 30.525 \text{ cm}$$

$$A_s := \frac{M_u}{0.9 \cdot f_y \cdot 0.9 \cdot d} = 0.008 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y 0.9d}$$

área de acero mínimo por temperatura:

$$A_{smin} := 0.0020 \cdot b_p \cdot hp = 2.45 \text{ cm}^2$$

refuerzo por flexión:

$$A_{smin1} := \frac{0.25 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b_p \cdot d \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)^{0.5} = 0.841 \text{ cm}^2$$

pero no menor que:

$$A_{smin2} := \frac{1.4 \cdot b_p \cdot d}{f_y} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 0.356 \text{ cm}^2$$

$$\begin{cases} \text{if } A_{smin1} \geq A_{smin2} \\ \quad \parallel \text{"ok"} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{"falta"} \end{cases} = \text{"ok"}$$

$$A_{s.req} := \max(A_{smin1}, A_{smin2}) = 0.841 \text{ cm}^2$$

refuerzo por flexión final:

$$A_{sflex} := \max(A_{s.req}, A_{smin}, A_s) = 2.45 \text{ cm}^2$$

revisión del acero mínimo a compresión:

$$A_{smin.com} := 0.01 \cdot A_g = 12.25 \text{ cm}^2$$

$$usar := \max(A_{smin.com}, A_{sflex}) = 12.25 \text{ cm}^2$$

if(usar = A_{smin.com}, "compresion", "flexion") = "compresion"

$$\phi := \frac{1}{2}$$

numero de varillas

$$\phi 1 := \begin{cases} \text{if } \phi = \frac{3}{8} \\ \quad \parallel 0.71 \text{ cm}^2 \\ \text{else if } \phi = \frac{1}{2} \\ \quad \parallel 1.29 \text{ cm}^2 \\ \text{else if } \phi = \frac{5}{8} \\ \quad \parallel 1.99 \text{ cm}^2 \end{cases} = 1.29 \text{ cm}^2$$

area de acero a utilizar

$$A_u := n \cdot \phi 1 = 12.9 \text{ cm}^2$$

if(A_u ≥ usar, "ok", "falta") = "ok"

por criterio usar:

$$A_{uf} := 4 \cdot 0.71 \text{ cm}^2 = 2.84 \text{ cm}^2$$

if(A_{uf} ≥ A_{sflex}, "ok", "falta") = "ok"

usar 4 φ 3/8"

diseño por cortante:

esfuerzo cortante actuante neto:

$$V_u := V_{max} = 19.61 \text{ kgf}$$

esfuerzo resistente del hormigón:

$$V_c := 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)^{0.5} \cdot b_p \cdot d = 7490.635 \text{ kgf}$$

verificación del esfuerzo máximo que puede resistir el acero transversal:

$$V_{trans} := 2.1 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)^{0.5} \cdot b_p \cdot d = 29679.873 \text{ kgf}$$

$$V_s := \frac{V_u}{0.85} - V_c = -7467.564 \text{ kgf}$$

if(V_s < V_{trans}, "ok", "falta") = "ok"

$$V_{sf} := \begin{cases} \text{if } V_s \leq 0 \\ \quad \quad \quad 0 \text{ kgf} \\ \text{else} \\ \quad \quad \quad V_s \end{cases} = 0 \text{ kgf}$$

$\text{if}(V_{sf} \leq 0, \text{"colocar acero minimo"}, \text{"ok"}) = \text{"colocar acero minimo"}$

calculo del refuerzo transversal:

$$V_n := \frac{V_u}{0.85} = 23.071 \text{ kgf}$$

$$\frac{V_c}{2} = 3745.317 \text{ kgf}$$

$\text{if}\left(V_n \leq \frac{V_c}{2}, \text{"no necesita"}, \text{"si necesita"}\right) = \text{"no necesita"}$

usar $\phi 3/8" \alpha 0.15\text{m}$

4.6.2. Diseño de zapatas

para el diseño de las zapatas se utilizó el programa safe v.2016 donde se exporto las cargas de la edificación.

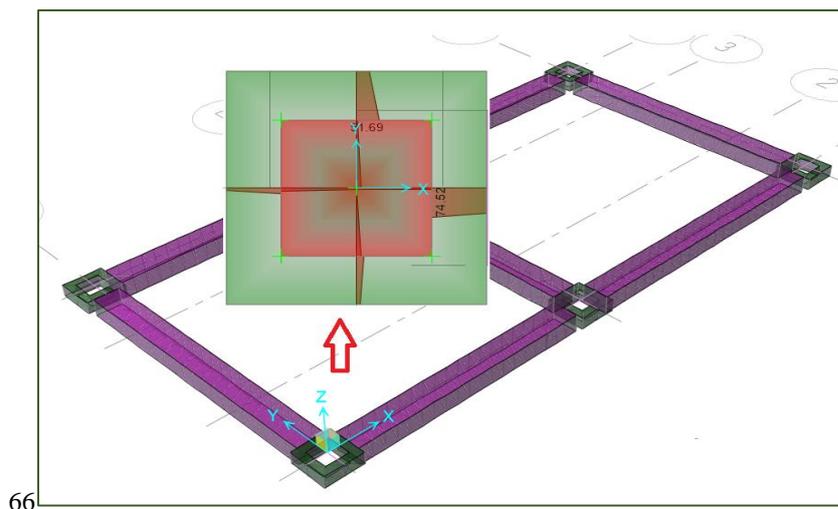


FIGURA N° 94, Momentos flectores en la zapata

Fuente: safe (propia)

DATOS:

$$MuA := 74.52 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$MuB := 51.69 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$fy := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

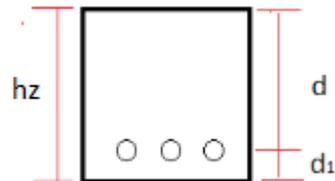
$$hz := 20 \text{ cm}$$

calculo de peralte efectivo:

$$\Phi := 8$$

$$rec := 7 \text{ cm}$$

$$\Phi1 := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \Phi = 8 \\ \quad \left\| 0.8 \text{ cm} \right. \\ \text{else if } \Phi = \frac{3}{8} \\ \quad \left\| 0.95 \text{ cm} \right. \\ \text{else if } \Phi = \frac{1}{2} \\ \quad \left\| 1.27 \text{ cm} \right. \\ \text{else if } \Phi = \frac{5}{8} \\ \quad \left\| 1.58 \text{ cm} \right. \end{array} \right\| = 0.8 \text{ cm}$$



$$d1 := rec + \frac{\Phi1}{2} = 7.4 \text{ cm}$$

$$d := hz - d1 = 12.6 \text{ cm}$$

calculo de área de acero

$$\phi := \Phi = 8$$

$$As\phi := \left\| \begin{array}{l} \text{if } \phi = 8 \\ \quad \left\| 0.5 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{else if } \phi = \frac{3}{8} \\ \quad \left\| 0.71 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{else if } \phi = \frac{1}{2} \\ \quad \left\| 1.29 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{else if } \phi = \frac{5}{8} \\ \quad \left\| 1.99 \text{ cm}^2 \right. \end{array} \right\| = 0.5 \text{ cm}^2$$

calculo de área de acero en A:

$$AsX := \frac{MuA}{0.9 \cdot fy \cdot 0.9 \cdot d} = 0.174 \text{ cm}^2$$

calculo de área de acero en B:

$$AsY := \frac{MuB}{0.9 \cdot fy \cdot 0.9 \cdot d} = 0.121 \text{ cm}^2$$

cantidad de acero Φ :

$$nA := \frac{AsX}{As\phi} = 0.348$$

cantidad de acero Φ :

$$nB := \frac{AsY}{As\phi} = 0.241$$

por lo tanto, no se requiere acero optando el acero mínimo.

usar $\phi 8\text{mm} \times 20 \text{ cm}$

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DEL ANALISIS

Mediante el proceso del modelamiento y determinación de cargas más influyentes en la estructura se realizó el análisis bajo dos condiciones de cargas dinámicas tanto por viento y sismo, encontrando resultados significativos en la determinación de las derivas inelásticas de entrepiso, estando dentro de los límites estipulados en la normativa RNE (E-030) donde el bambú por ser un material ortotrópico lo catalogan como una madera del tipo C, donde el máximo desplazamiento es el 1% de la altura.

<i>derivadas</i>	<i>modulo I</i>		<i>modulo II</i>	
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
<i>viento</i>	<i>0.001</i>	<i>0.005</i>	<i>0.001</i>	<i>0.003</i>
<i>sismo</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.004</i>

Observándose una variación significativa de la deriva inelástica por sismo en un promedio de 11% en la dirección “x” y un 78% en la dirección “y” de la deriva inelástica por viento, por lo cual se optó en utilizar para el diseño las fuerzas de viento con una velocidad 75 km/h, para determinar los esfuerzos máximos.

5.2. RESULTADOS DEL MÉTODO DE ESFUERZOS ADMISIBLES

A diferencia del diseño en acero y concreto donde para determinar los esfuerzos máximos se utiliza el método de resistencia última donde se

amplifican las cargas, en el método de esfuerzos admisibles se reduce la resistencia del material en función a las diferentes condiciones a la que ha de estar expuesto el material o elemento.

Se obtuvieron soluciones específicas basados en las propiedades mecánicas del material y al tipo de esfuerzo a la que a de estar expuesto durante su vida útil, tal como para los esfuerzos admisibles que se determinaron mediante los ensayos de laboratorio para las dos diferentes variedades de bambú el “*dendrocalamus asper*” y la “*guadua angustifolia*” obteniéndose los siguientes resultados.

ESFUERZOS ADMISIBLES DENDROCALAMUS ASPER						
ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
MG	endrocalamu	32.94	303	30	130	13
ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
MCG	endrocalamu	32.96	18	2	10	1
ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
TDS	endrocalamu	20.23	316	31	50	5
ESFUERZOS ADMISIBLES GUADUA ANGUSTIFOLIA						
ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
CGS	guadua	24.78	120	12	130	13
ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
GCS	guadua	24.15	20	2.0	10	1
ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
GT	guadua	26.46	640	63	160	16
ESFUERZOS ADMISIBLES A FLEXION (ENSAYO)						
codigo	variedad	C.H.	σ_{adm} ensayo		σ_{adm} (E-100)	
		%	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
FG	guadua	25.1	127	12	50	5

De los resultados obtenidos optamos por utilizar los esfuerzos admisibles según el RNE (E-100) ya que son resultados menores realizando así un diseño más conservador y evitar posibles fallas a futuro aplicando un $\sigma_{adm} = 130$ kgf/cm² para el diseño de los elementos bajo cargas de flexo compresión axial (figura N°86), donde que para controlar los momentos se tiene que utilizar 4 culmos de bambú de 8 cm de diámetro obteniendo así una columna más estable, así como para los elementos sometidos a flexión tales como vigas se utilizó un $\sigma_{adm} = 50$ kgf/cm² logrando con ello estabilizar por medio de 2 culmos de bambú la viga y para el caso de esfuerzos a tracción se utilizó y esfuerzo admisible de $\sigma_{adm} = 160$ kgf/cm² para el diseño estructural.

Los resultados obtenidos de aplicar el método de esfuerzos admisibles son estructuras livianas que están diseñadas para soportar a un porcentaje apropiado de la capacidad total del material.

5.3. Los esfuerzos máximos influyentes

Para el diseño se utilizaron 7 combinaciones de carga según (E020):

- D.....(1)
- D+L.....(2)
- D+W.....(3)
- 0.67*(D+L+W)(4)
- 0.75*(D+L+W)(5)
- 0.75*(D+L)(6)
- 0.75*(D+W)(7)

bajo condiciones de sismo y viento determinando así los esfuerzos máximos que se producen en la estructura ya sea por carga de servicio, sismo y viento determinando con esto para el diseño los esfuerzos que influyen de manera directa e indirecta en el comportamiento de la estructura son los esfuerzos a flexión generándose momentos máximos de $M_{max} = 117.69 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ en las correas y $M_{max} = 97.97$ en la vigas intermedias para luces de 5.20 m ya que el diseño está determinada en tres condiciones a la que suplir como la inercia, las deflexiones admisibles y el aplastamiento a las que tiene que resistir por lo que en el diseño se determina el uso de 2 culmos para poder estabilizar y contrarrestar la deformación de la viga .

5.4. Influencia de las cargas estructurales en los elementos

Las cargas estructurales influyen de manera significativa en función de las características físicas del material y la ubicación de ellas una en menor medida que en otras tales como en las columnas que para un $P_{ultm} = 500.6 \text{ kgf}$ y $Momento = 19.11 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ donde por compresion nos cumple para un solo culmo de diámetro $D_e = 10\text{cm}$, pero por flexocompacion no cumpliendo por ser una columna larga $\lambda = 75.70$ ($CK < \lambda < 150$), por lo que se optó por considerar 4 culmos de bambú de

De=8cm de diámetro exterior sufriendo las deficiencias .

El diseño de las vigas está ligado directamente a la luz de la misma y los espesores de las paredes y el diámetro exterior del bambu donde registran momentos máximos $M_{max}=97.94$ kgf-m influyendo de manera significativa ya que los culmos son elementos de sección circular y eje hueco por lo que tienen mayor susceptibilidad al aplastamiento por una carga puntual por lo que la carga influye en la medida como se ha de aplicar por lo que se utilizó 2 cañas de bambú para contrarrestar el aplastamiento y controlar las deflexiones admisibles permisibles.

5.5. Las propiedades mecánicas más significativas

La propiedad más significativa en el diseño de los elementos de la estructura se da por esfuerzos a flexión ya que por la condición que nos estipula la normativa RNE (E-100) donde de los ensayos obtenemos esfuerzos admisibles nos arroja un valor de $\sigma_{adm}= 127$ kg/cm² frente a lo estipulado en la normativa de $\sigma_{adm}= 50$ kg/cm² generándose así un incompatibilidad de las mismas las cuales se modificaran de acuerdo a las diferentes sollicitaciones siendo el producto del esfuerzo admisible por los coeficientes según la condición de trabajabilidad del material:

$$F_i = f_i * C_d * C_L * C_r$$

De lo que a diferencia que las demás condiciones donde solo se reduce a un 90% los esfuerzos admisibles como en las sollicitaciones a compresión y tracción cosa contraria en elementos a flexión que va depender según el número de cañas de bambú ya que va reduciendo de forma tal al coeficiente CL que varia de un 87% para 5 culmos y 100% para 1 culmo, en función a la relación de la altura sobre diámetro exterior reduciendo de esta manera el esfuerzo admisibles ocasionando que se tenga que utilizar elementos en bambú de una configuración más rígida como mayor espesor.

CONCLUSIONES

- Los resultados de del análisis y diseño en bambú son óptimos desde el punto de vista del comportamiento sismo resistente ya que genera desplazamientos inelásticos por debajo del 1% según el RNE (E-100).
- El resultado obtenido de aplicar el método de esfuerzos admisibles nos da estructuras resistentes y livianas obteniéndose columnas de 4 varas para un $p_{ult}= 500.6$ kg, $M_{ult}=19.11$ kg-m y vigas de 2 varas para un $M_{max}= 97.94$ kg-m y $V_{max}= 114.11$ kg.
- El esfuerzo máximo que influye de manera significativa son los esfuerzos flexionantes como el $M_{max}= 97.94$ kg-m, en la medida que para contrarrestar depende de las propiedades mecánicas y físicas del material.
- Las cargas estructurales influyen de manera significativa en función de las características físicas del material y la ubicación de ellas, una en menor medida que en otras tales como en las columnas y las vigas donde el grado de incidencia es mayor por la carga ultima de 500.6 kg y en las vigas por el momento máximo de 97.94 kg-m respectivamente.
- La propiedad mecánica más significativa es la resistencia a flexión que a diferencia que las demás condiciones donde solo se reduce a un 90% los esfuerzos admisibles como en las sollicitaciones a compresión y tracción cosa que en los elementos a flexión va depender según el número de varas de bambú, ya que va reduciendo de forma tal el coeficiente CL en un 87% para 5 varas hasta 100% para 1 vara.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el análisis y diseño tener en consideración la carga de viento ya que nos generan los mayores desplazamientos.
- Se recomienda el uso de 4 varas de bambú para la construcción de las columnas principales para contrarrestar los esfuerzos de flexo compresión.
- Se recomienda para determinar los esfuerzos máximos que se producen en una edificación se realice con el apoyo de un software para determinar y evaluar con mayor precisión.
- Se recomienda para determinar la influencia de las cargas estructurales tener en consideración los ángulos de disposición de la celulosa, las micro fibrillas y la célula-eje, del bambú ya que de ello dependerá su eficiencia.
- Se recomienda el uso de varas de bambú de espesores significativas para contrarrestar los momentos máximos por flexión y evitar la congestión de los elementos viga con los de columnas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gutiérrez Aliaga, S. (2010). *Uniones Estructurales Con Bambú (guadua angustifolia)*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, universidad nacional de ingeniería, lima.
- Días Valcárcel, P. (2016). *Análisis Comparativo: Uso De Bambú Vs. Perfiles De Acero Para Coberturas Liviana*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, universidad nacional de san Agustín, Arequipa.
- Canchan Salvador, R. (2017). *Identificación Y Propagación De Guadua Sp. Con Fito reguladores, Pichan aquí – Perú*. Tesis para optar el grado de ingeniero forestal, universidad nacional del centro del Perú, satipo.
- herrera mesen, C. (2008). *Evaluación Y Diseño Estructural De Una Vivienda Construida A Base De Bambú*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, instituto tecnológico de costa rica, costa rica.
- Peñaranda Pachón, D. (2015). *Análisis Estructural De Una Vivienda Prototipo Prefabricada De Guadua Angustifolia Kunth*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, Universidad gran Colombia, Colombia.
- Calva Chuquimarca, L. (2015). *Diseño De Un Modelo De Vivienda Ecológica Con Bambú Para La Zona Rural De Yantzaza*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, universidad nacional de Loja, ecuador.
- Moran ubidia, J. (2015). *Construir con bambú (caña Guayaquil) 3ra edición*. lima: limusa S.A.
- Sencico. (2014). *manual de construcciones de estructura con bambú*. lima: 1 era. Edición Cartolan editores srl.
- Reglamento Nacional De Edificaciones. (2015). *Estructuras de bambú. (E100)*. lima: 5ta. Edición Megabyte.
- Hidalgo lopez. O. (2010). *manual de construcciones con bambú*. colombia: Edición estudios técnicos colombianos Ltda.
- Carrasco diaz. S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. lima: Ed. San marcos.
-

PAGINAS WEB

- **Añazco M. (2013). Estudio de vulnerabilidad del bambú (guadua angustifolia). Recuperado el 3 de agosto de 2018 de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf.**
- **Takeuchi Tam, C. (2004). comportamiento estructural de la guadua angustifolia. Uniones en guadua. Recuperado el 3 de agosto de 2018 de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Comportamiento_estructural_angustifolia.pdf.**
- **Arcila. & florez,G. (1979). Guadua y madera. Recuperado el 3 de agosto de 2018 de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Guadua_y_madera1.pdf.**
- **Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2000). Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque en cementado. Recuperado el 3 de agosto de 2018 de http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/MANUAL%20BAHAREQUE.pdf.**

ANEXOS



Se observa la toma de muestras de bambú en la ciudad de satipo seleccionando los culmos de geometría similar para realizar los ensayos y determinar las propiedades mecánicas del material.



Se observa el levantamiento topográfico del terreno en la municipalidad provincial de satipo.



Toma de muestras para el ensayo de capacidad portante en la municipalidad provincial de satipo a una altura de 2 metros.



Ensayos a compresión de culmos de bambú de alturas iguales (2De) en el laboratorio de estructuras de la universidad peruana los andes en la maquina maquina a compresión modelo MES- 150.



Ensayos a tensión del bambú en el laboratorio de estructuras de la universidad peruana los andes en la maquina maquina a tracción modelo ME- 403-30.



Ensayos a flexión de una barra de bambú en el laboratorio de estructuras de la universidad peruana los andes en la maquina a tracción modelo ME- 403-30 que se tuvo que adecuar para realizar el ensayo a flexión.



Ensayos a corte de los culmos de bambú de alturas iguales (De) en el laboratorio de estructuras de la universidad peruana los andes en la maquina maquina a compresión modelo MES- 150.



Determinación del contenido de humedad del bambú en el laboratorio de suelos en la universidad peruana los andes utilizando un horno eléctrico.



Ubicación del lugar de investigación en la municipalidad de satipo



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

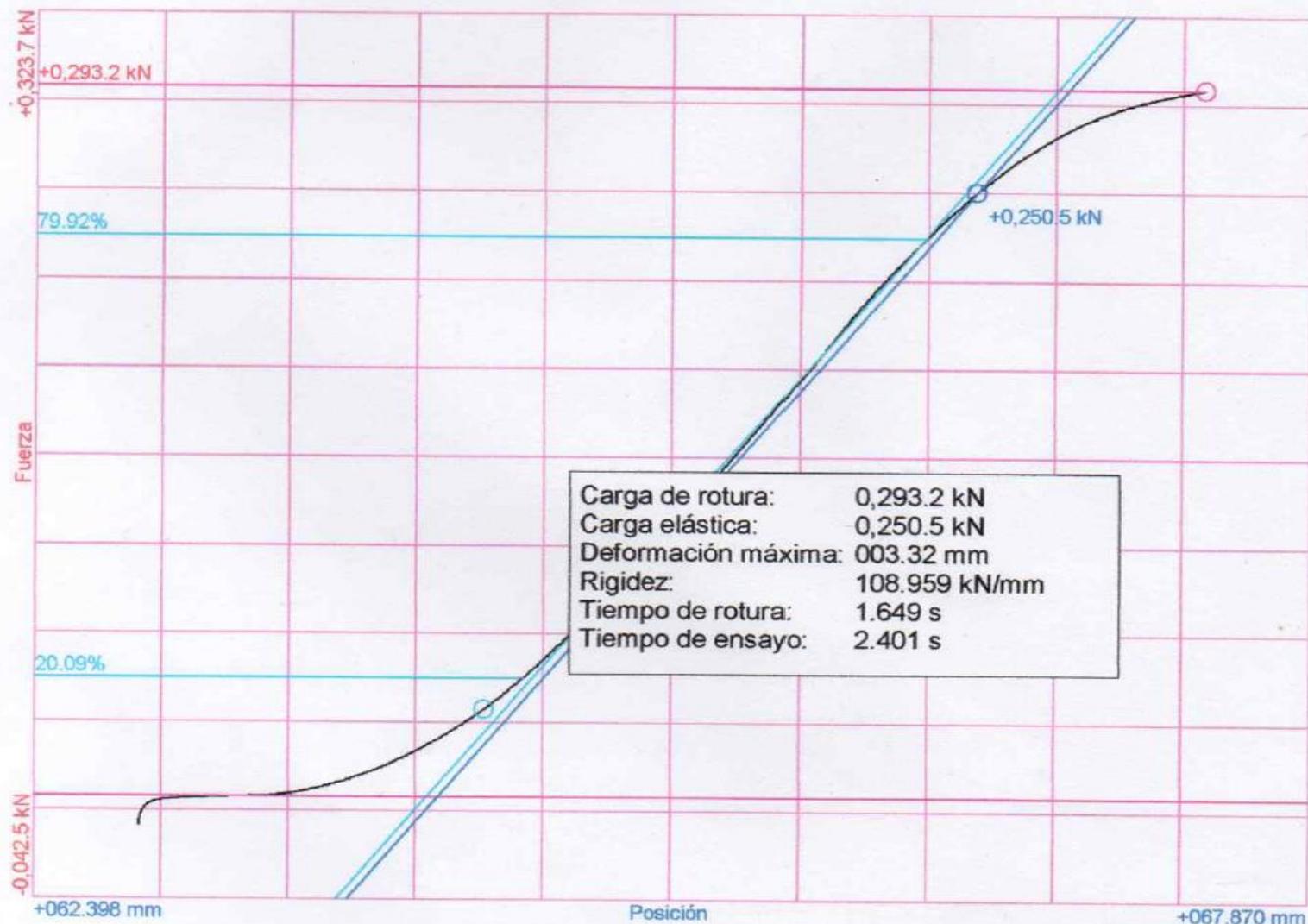
Referencias:

Fecha: 20/06/2018
Probeta: CD-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 005.00 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 012.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (CD-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

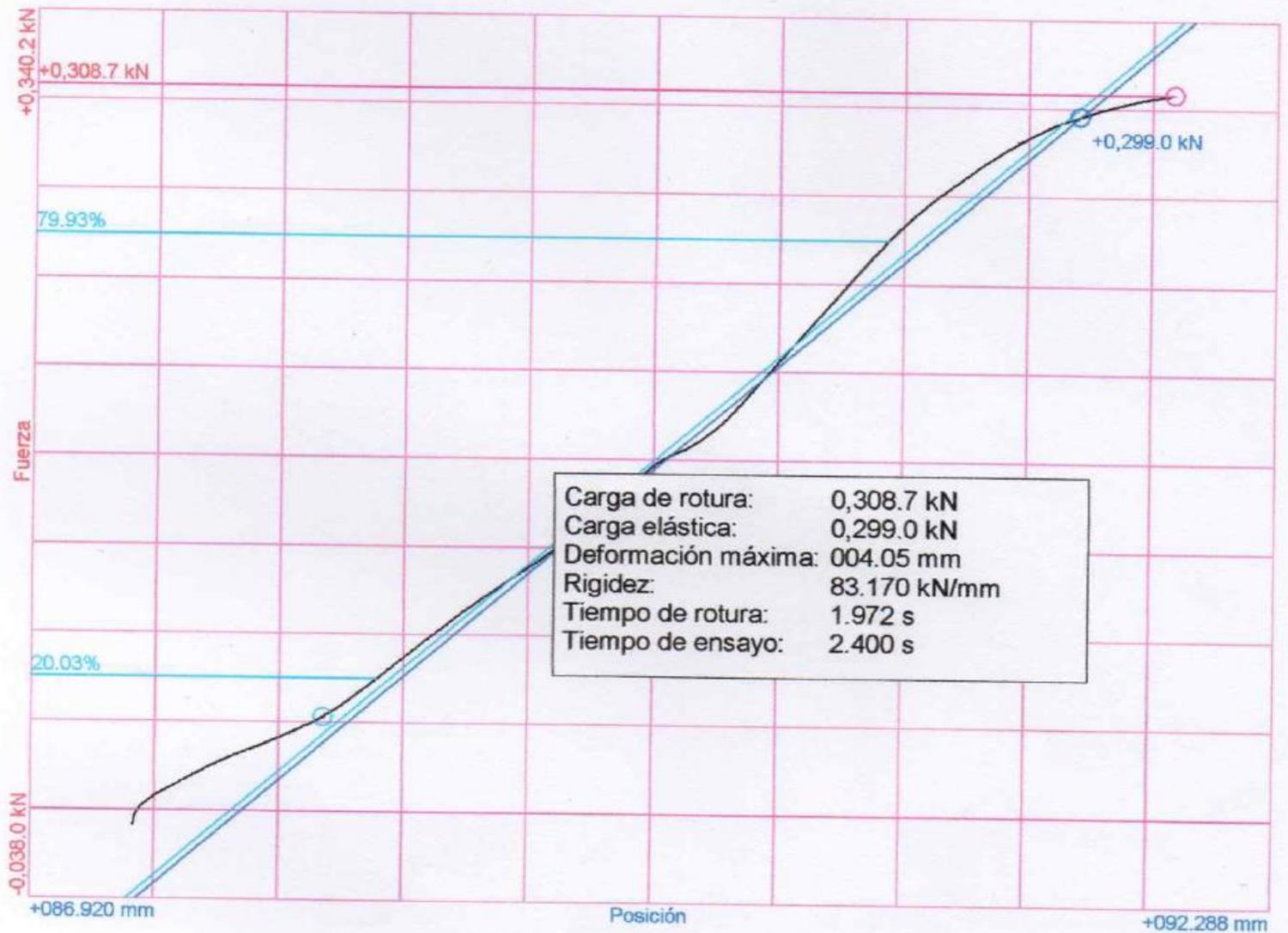
Referencias:

Fecha: 20/06/2018
Probeta: CD-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 005.00 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 012.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (CD-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

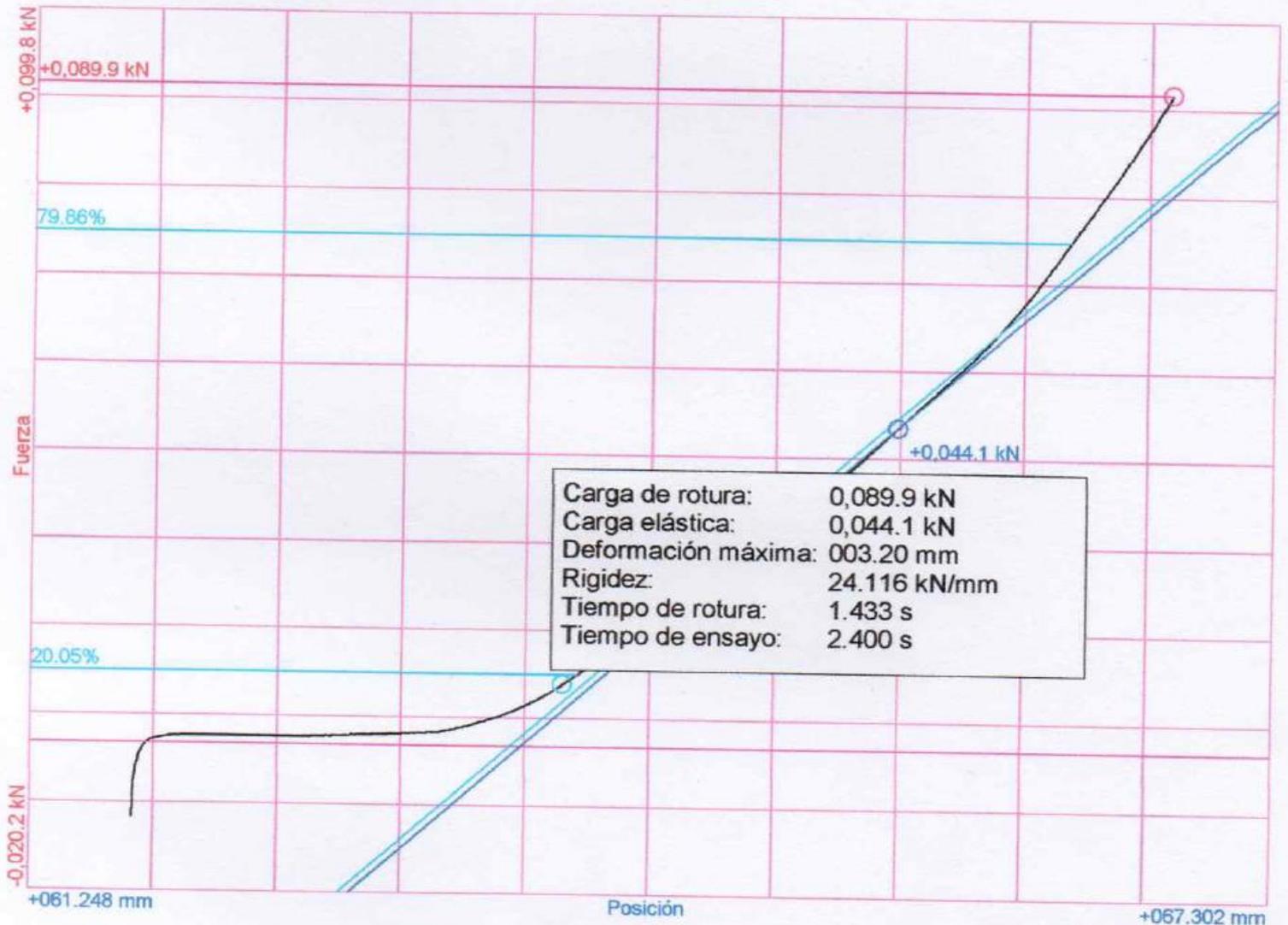
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: CD-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 005.00 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 012.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (CD-03)



Responsable del Laboratorio de Estructuras e Hidráulica



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

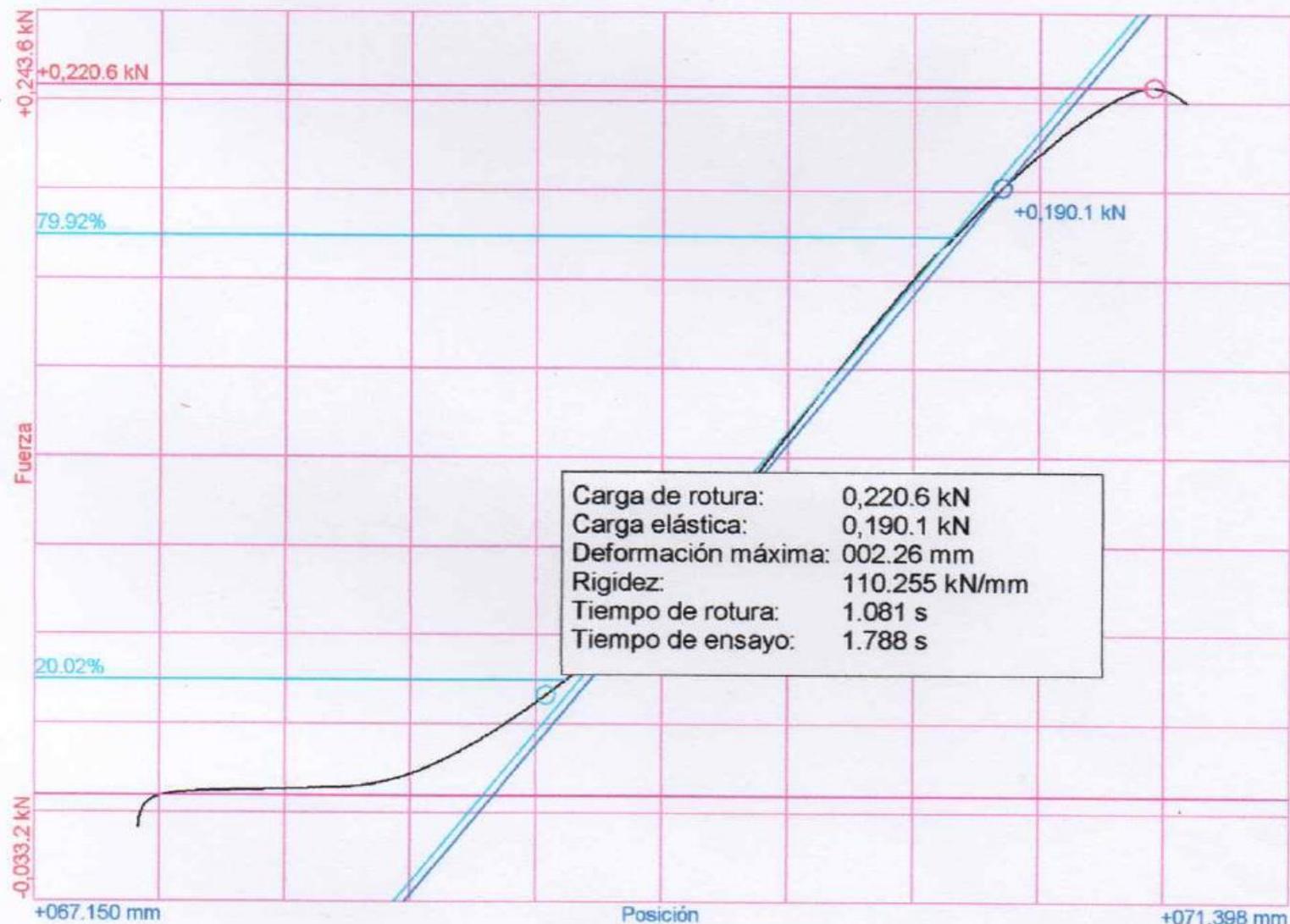
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: CD-04

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 005.00 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 012.00 mm

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (CD-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

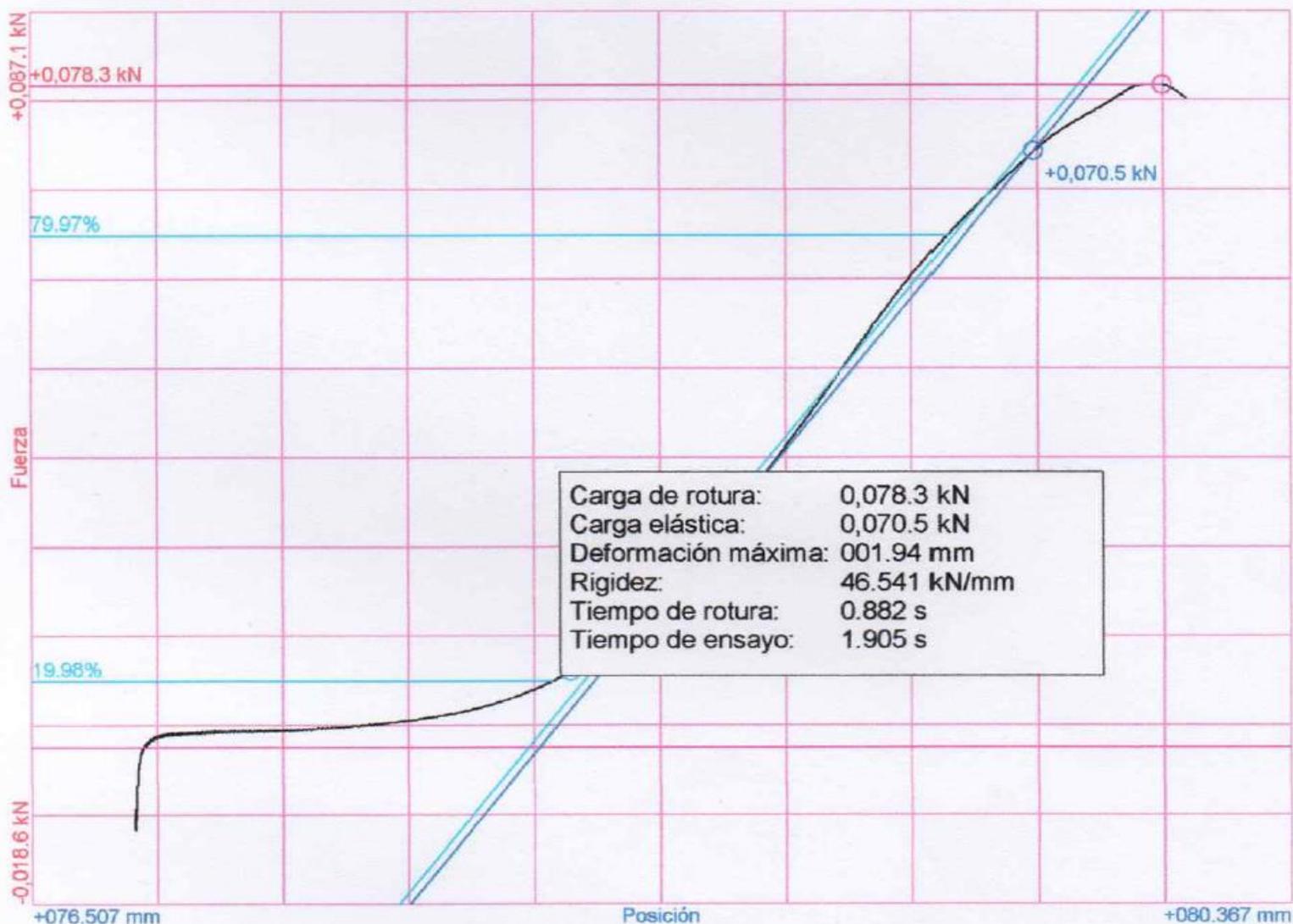
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: GC-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA (GC-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

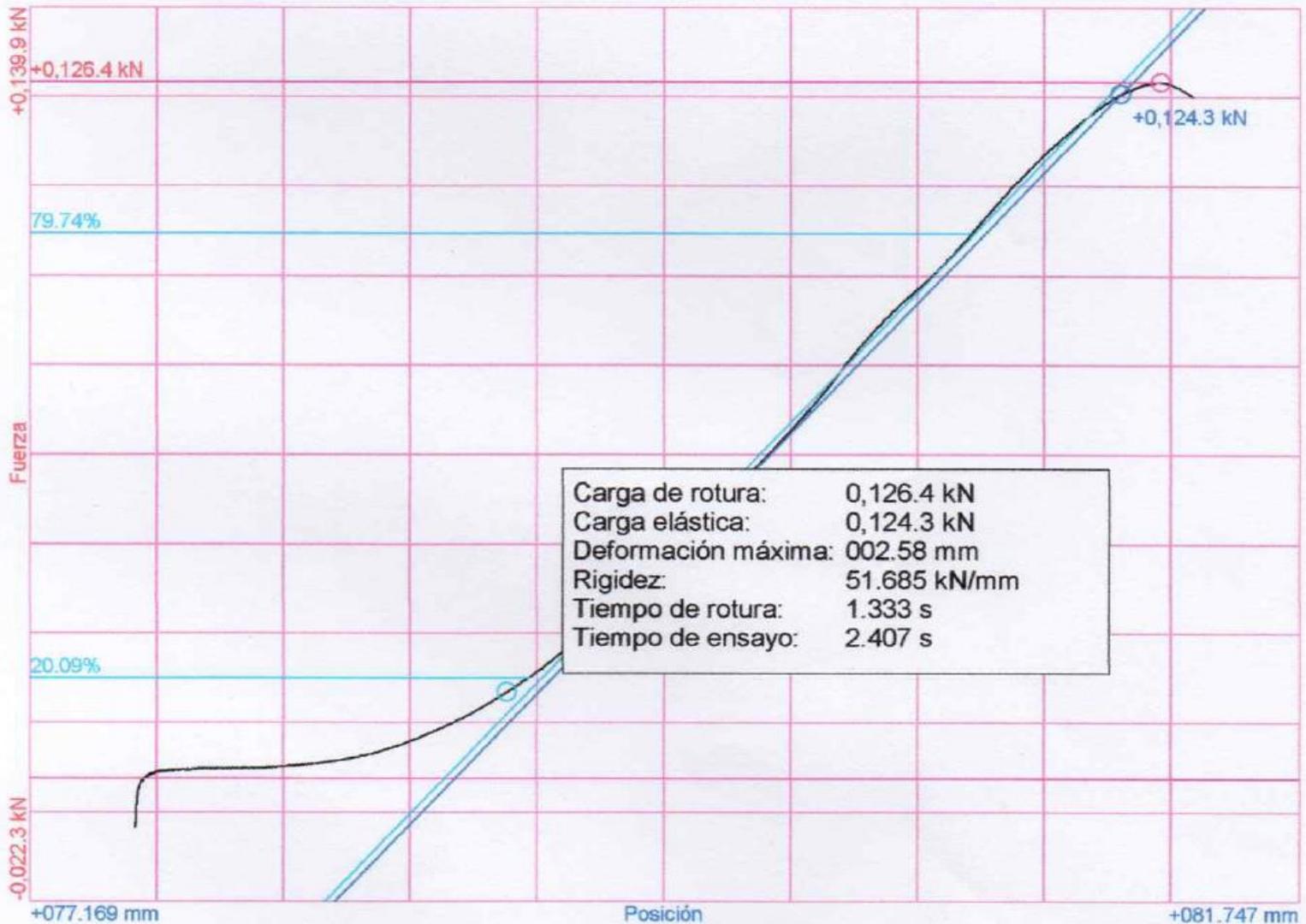
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: GC-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA (GC-02)



Responsable del Laboratorio de Estructuras e Hidráulica



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

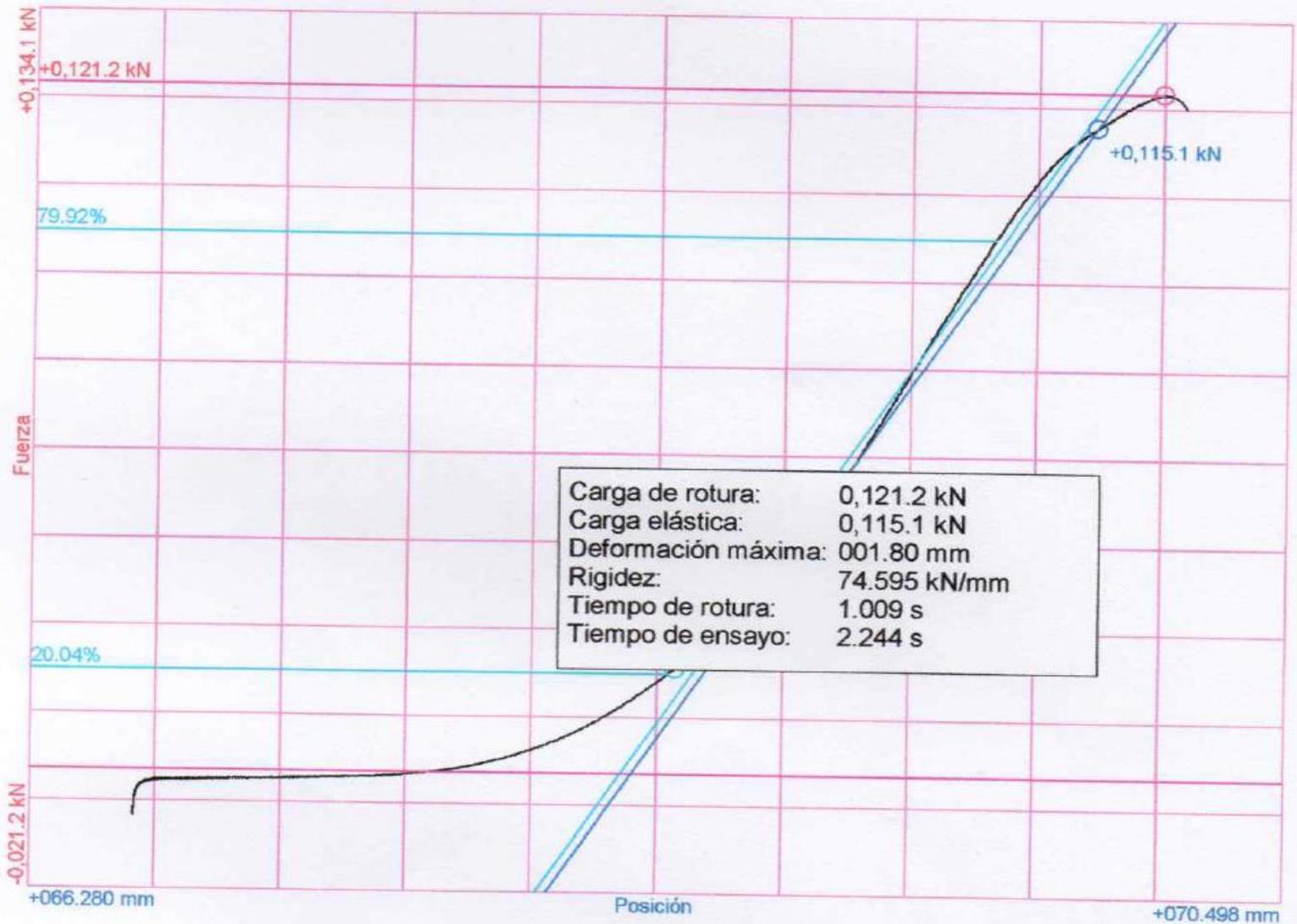
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: GC-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA (GC-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

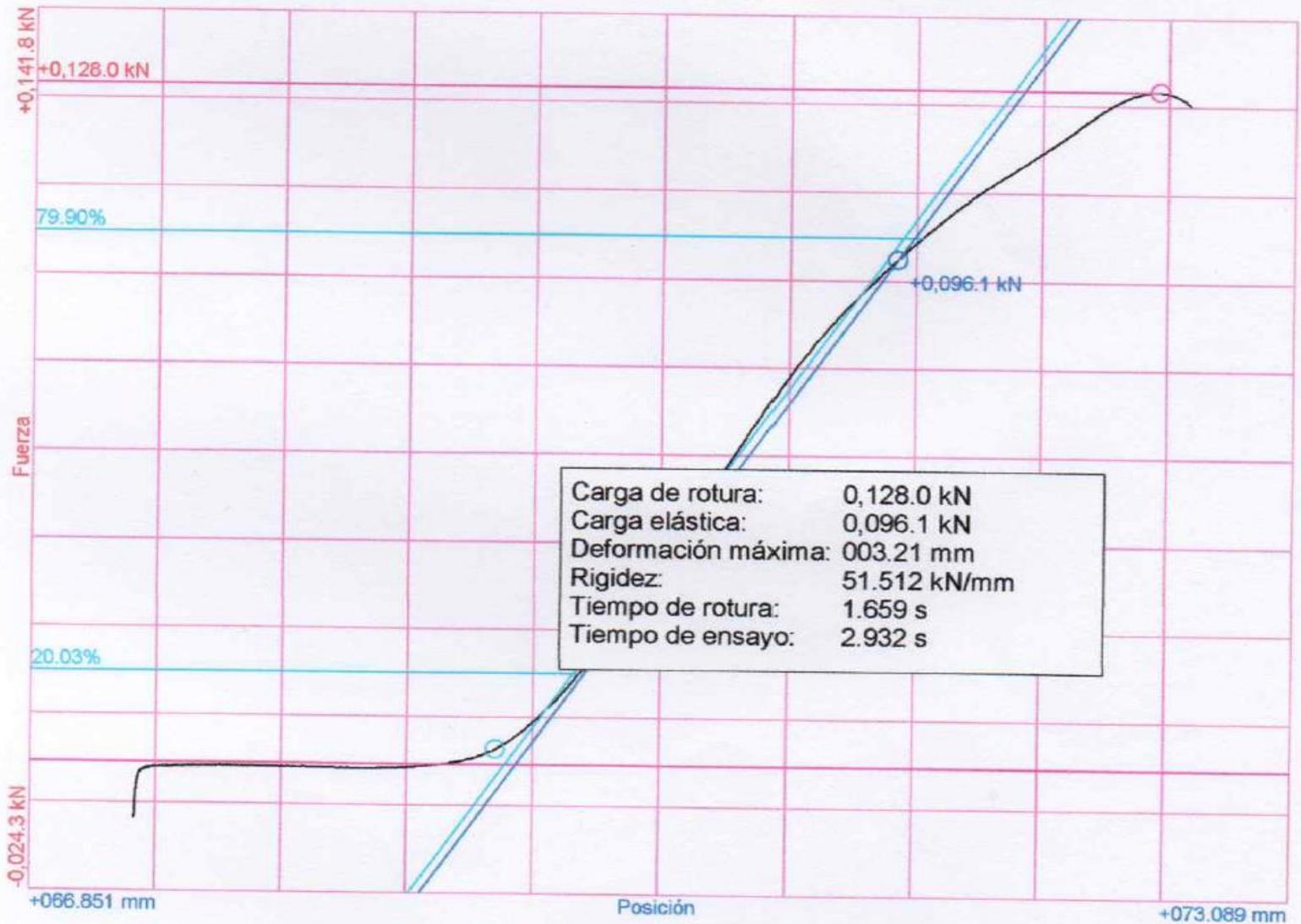
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: GC-04

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA (GC-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

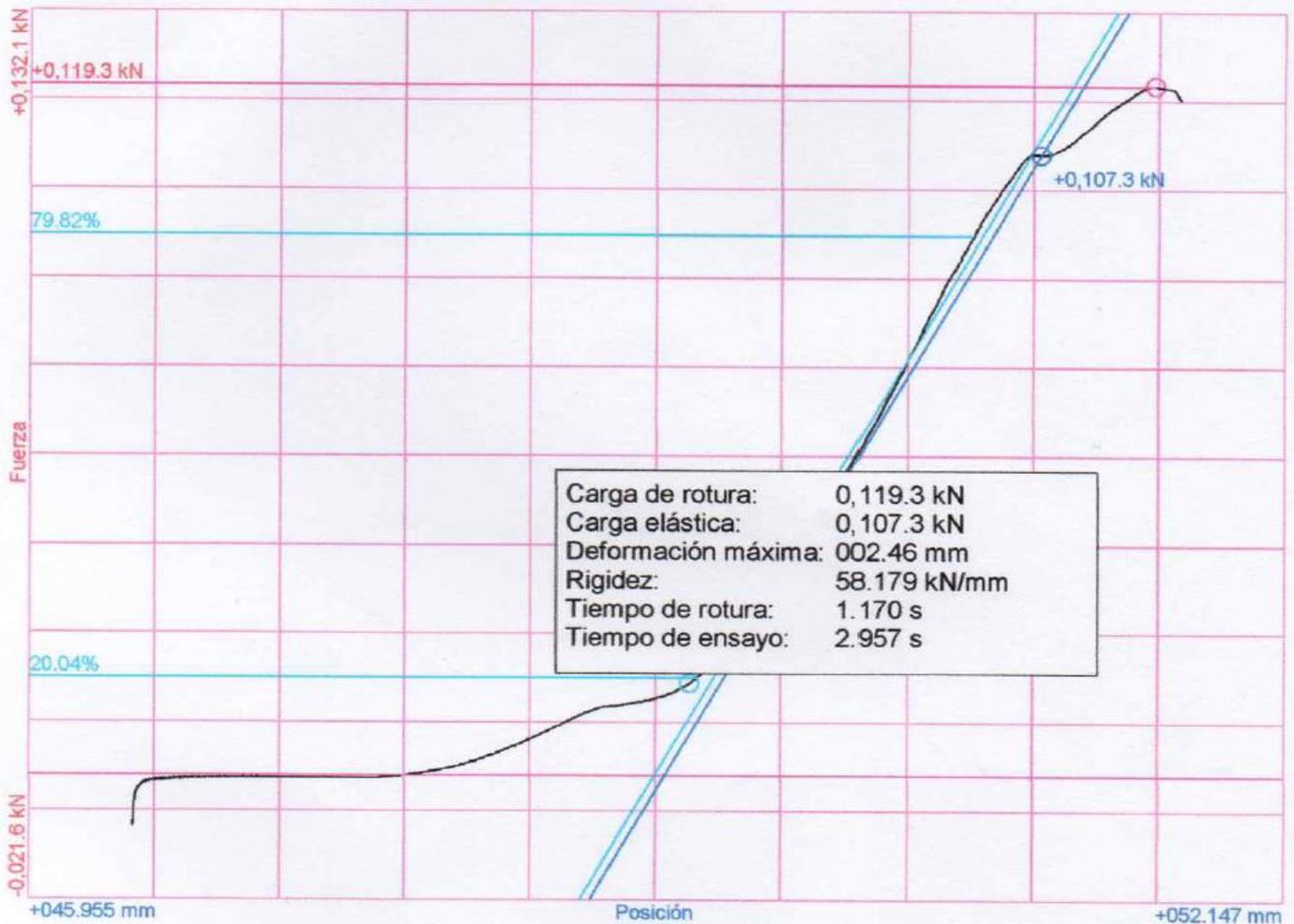
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: GC-05

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA (GC-05)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

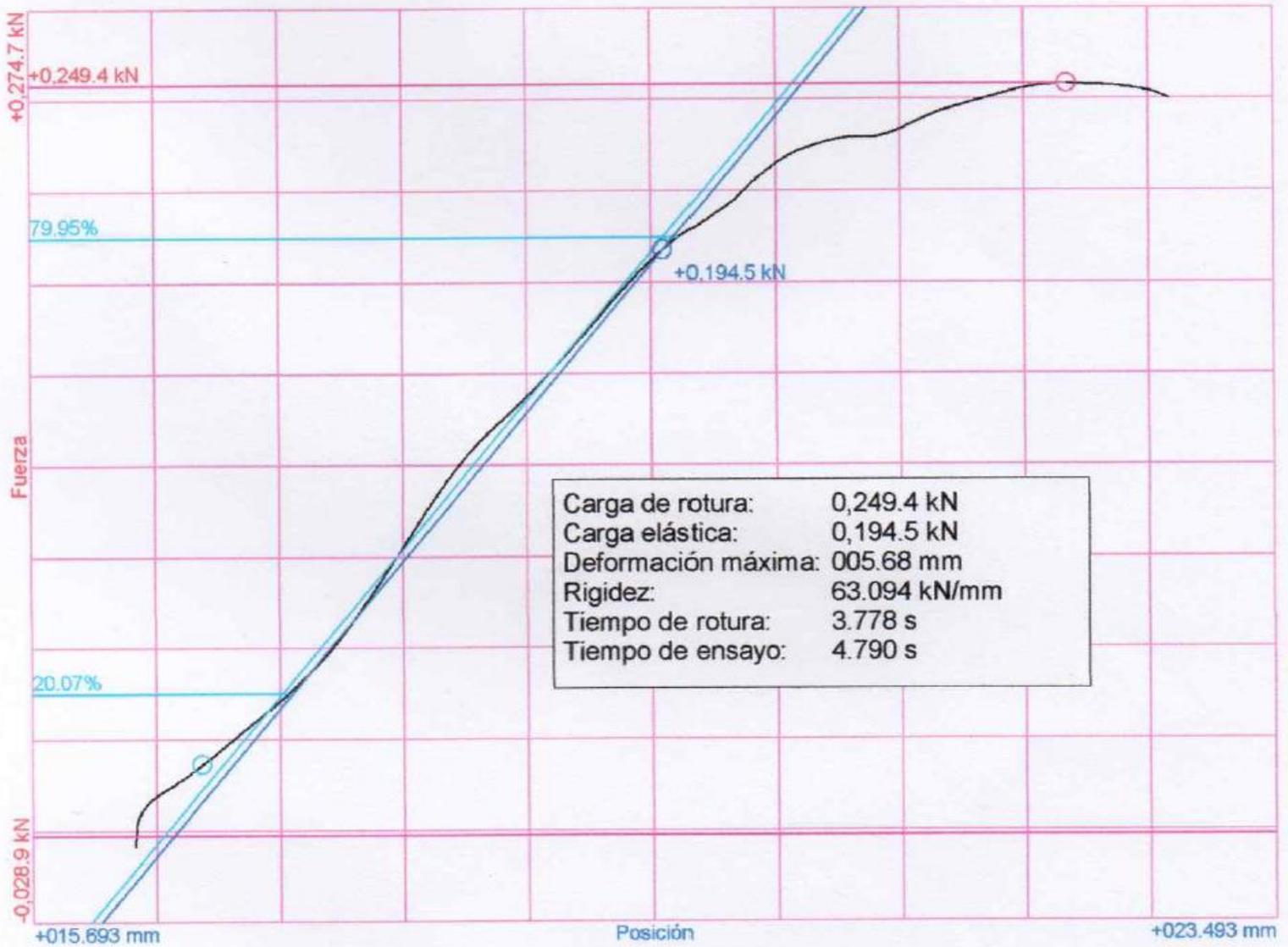
Referencias:

Fecha: 06/07/2018
Probeta: MG-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (MG-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

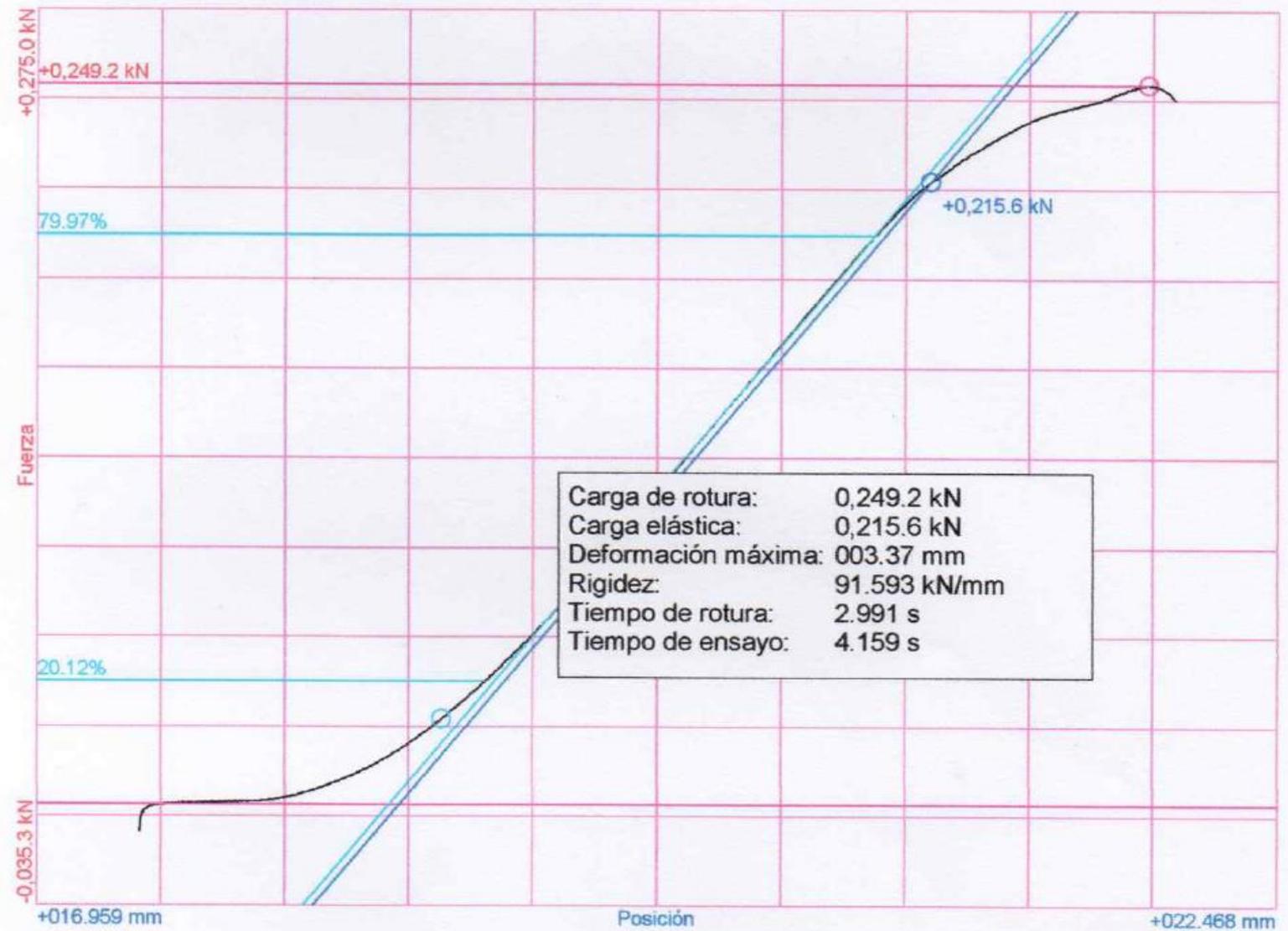
Referencias:

Fecha: 06/07/2018
Probeta: MG-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (MG-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

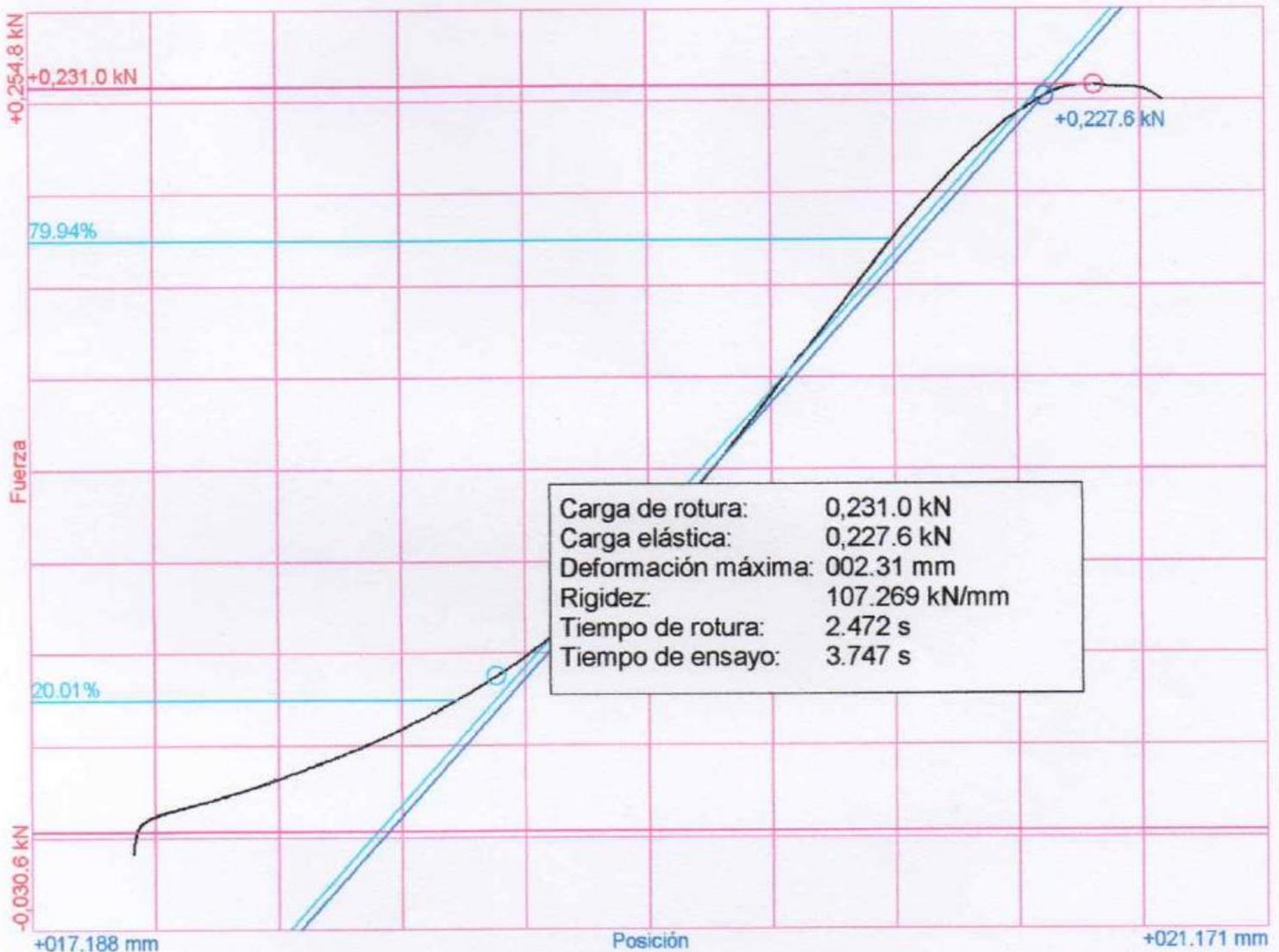
Referencias:

Fecha: 07/07/2018
Probeta: MG-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN DENDROCALAMUS (MG-03)



RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

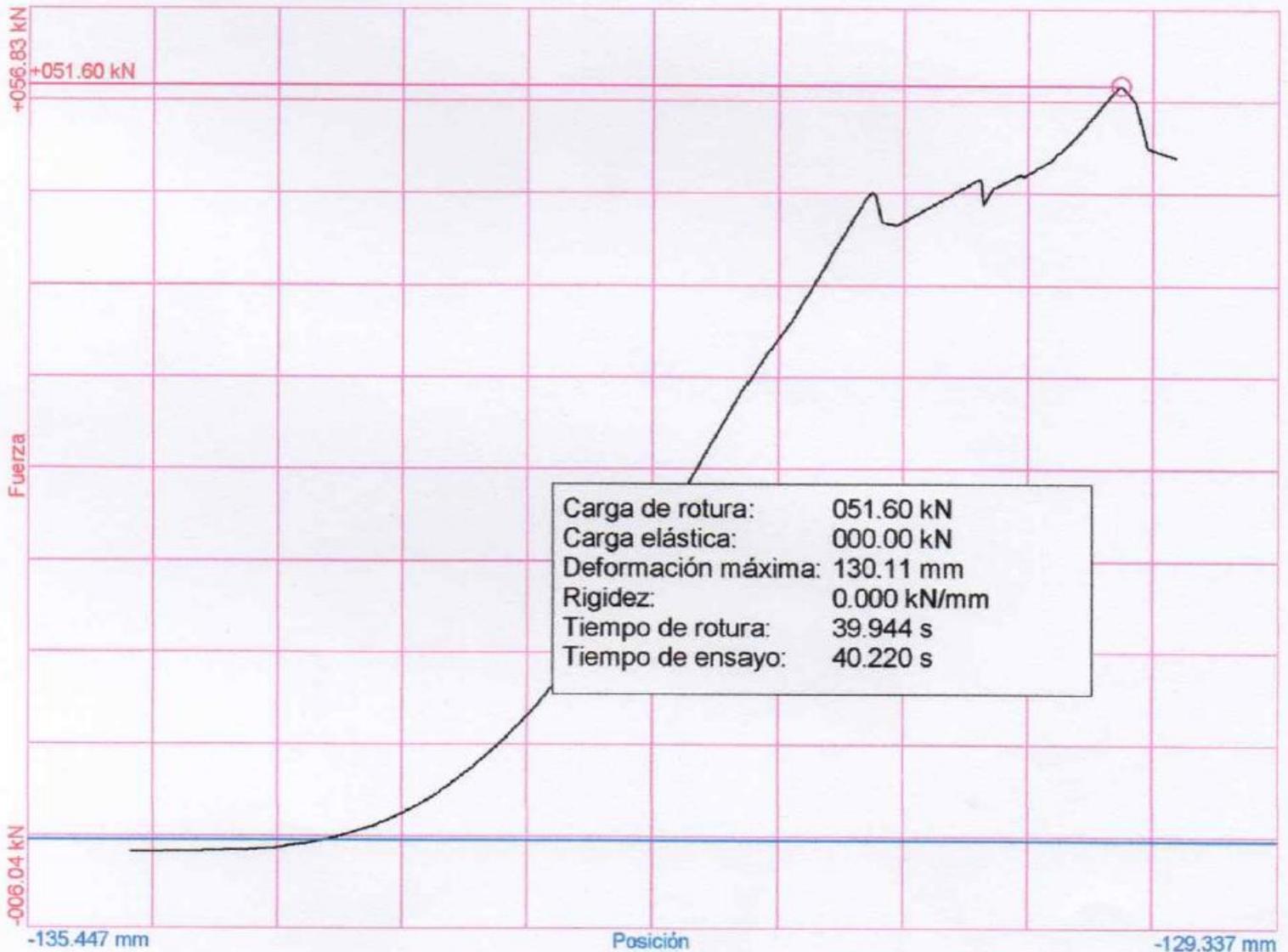
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
 Probeta: CGS-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
 Límite superior: 00.00 %
 Límite inferior: 00.00 %
 Parámetro control: Fuerza
 Velocidad: 001.32 kN/s
 Parámetro destino: Fuerza
 Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: COMPRESION GUADUA SECO (CGS-01)



[Signature]
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
 ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

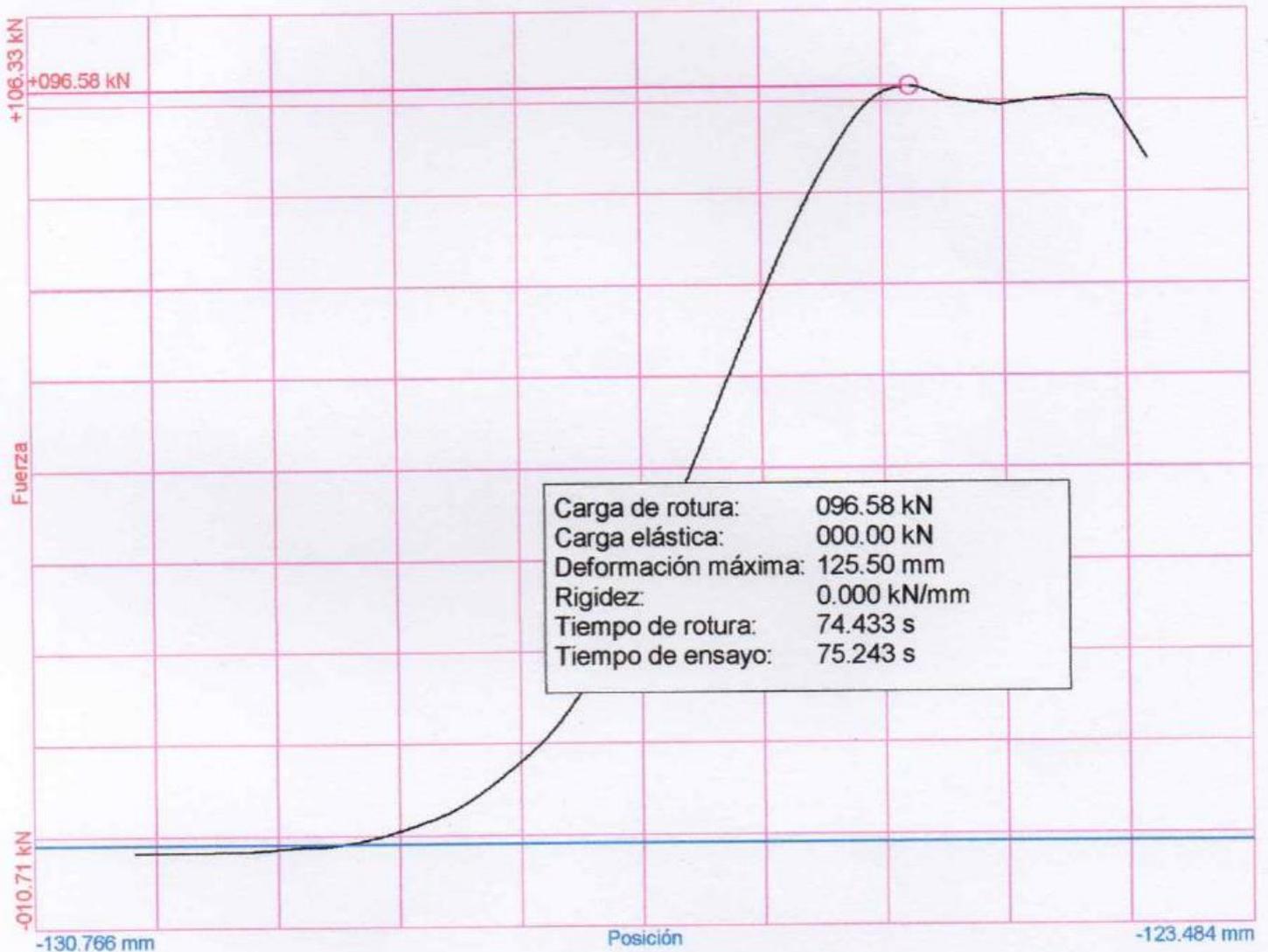
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: CGS-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: COMPRESIÓN GUADUA SECO (CGS-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

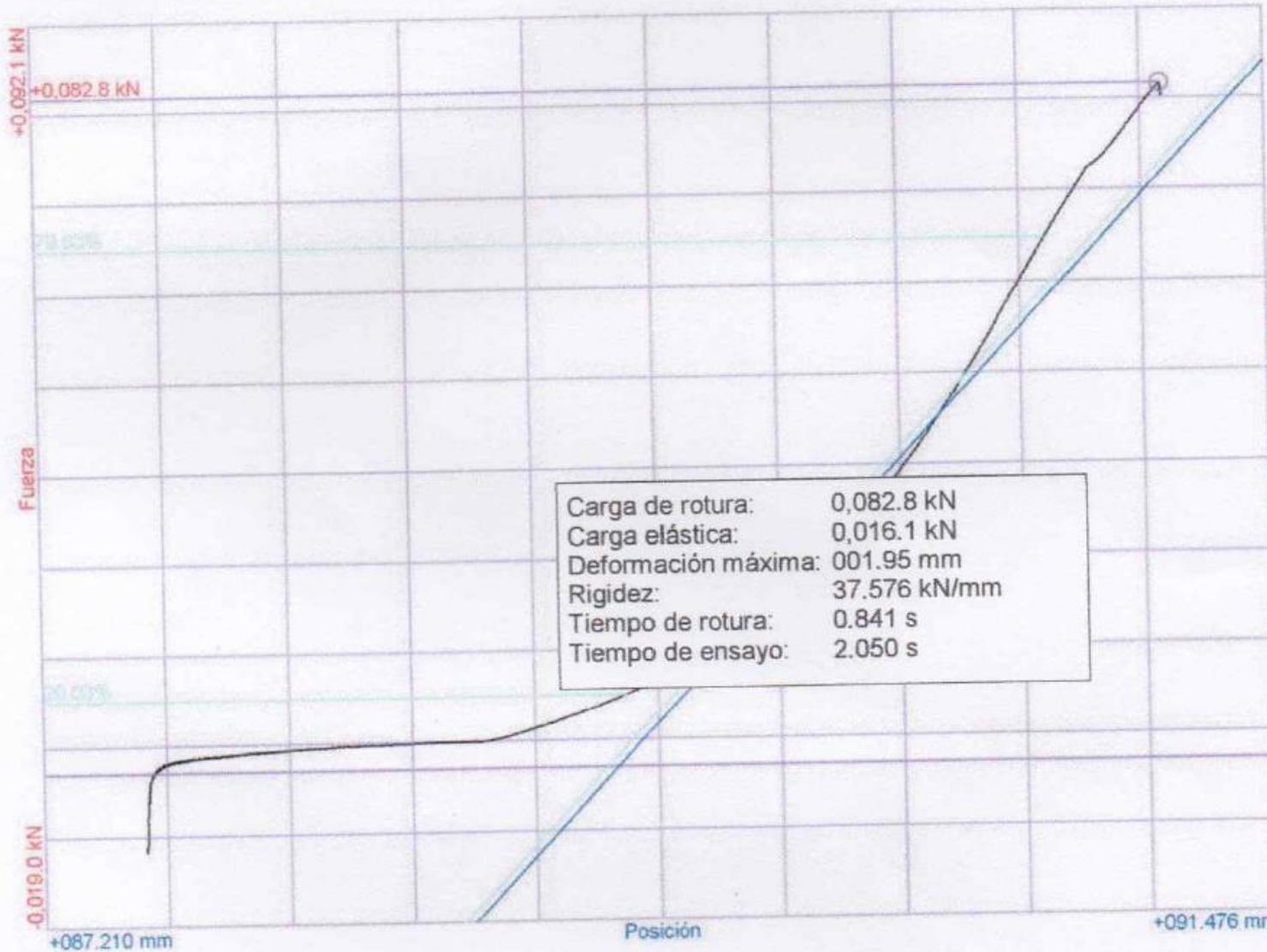
Referencias:

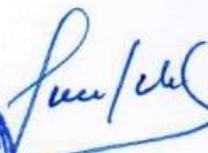
Fecha: 26/06/2018
Probeta: CMD-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE DENDROCALAMUS (CMD-01)




FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS
UPLA
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS E HIDRÁULICAS



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

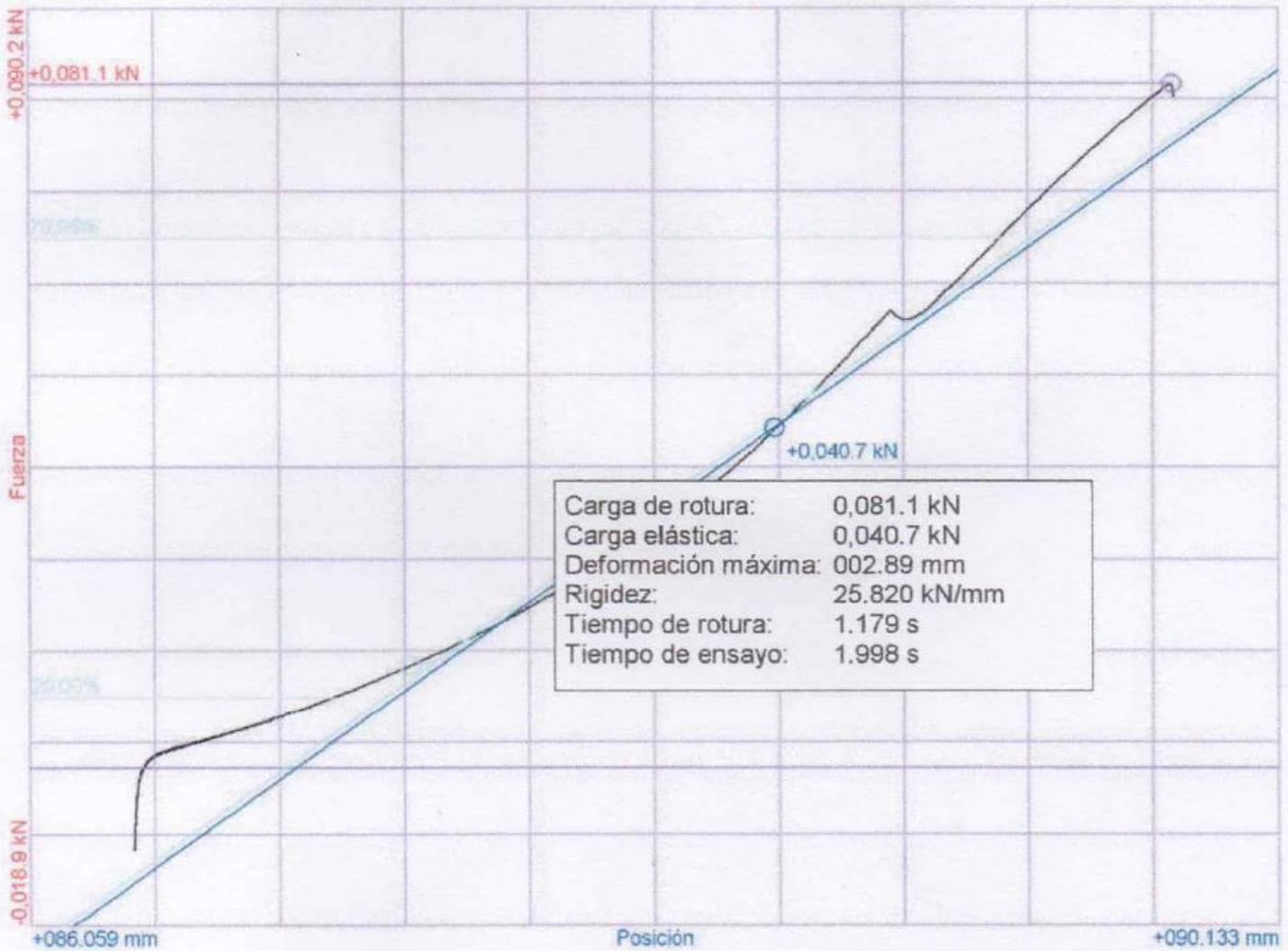
Referencias:

Fecha: 26/06/2018
Probeta: CMD-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE DENDROCALAMUS (CMD-02)



[Handwritten Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

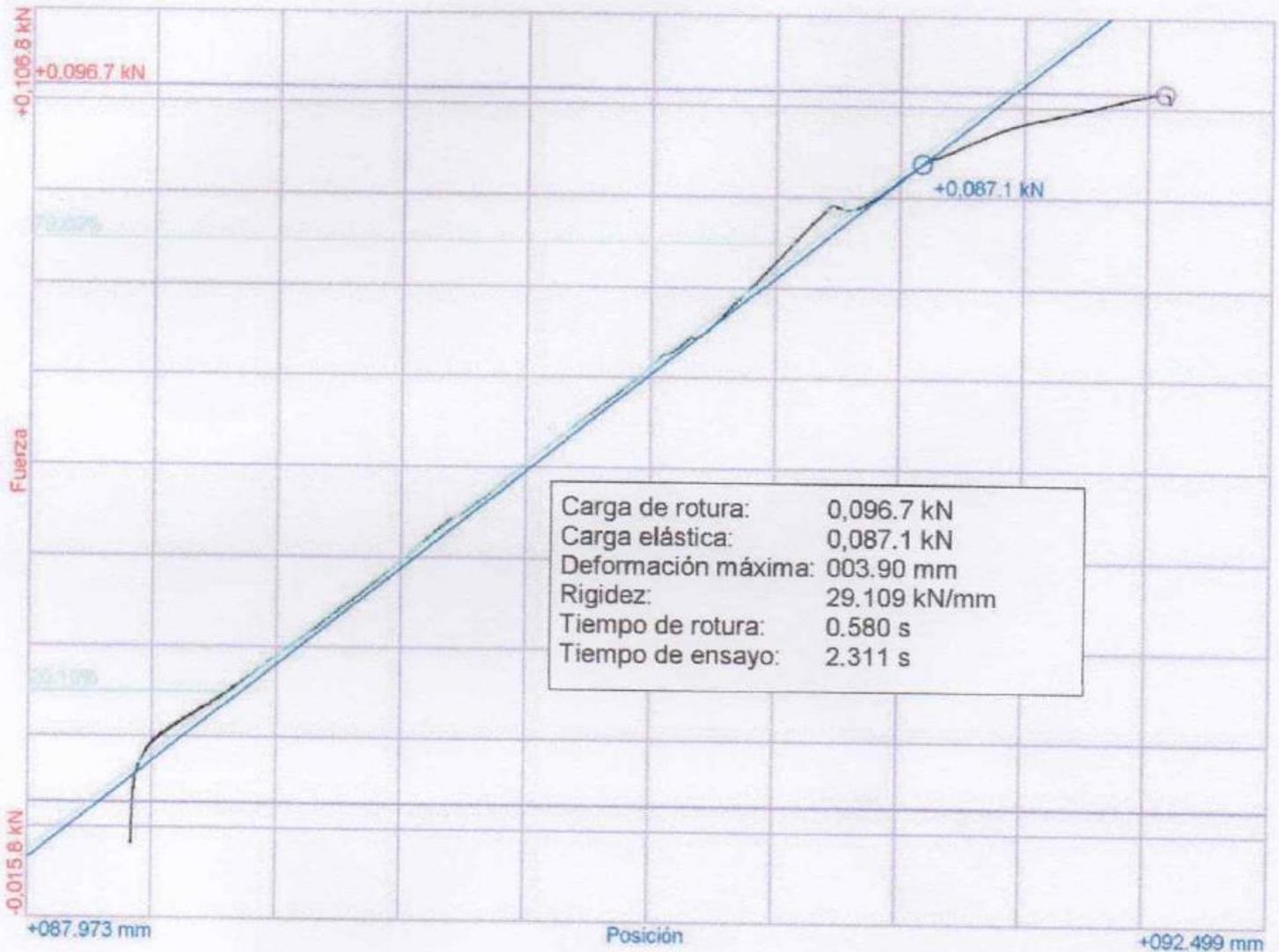
Referencias:

Fecha: 27/06/2018
Probeta: CMD-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE CON NUDO DENDROCALAMUS (CMD-03)



Lucas / chf

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS EN HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

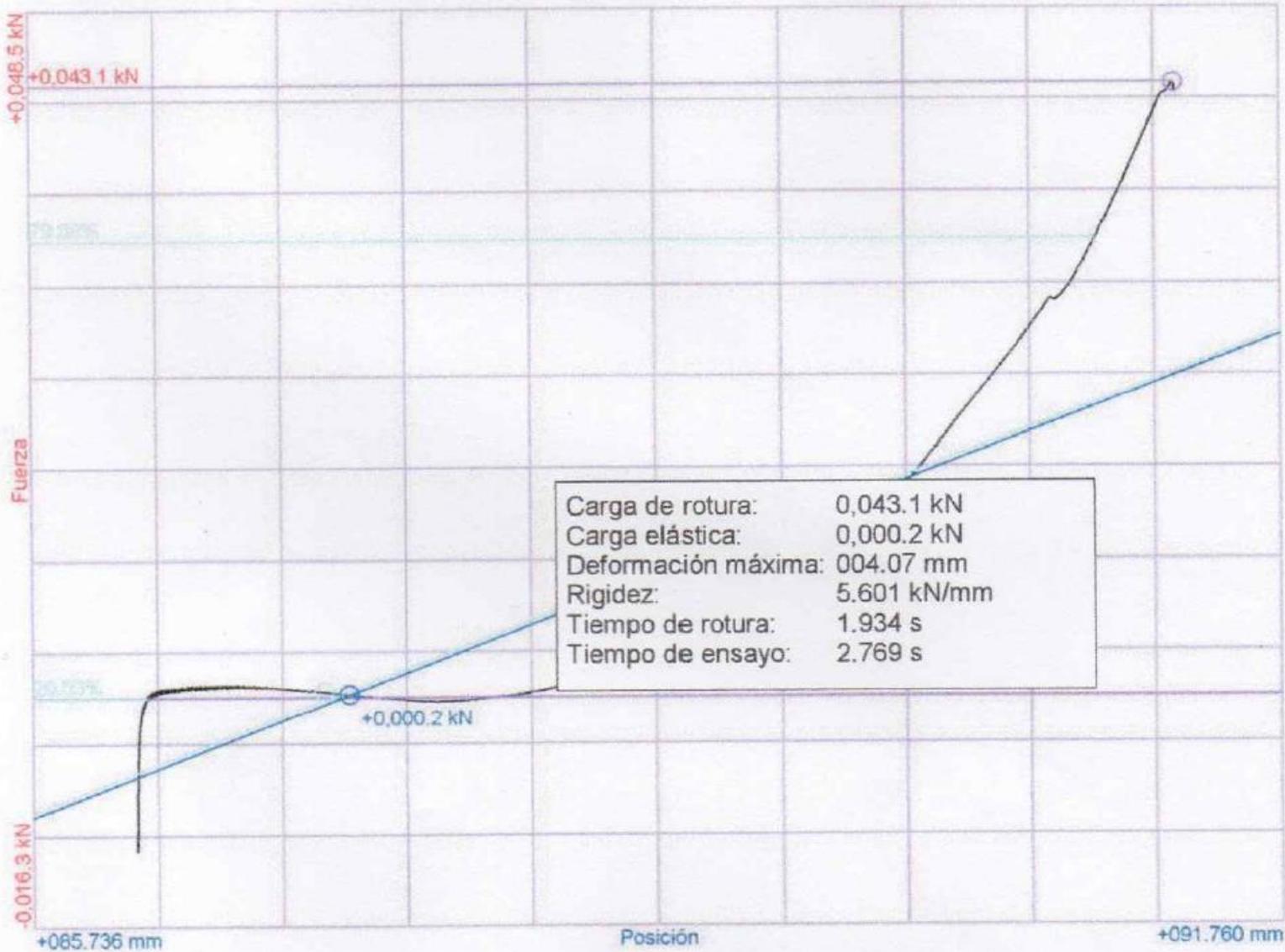
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: CMD-04

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE DENDROCALAMUS (CMD-04)



Juan Carlos

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS EMBIGALICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

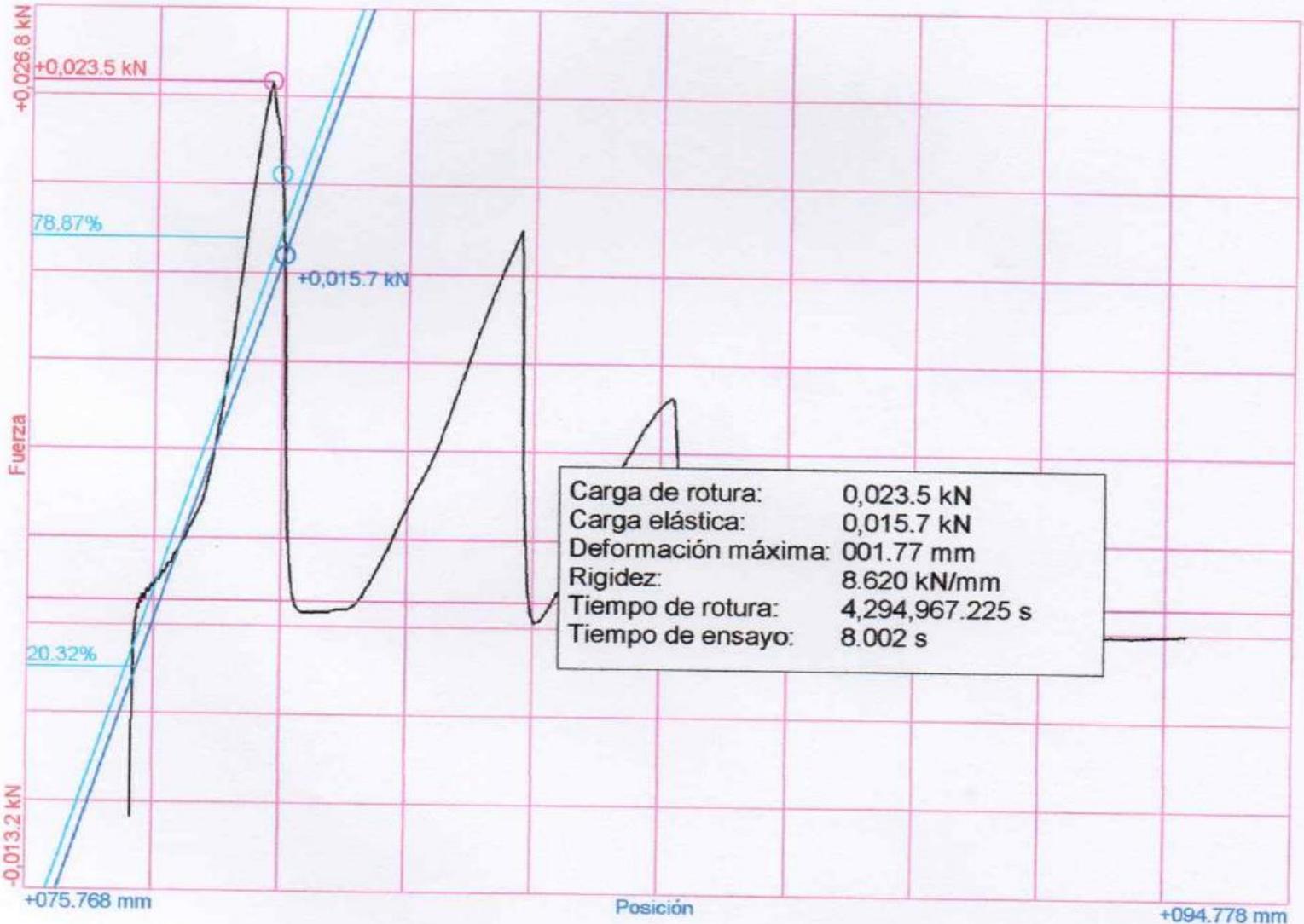
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: CCG-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA (CCG-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

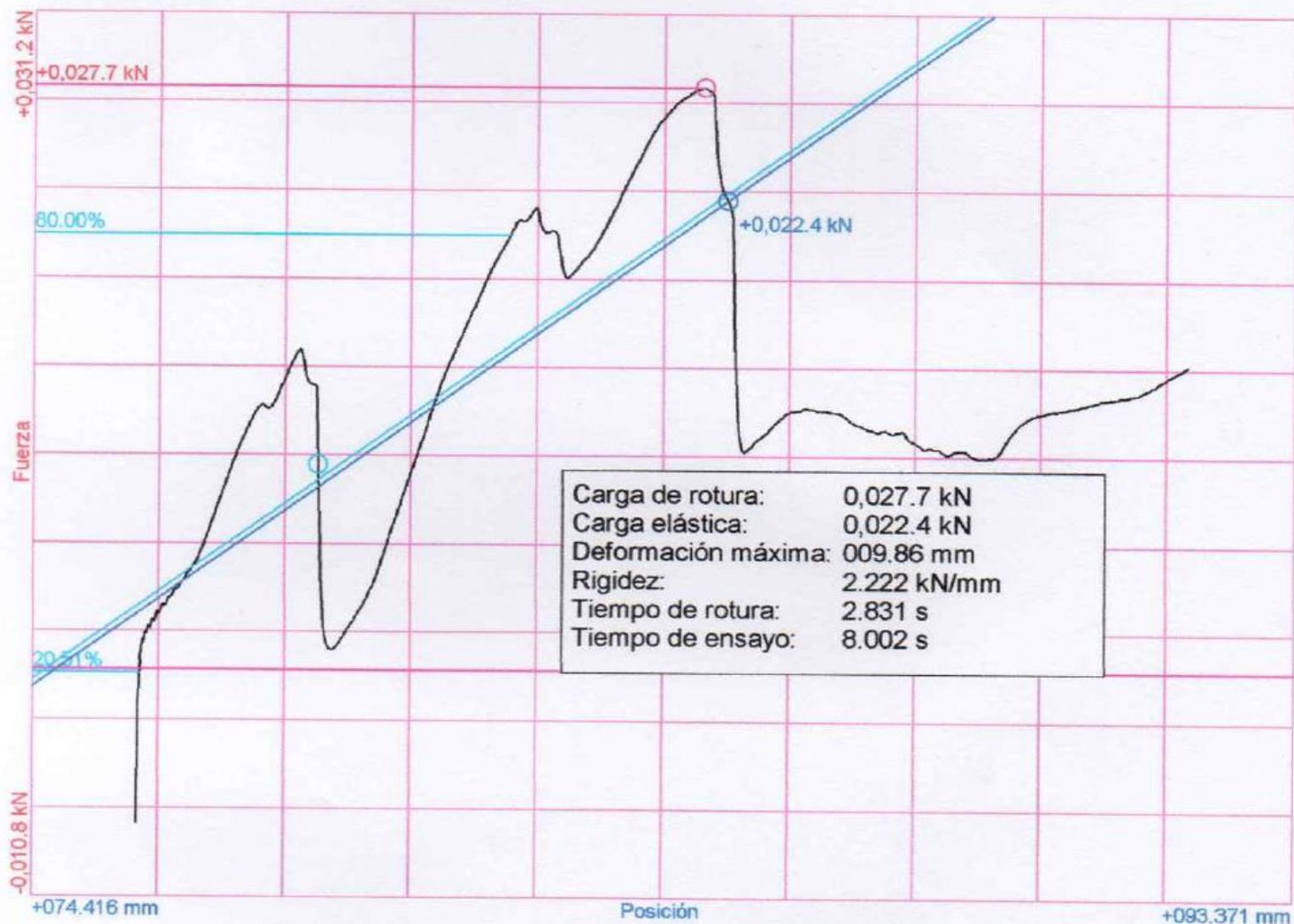
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: CCG-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA (CCG-02)



Responsable del Laboratorio de Estructuras e Hidráulica



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

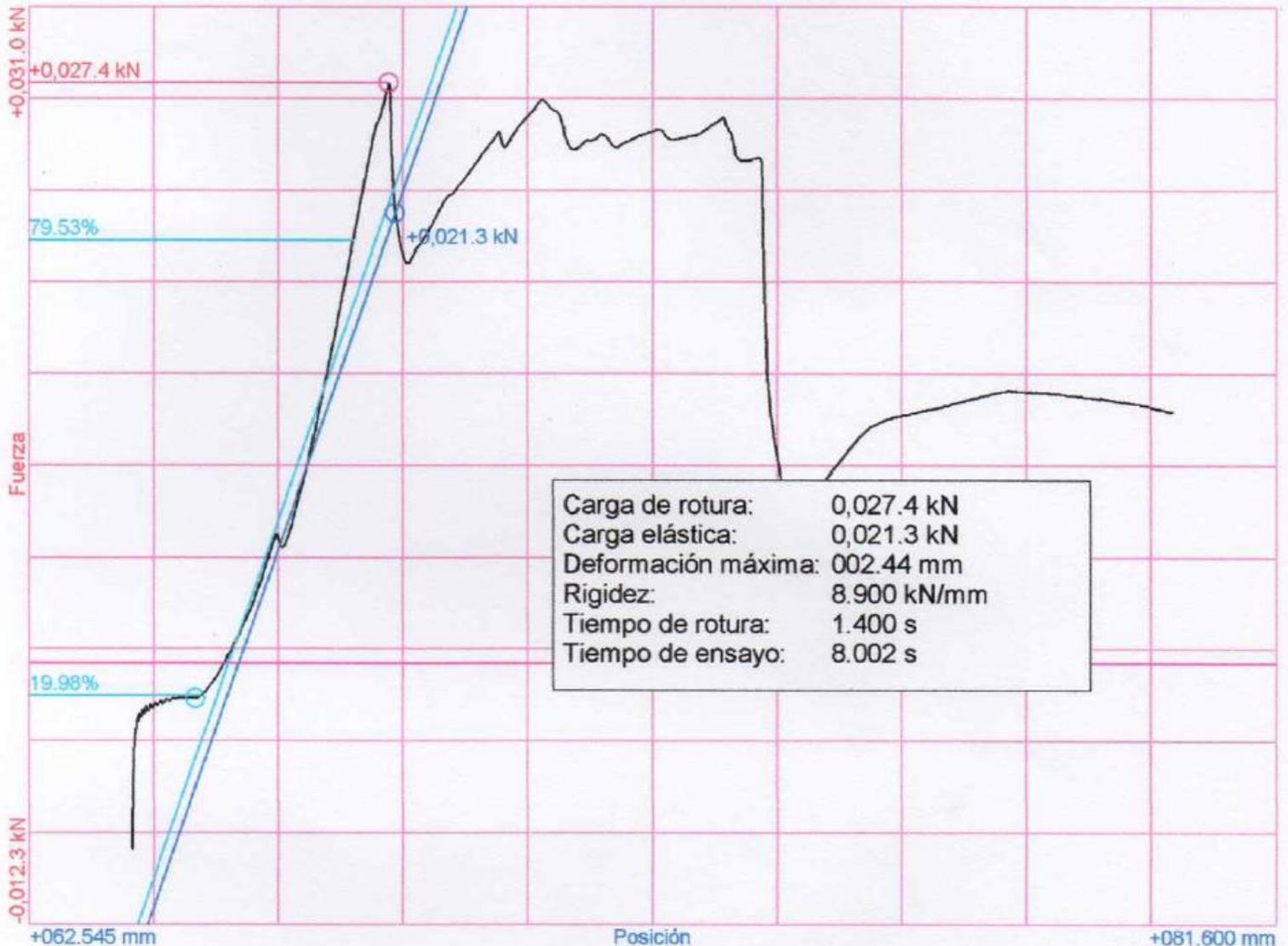
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: CCG-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA (CCG-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

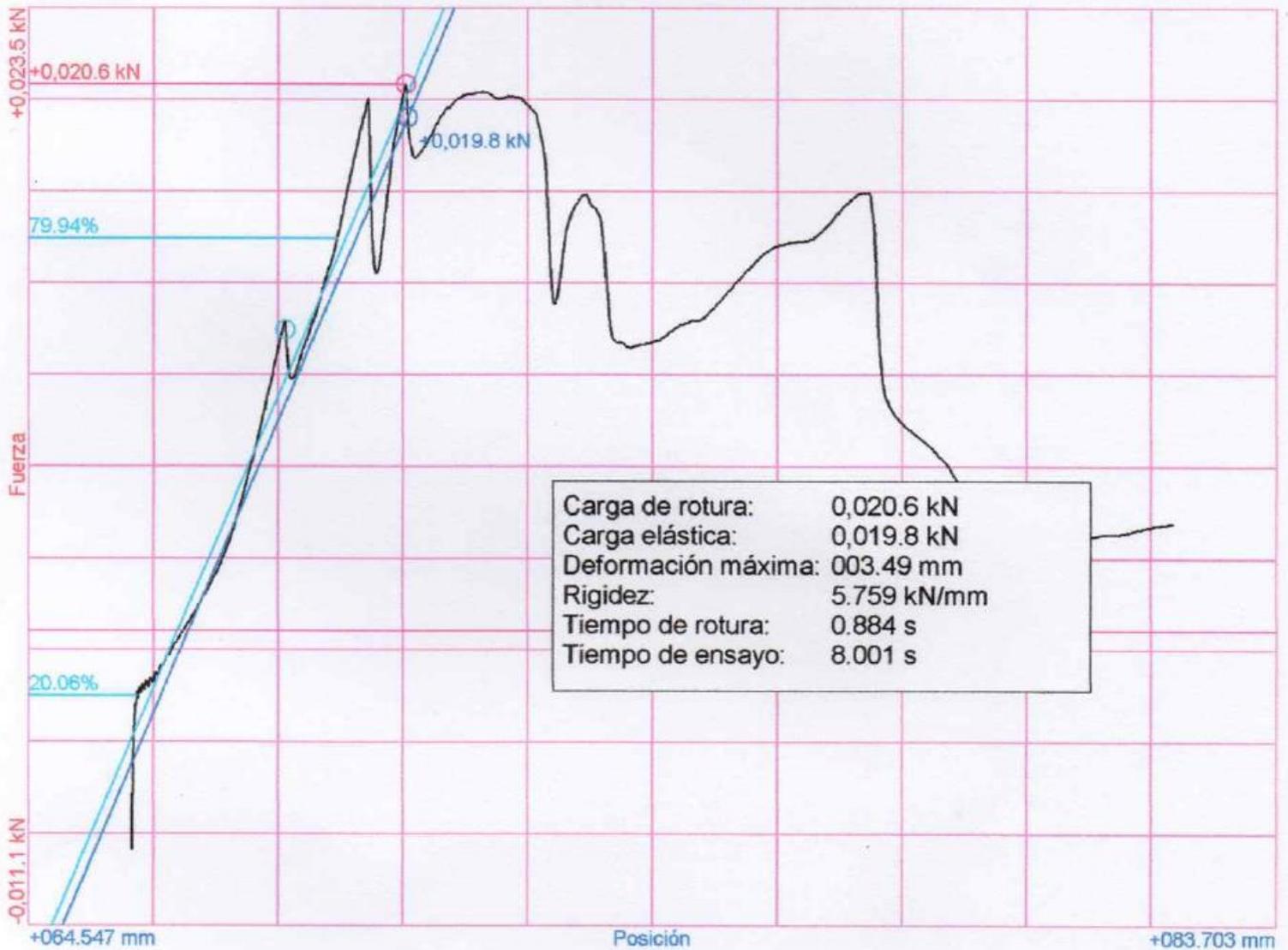
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: CCG-04

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA (CCG-04)



[Firma]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

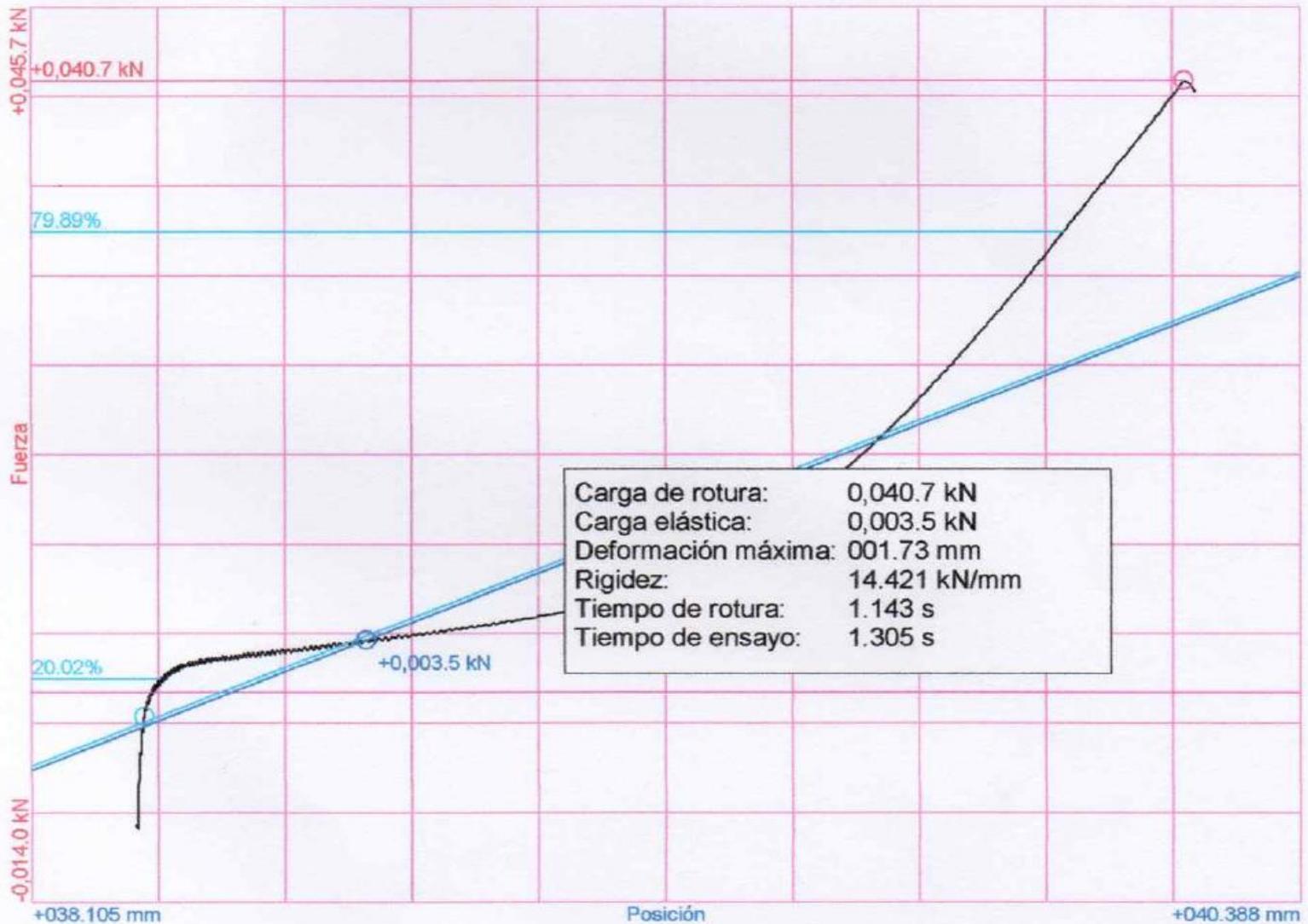
Referencias:

Fecha: 07/07/2018
Probeta: MCG-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE SIN NUDO DENDROCALAMUS(MCG-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

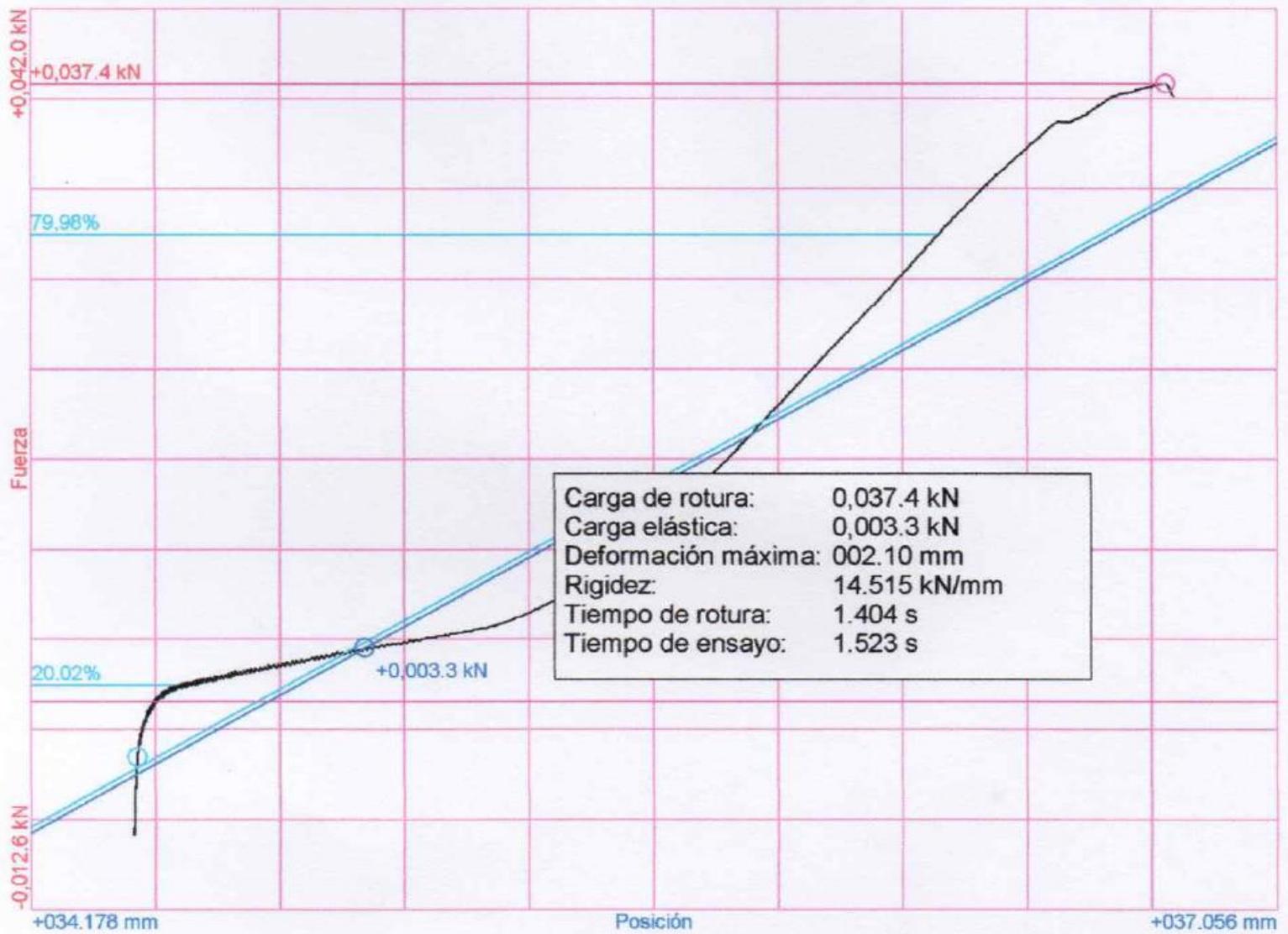
Referencias:

Fecha: 07/07/2018
Probeta: MCG-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE CON NUDO DENDROCALAMUS (MCG-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

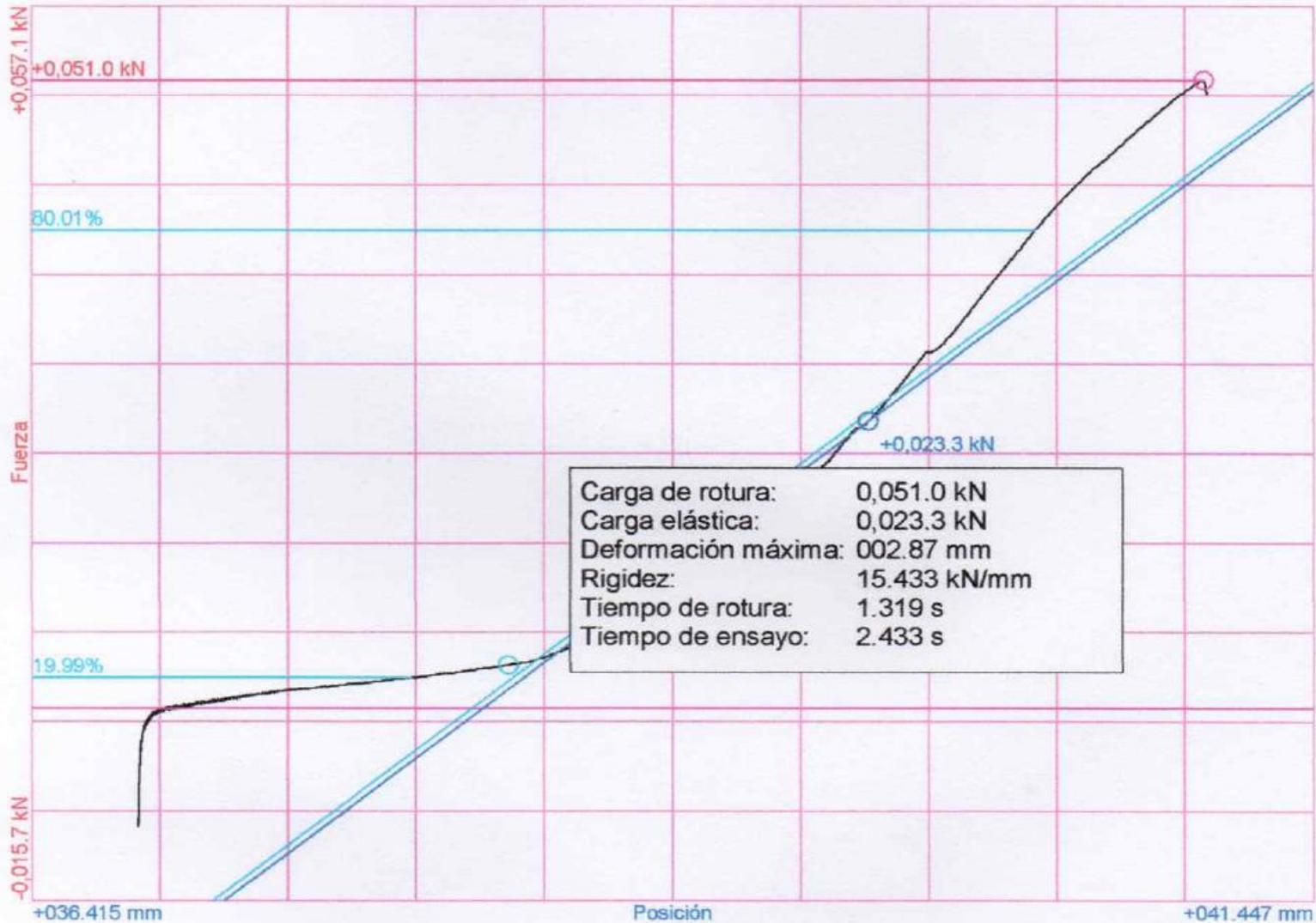
Referencias:

Fecha: 07/07/2018
Probeta: MCG-03

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE CON NUDO DENDROCALAMUS (MCG-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

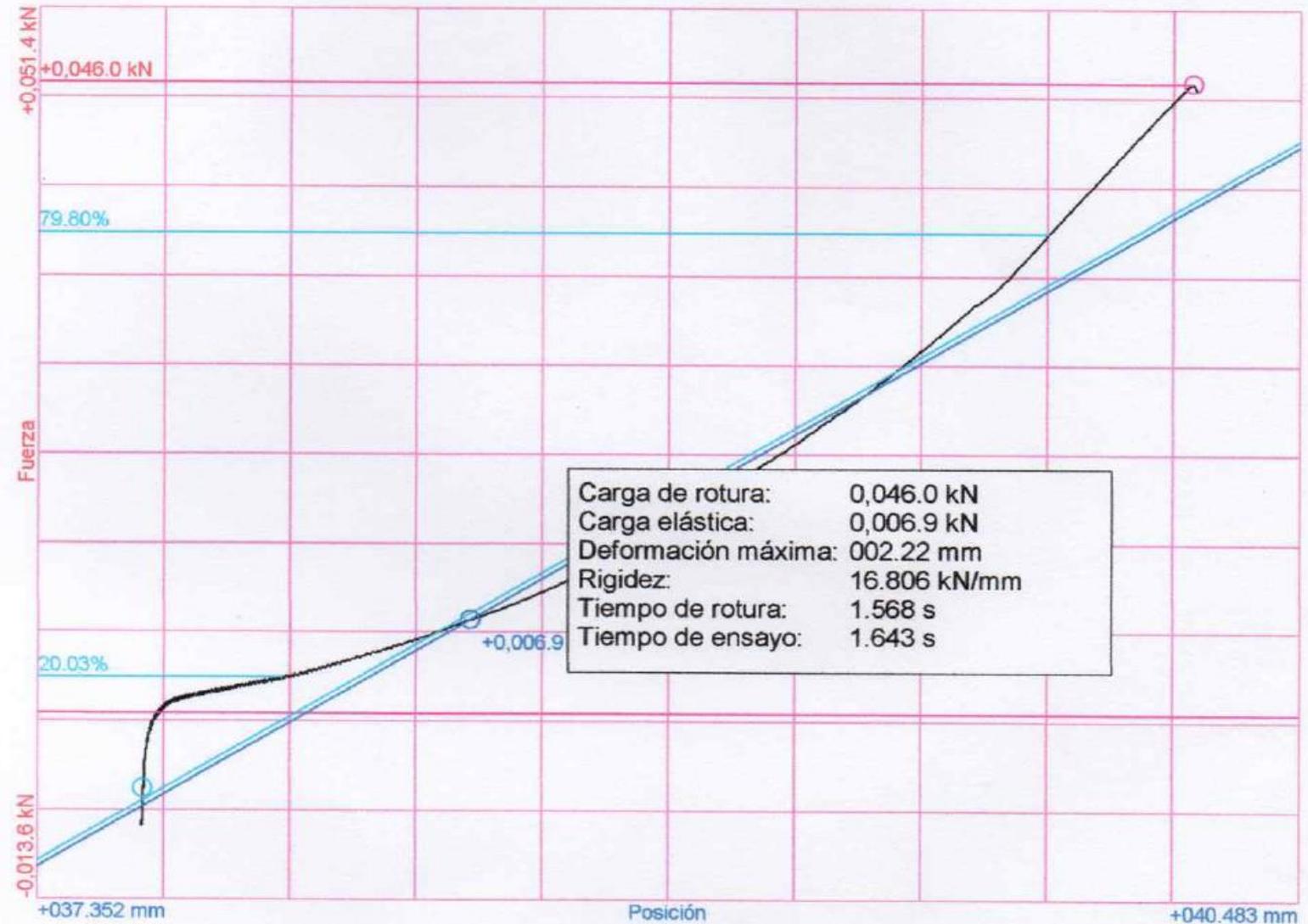
Referencias:

Fecha: 07/07/2018
Probeta: MCG-04

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 0,073.5 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 0,588.4 kN

Nombre de archivo: CORTE SIN NUDO DENDROCALAMUS (MCG-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

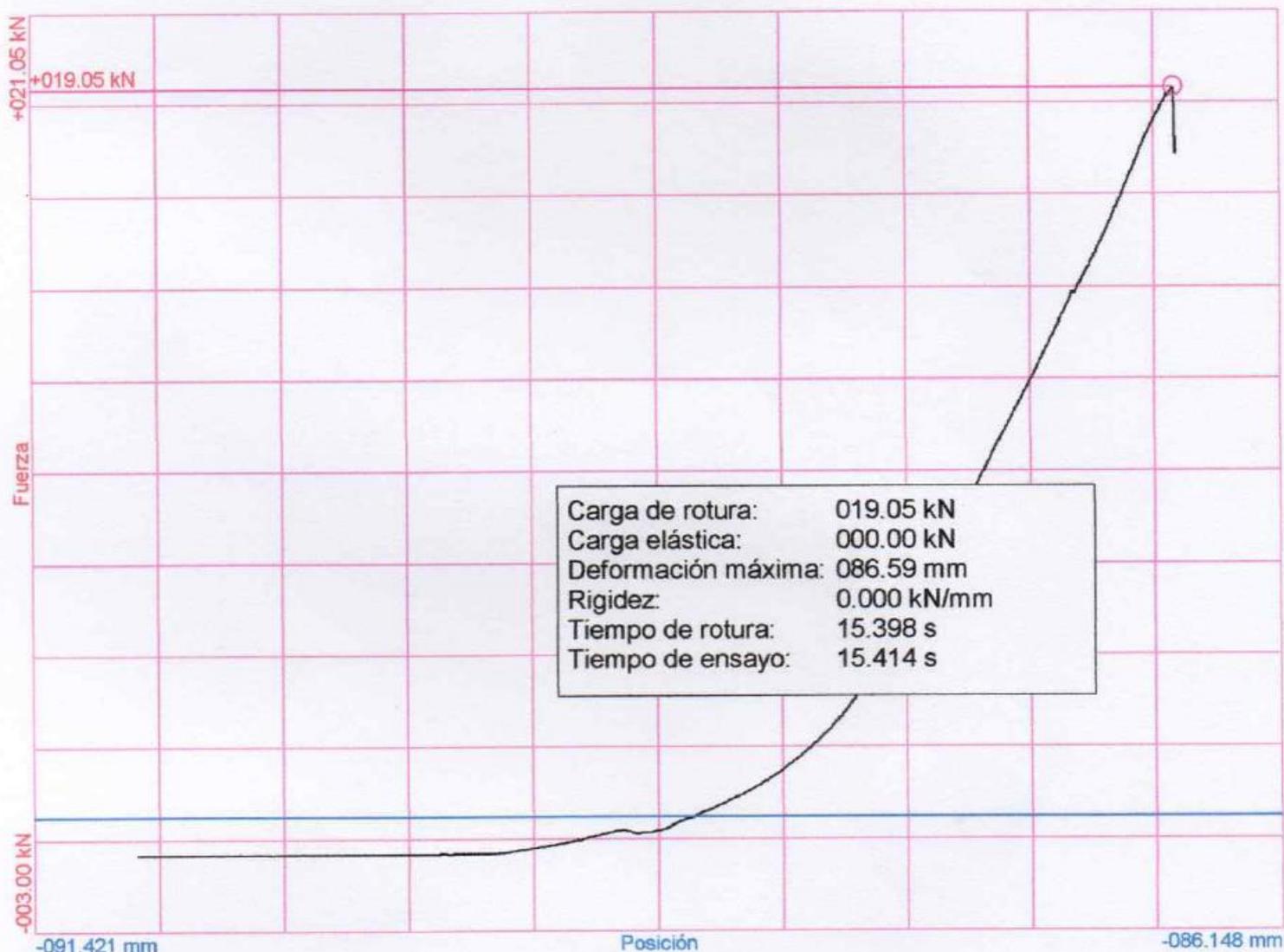
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GCS-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA SECO CON NUDO (GCS-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

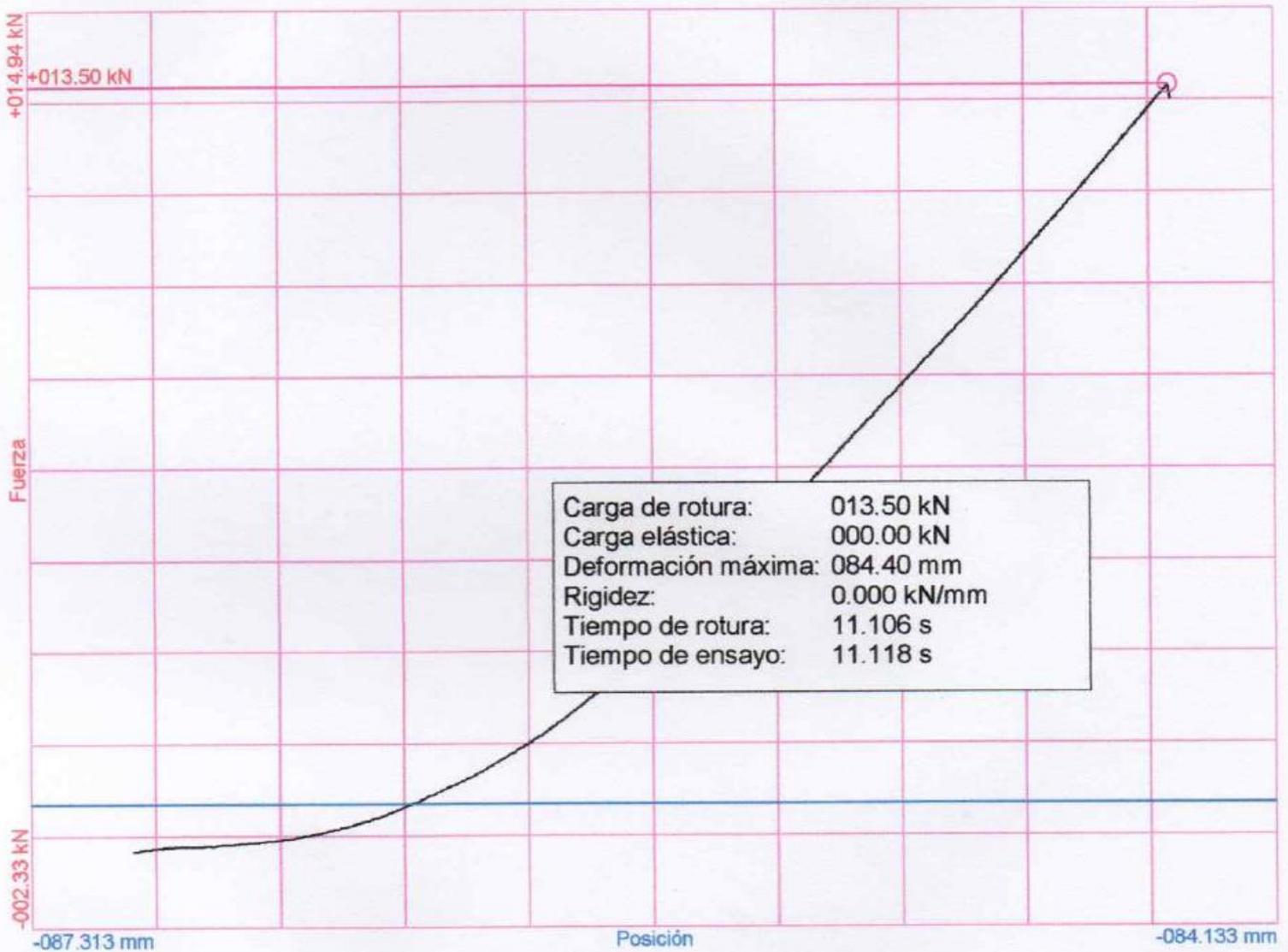
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GCS-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: CORTE GUADUA SECO SIN NUDO (GCS-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

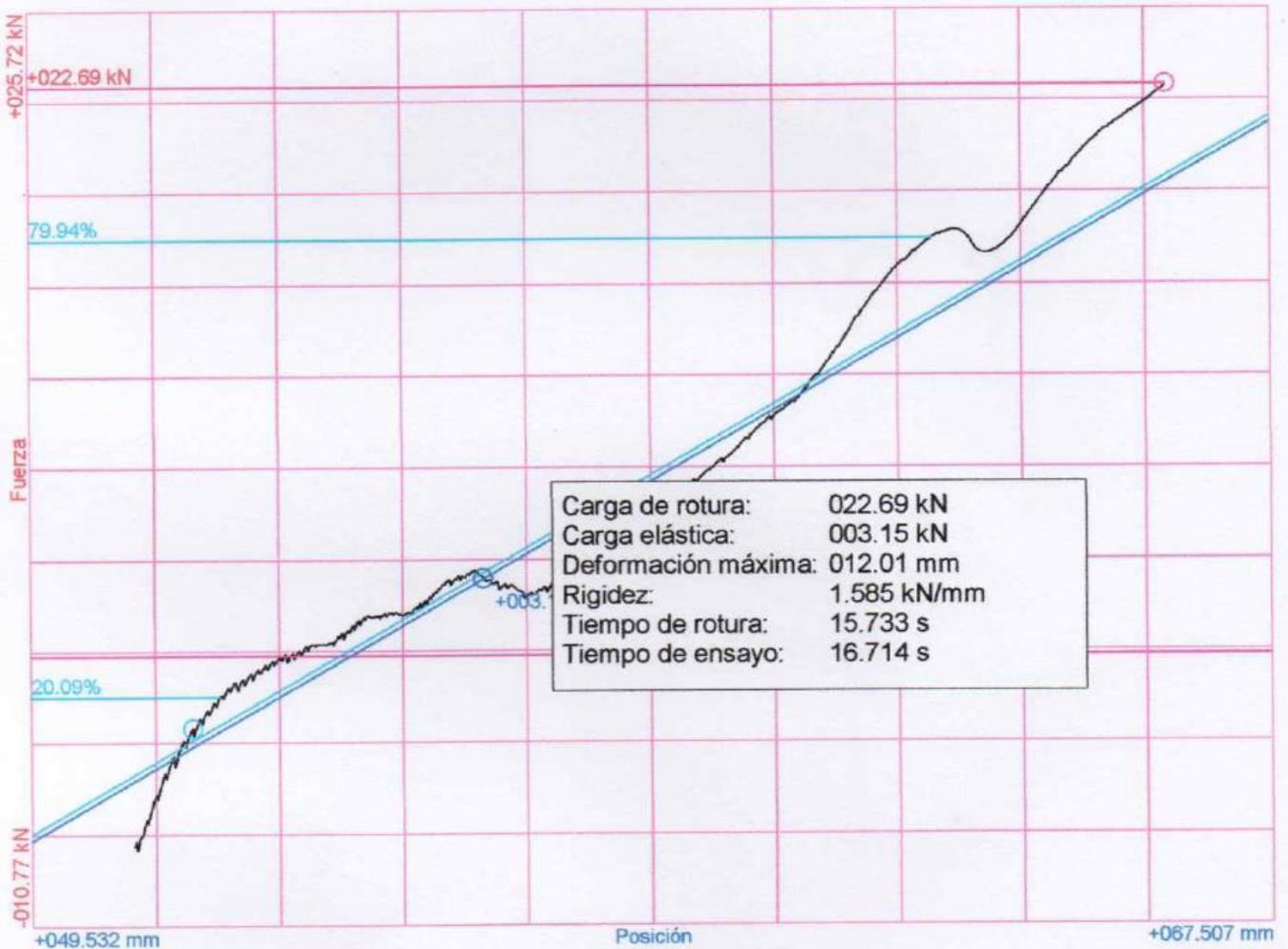
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: TDH-01

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000.90 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 015.00 mm

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDH-01)



RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

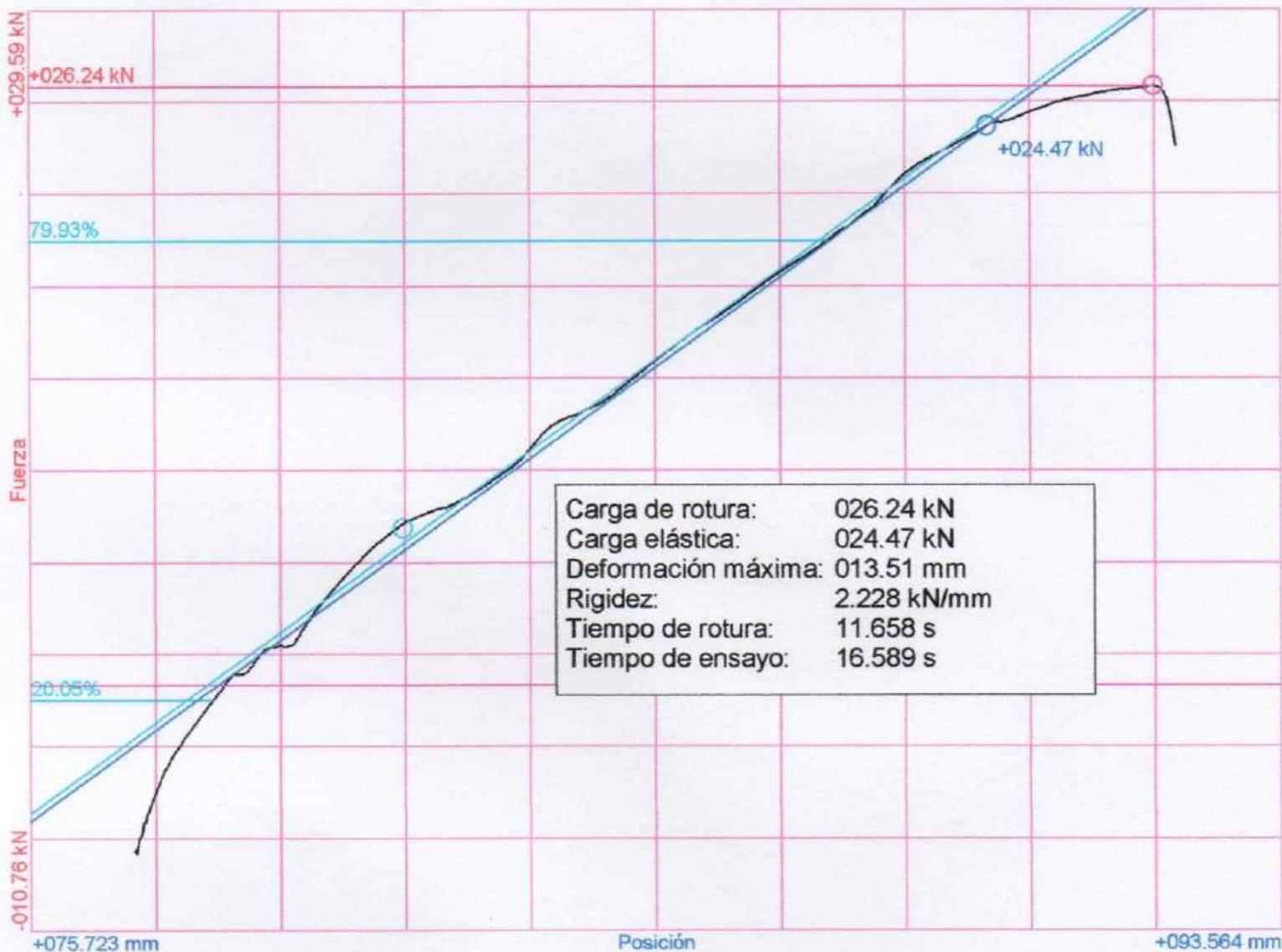
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: TDH-02

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000.90 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 015.00 mm

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDH-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

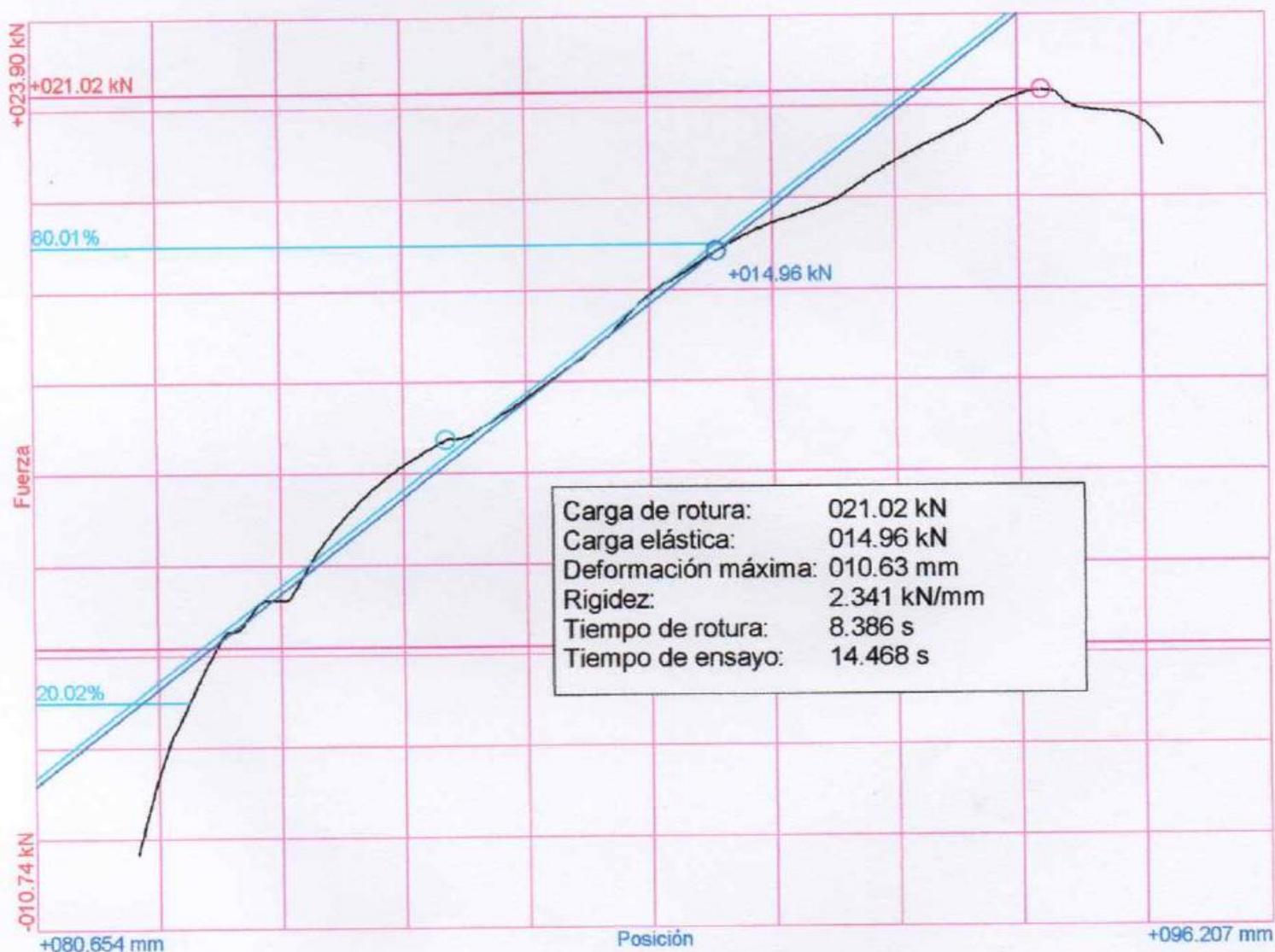
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: TDH-03

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000.90 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 015.00 mm

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDH-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

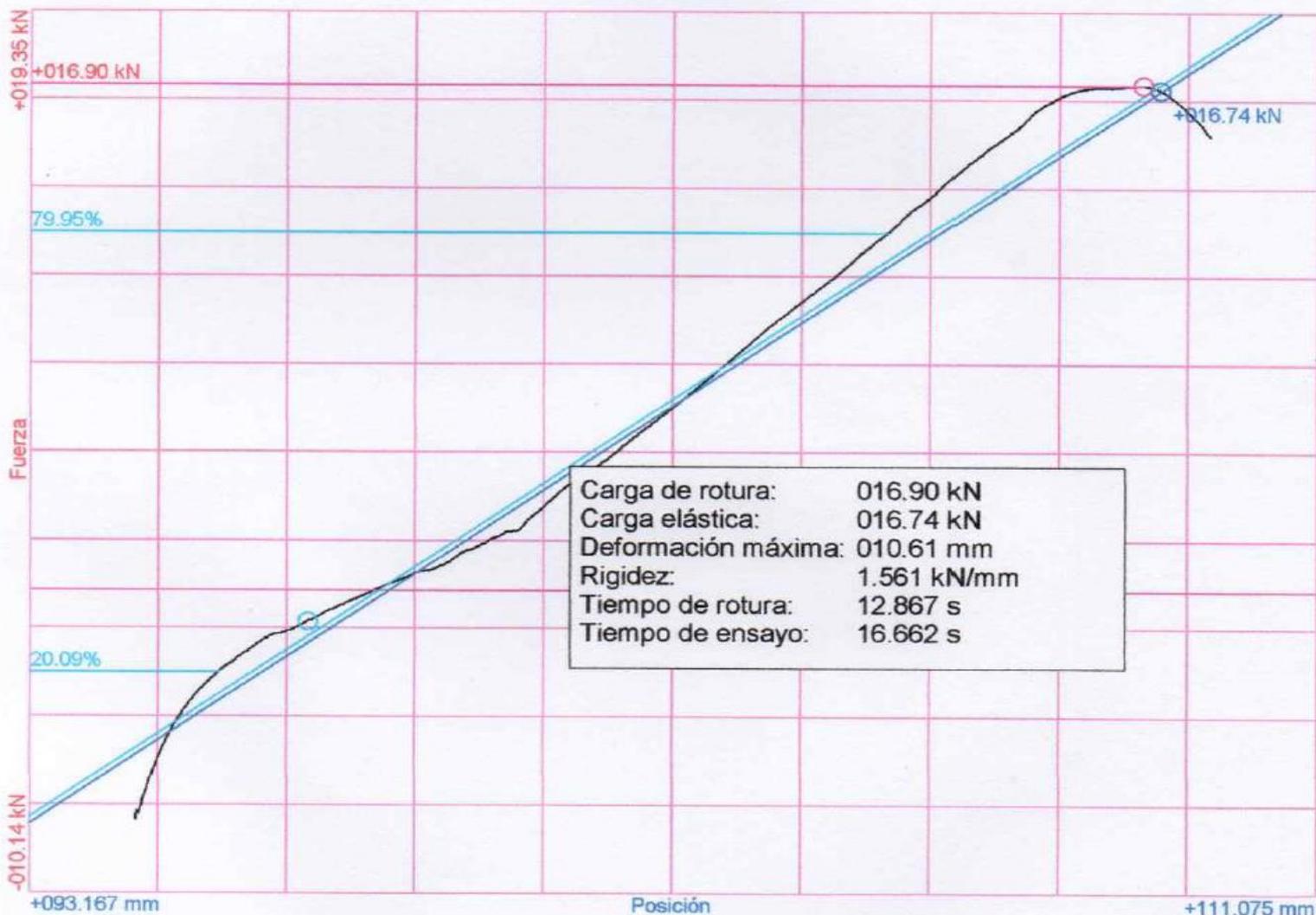
Referencias:

Fecha: 21/06/2018
Probeta: TDH-04

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Posición
Velocidad: 000.90 mm/s
Parámetro destino: Posición
Destino relativo: 015.00 mm

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDH-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

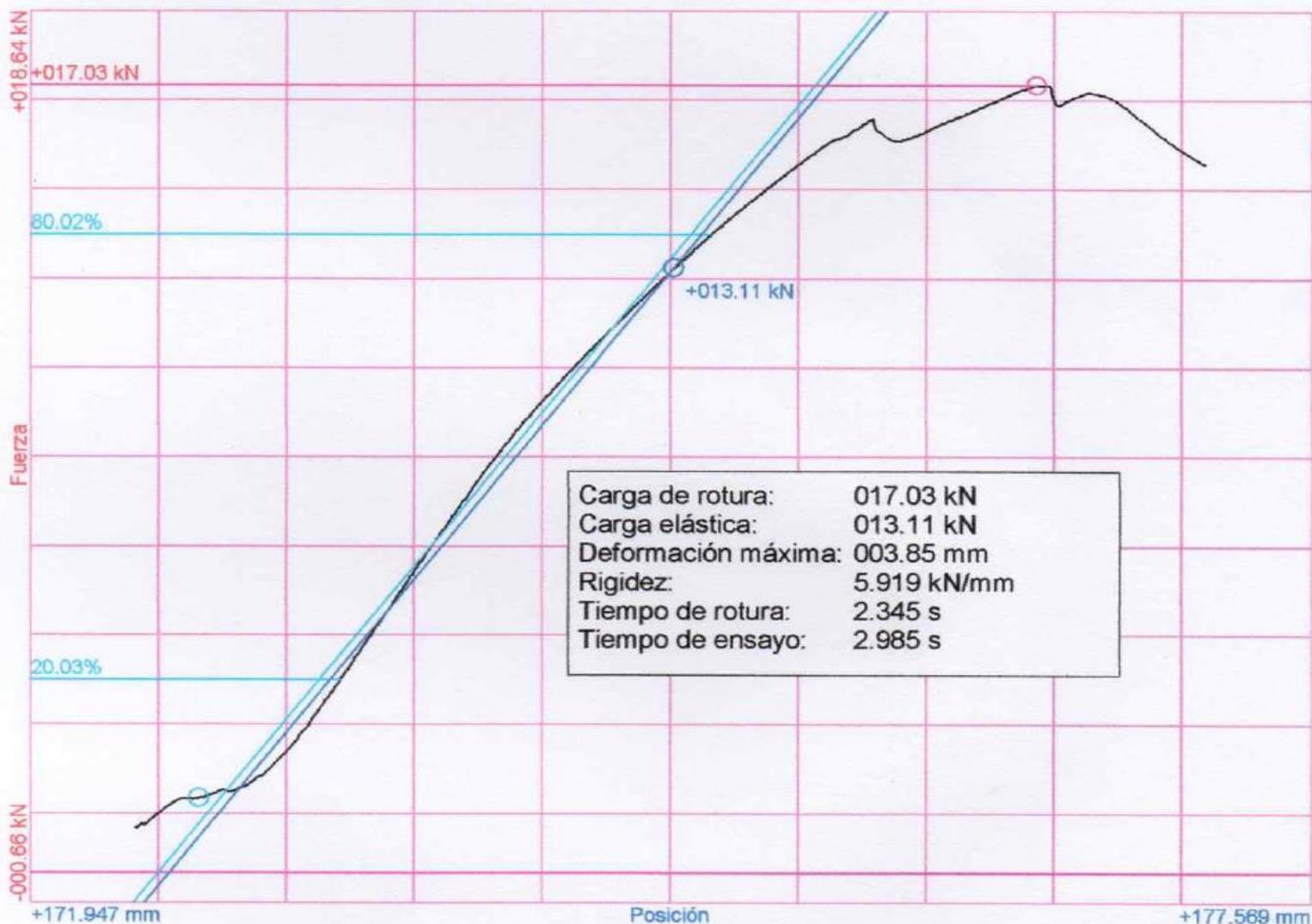
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: TGH-01

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 007.35 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 044.13 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TGH-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

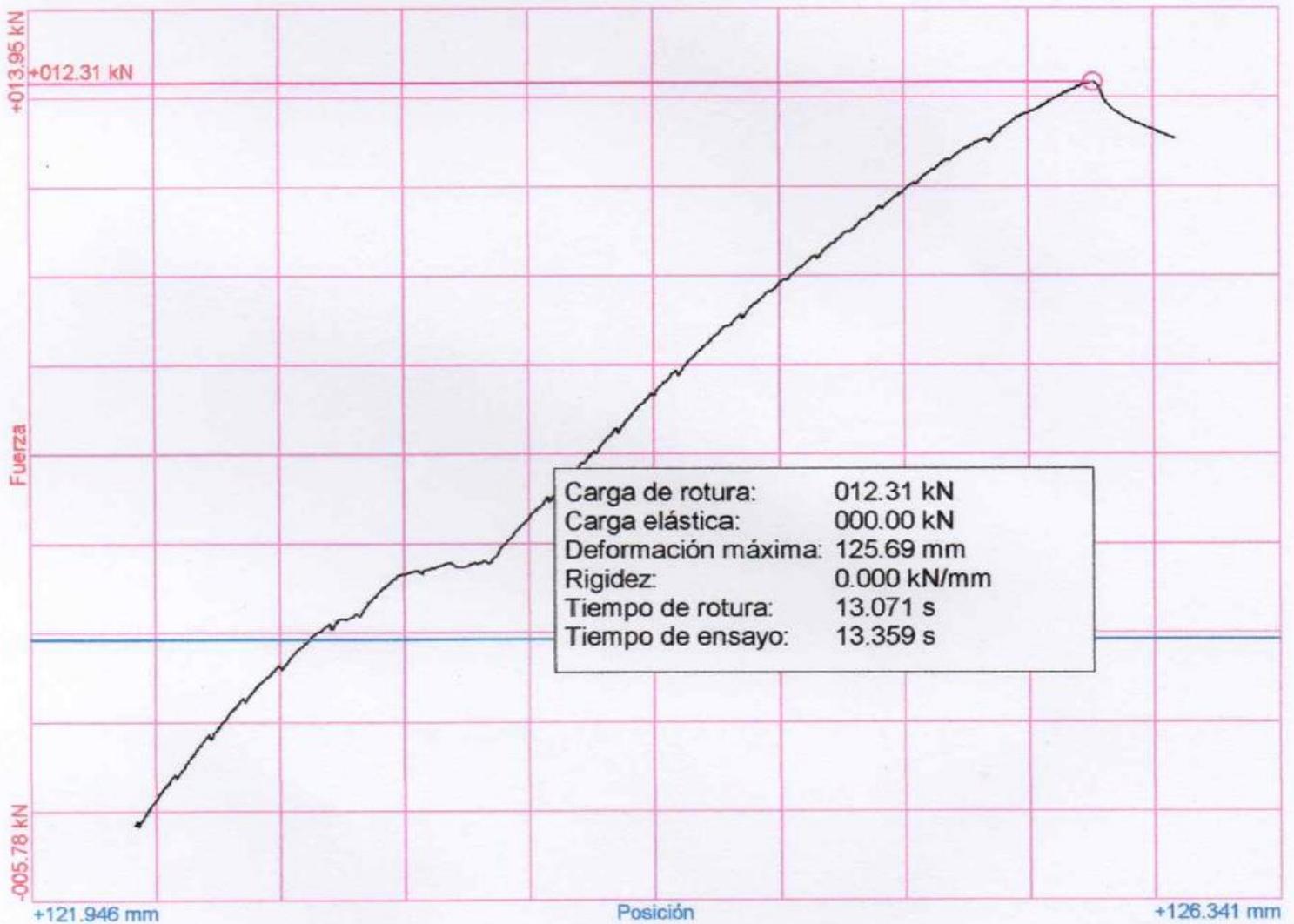
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: TGH-02

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TGH-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

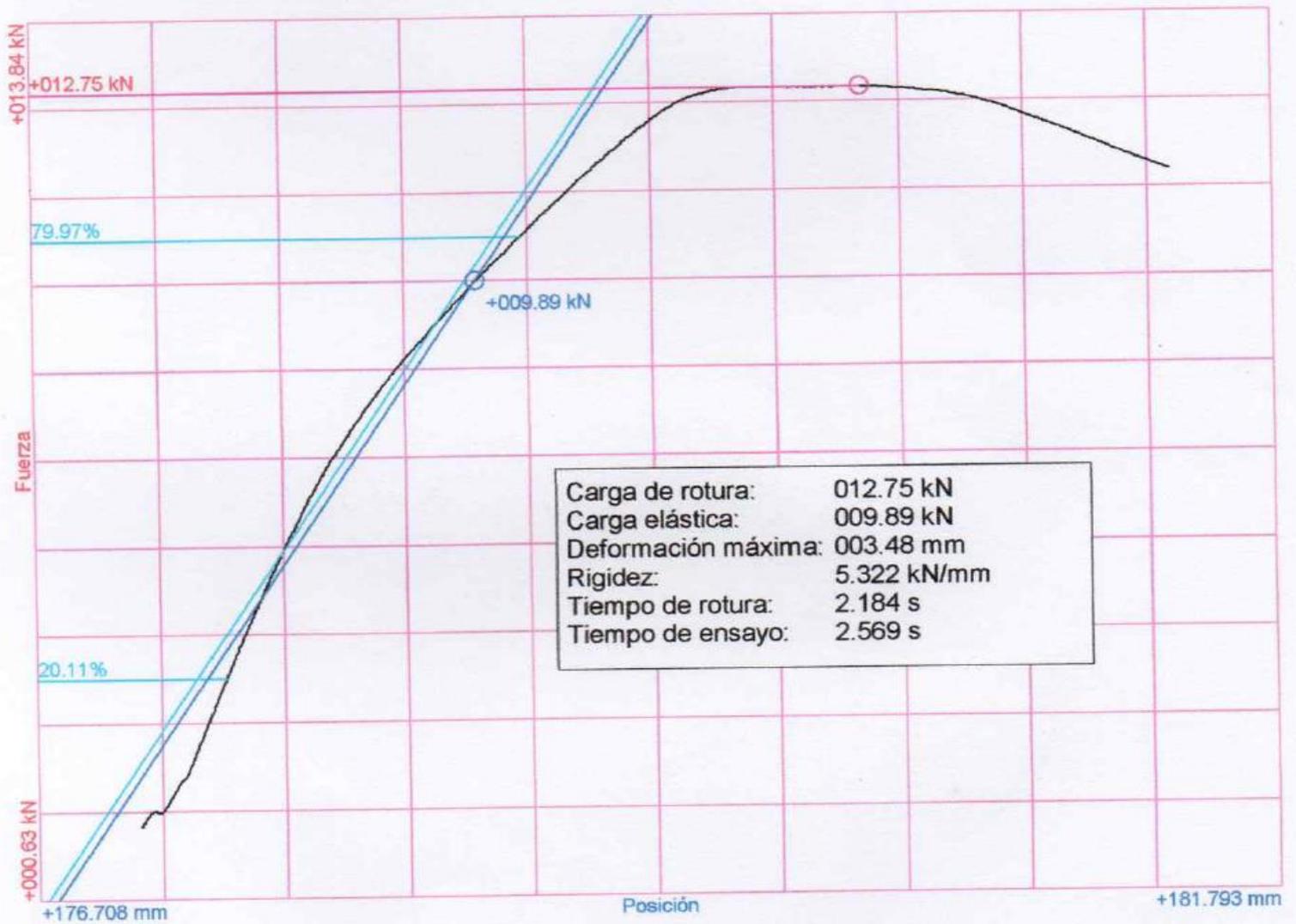
Referencias:

Fecha: 28/06/2018
Probeta: TGH-03

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 80.00 %
Límite inferior: 20.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 007.35 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 044.13 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TGH-03)



RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

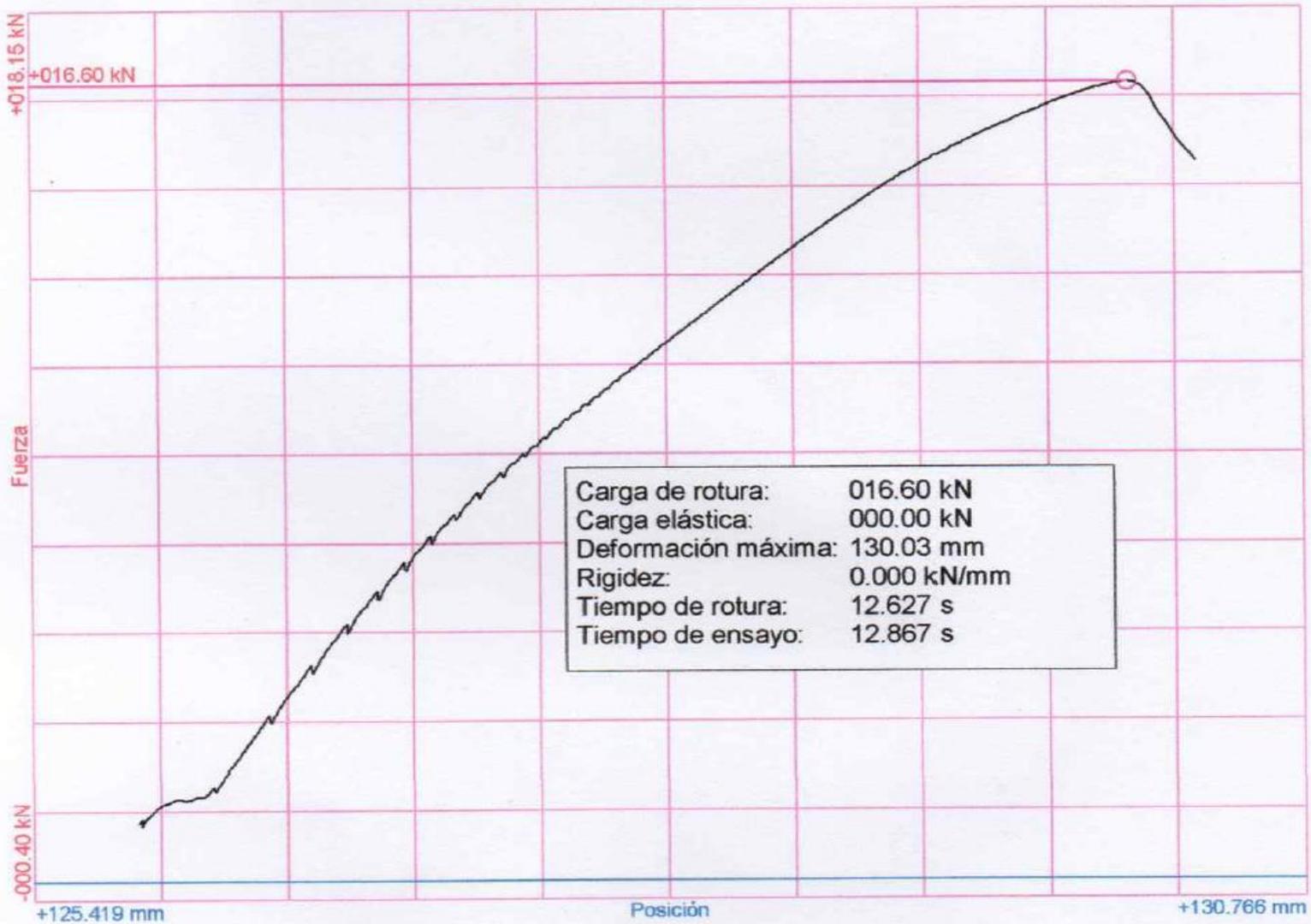
Referencias:

Fecha: 02/07/2018
Probeta: TGH-04

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TGH-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

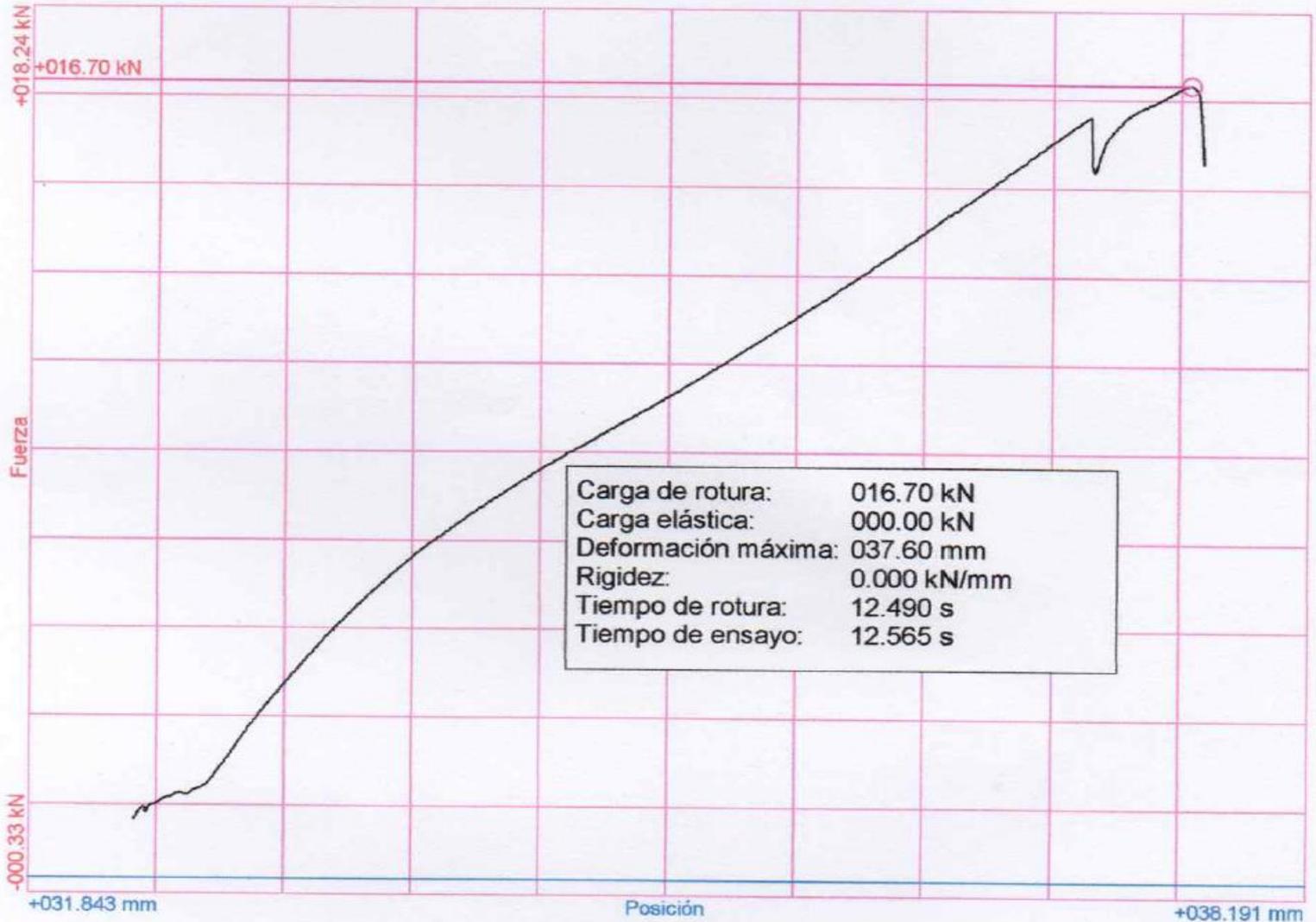
Referencias:

Fecha: 10/07/2018
Probeta: TDS-01

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDS-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

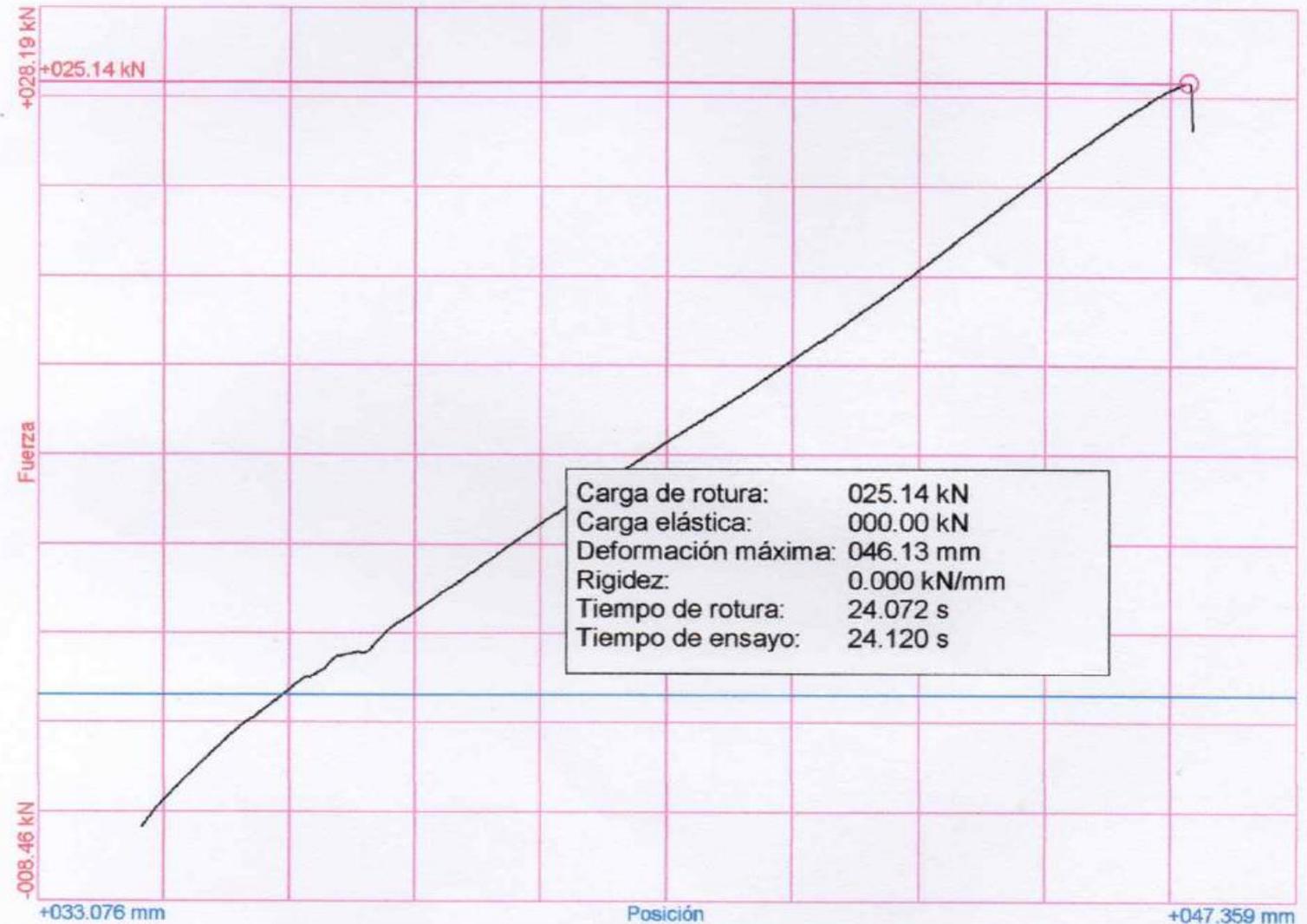
Referencias:

Fecha: 10/07/2018
Probeta: TDS-02

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDS-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

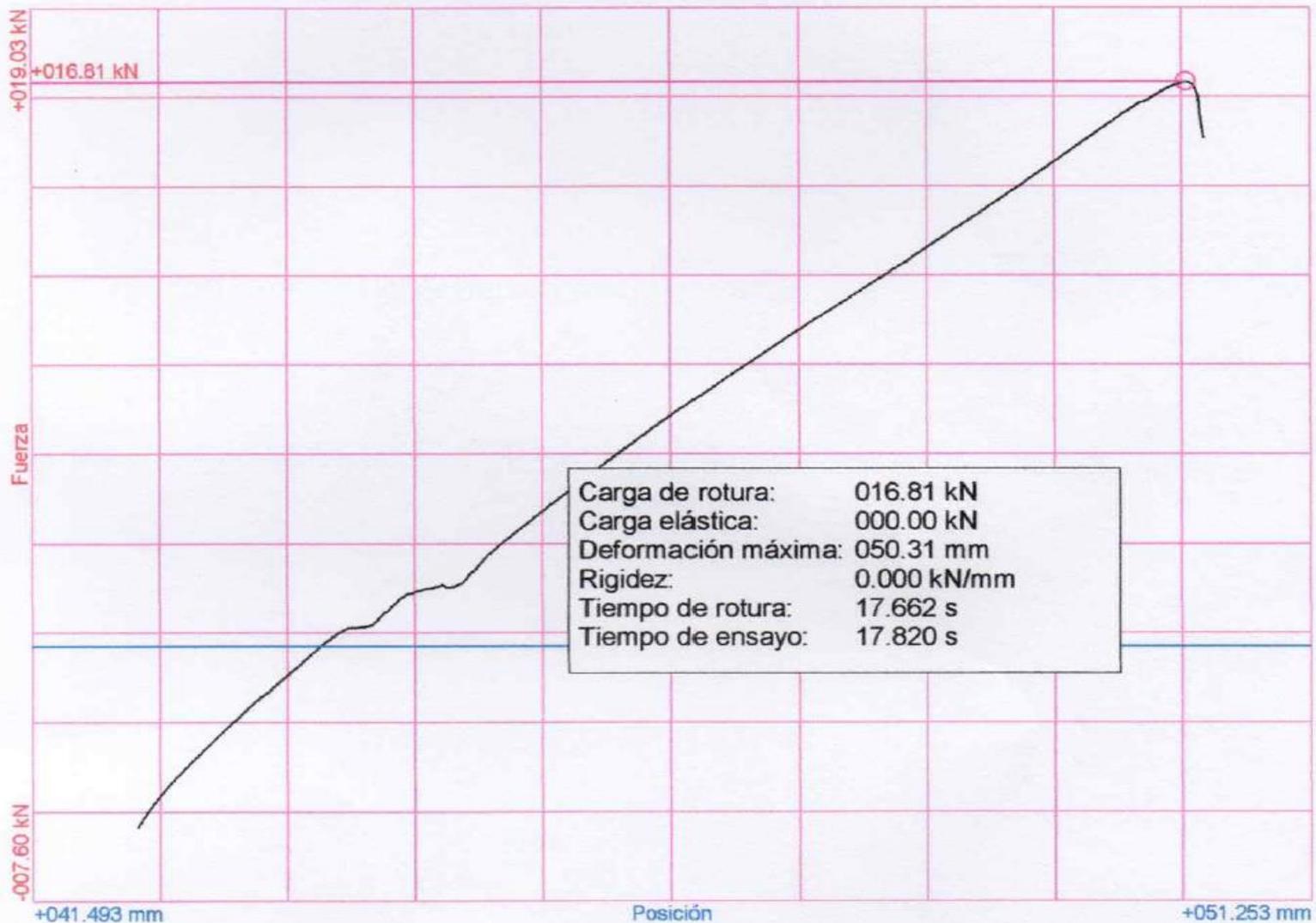
Referencias:

Fecha: 10/07/2018
Probeta: TDS-03

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDS-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

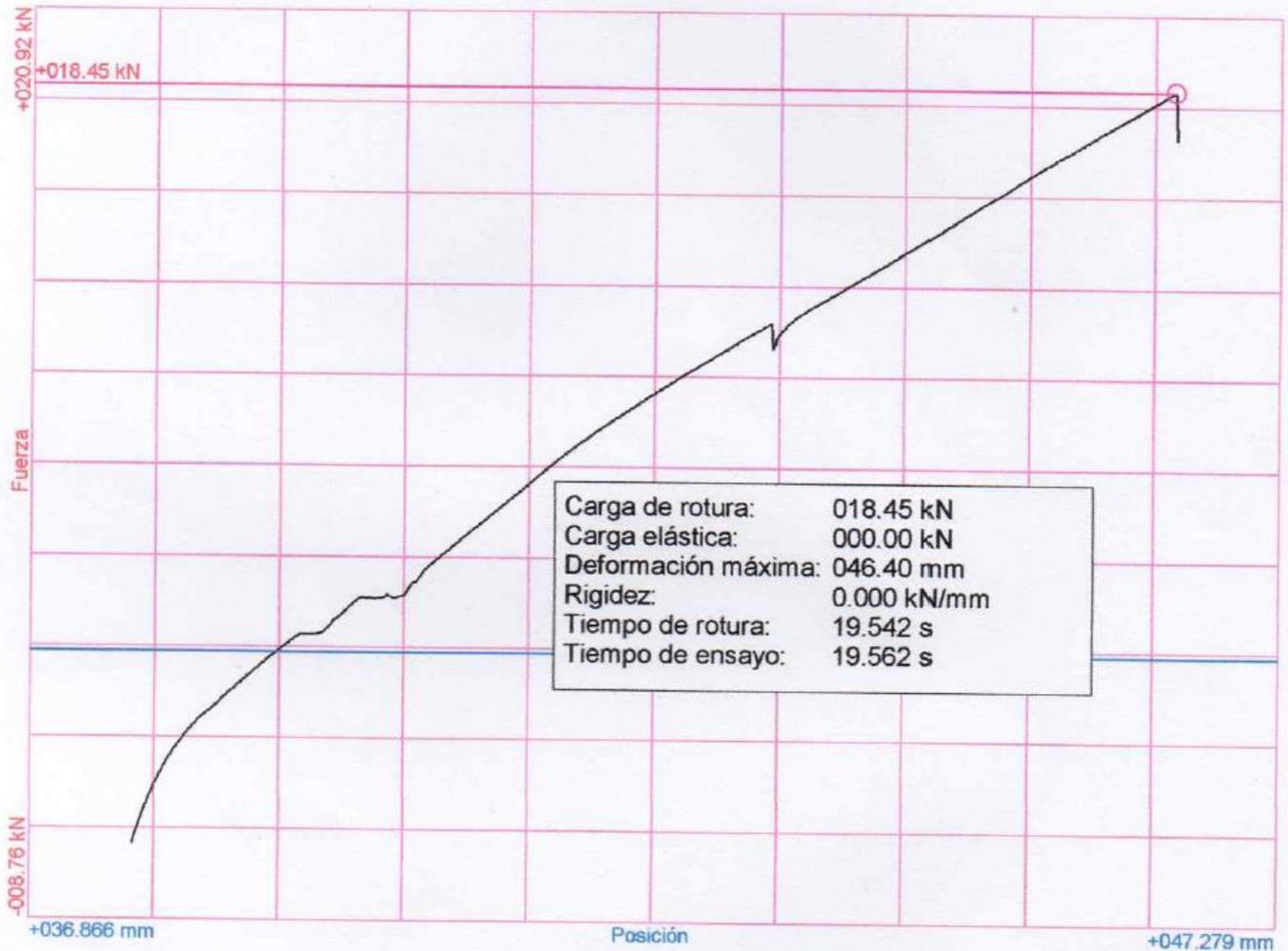
Referencias:

Fecha: 10/07/2018
Probeta: TDS-04

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN (TDS-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS HIDRAULICAS



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

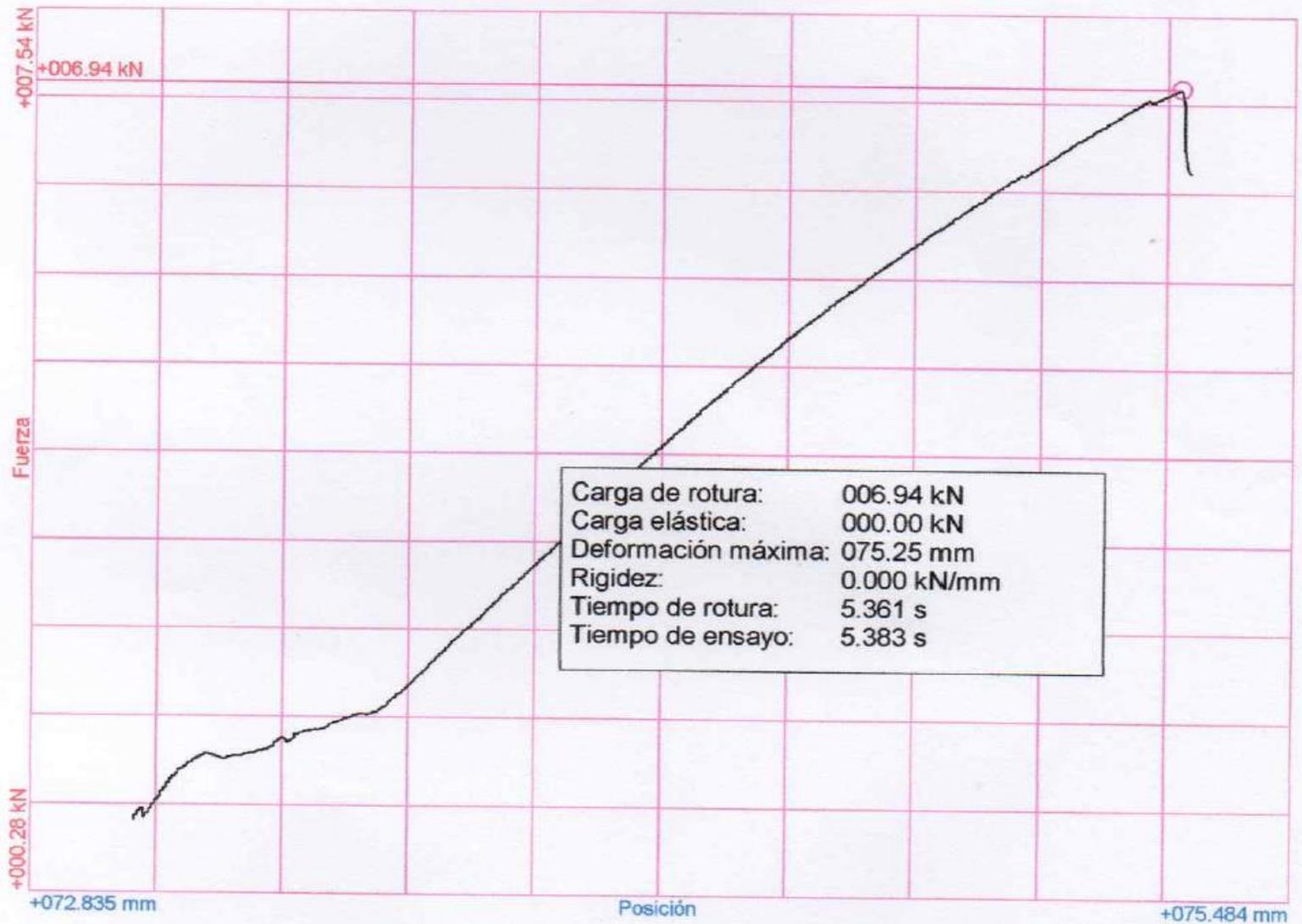
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GT-01

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN GUADUA SECO (GT-01)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

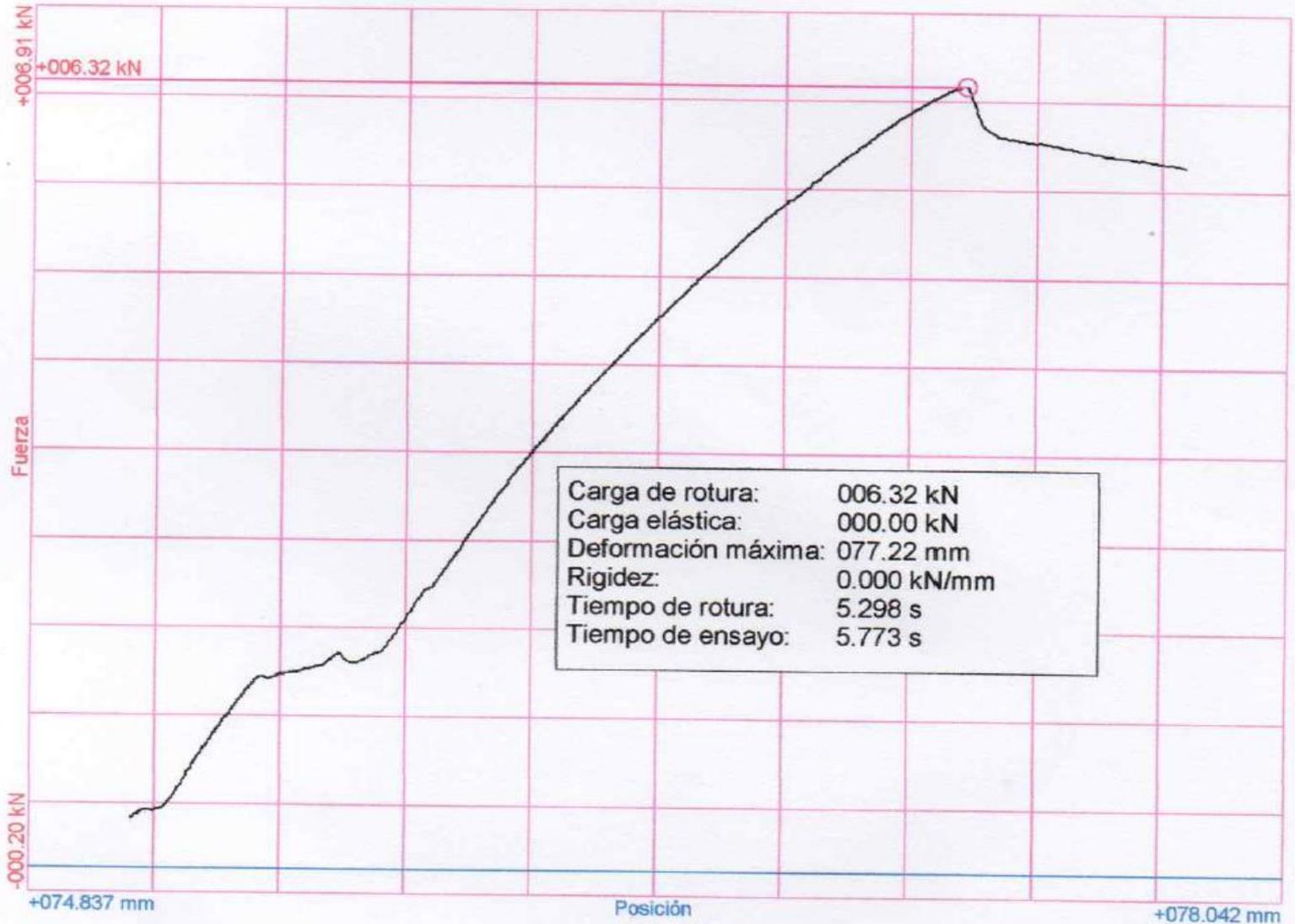
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GT-02

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN GUADUA SECO (GT-02)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

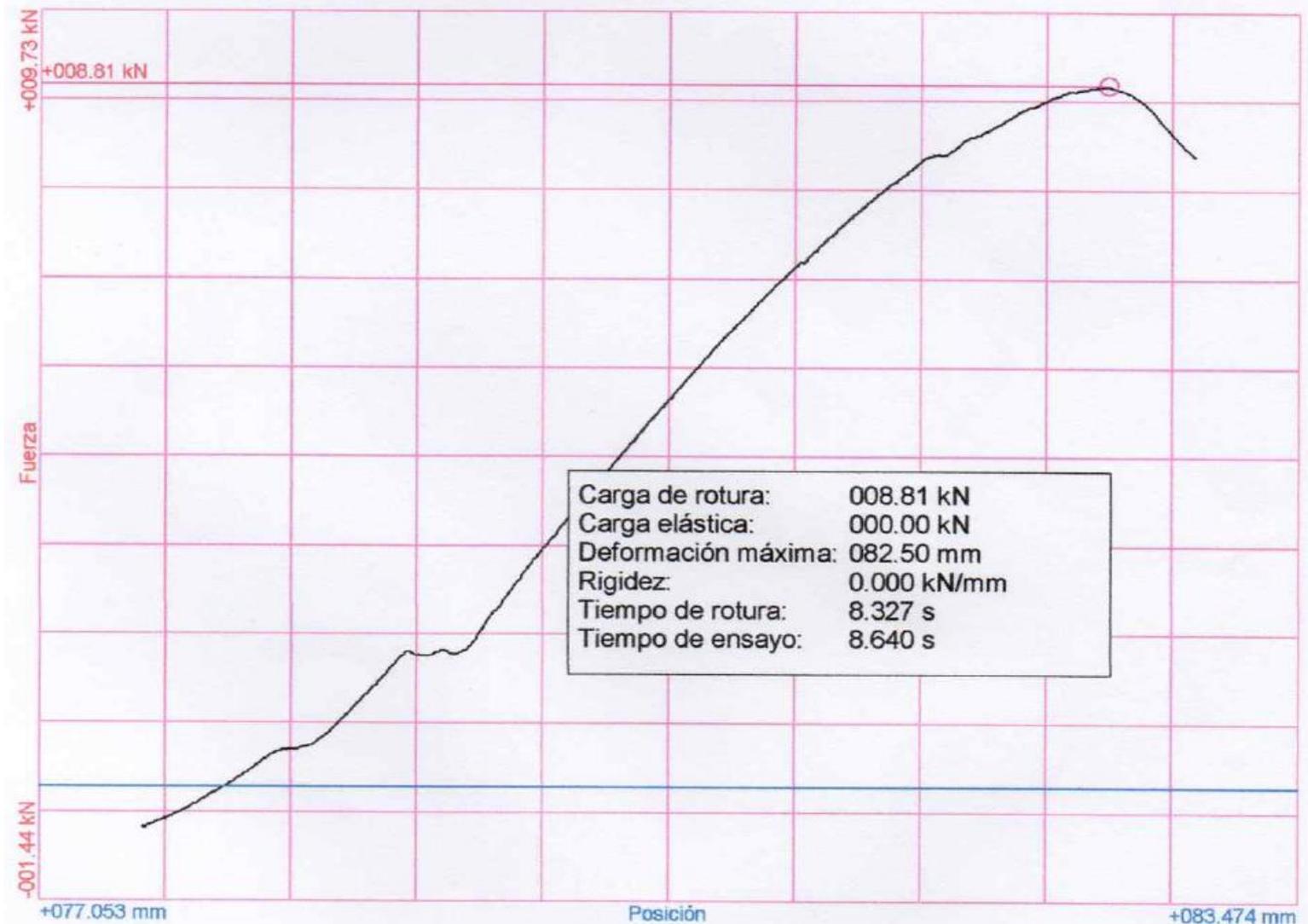
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GT-03

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN GUADUA SECO (GT-03)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

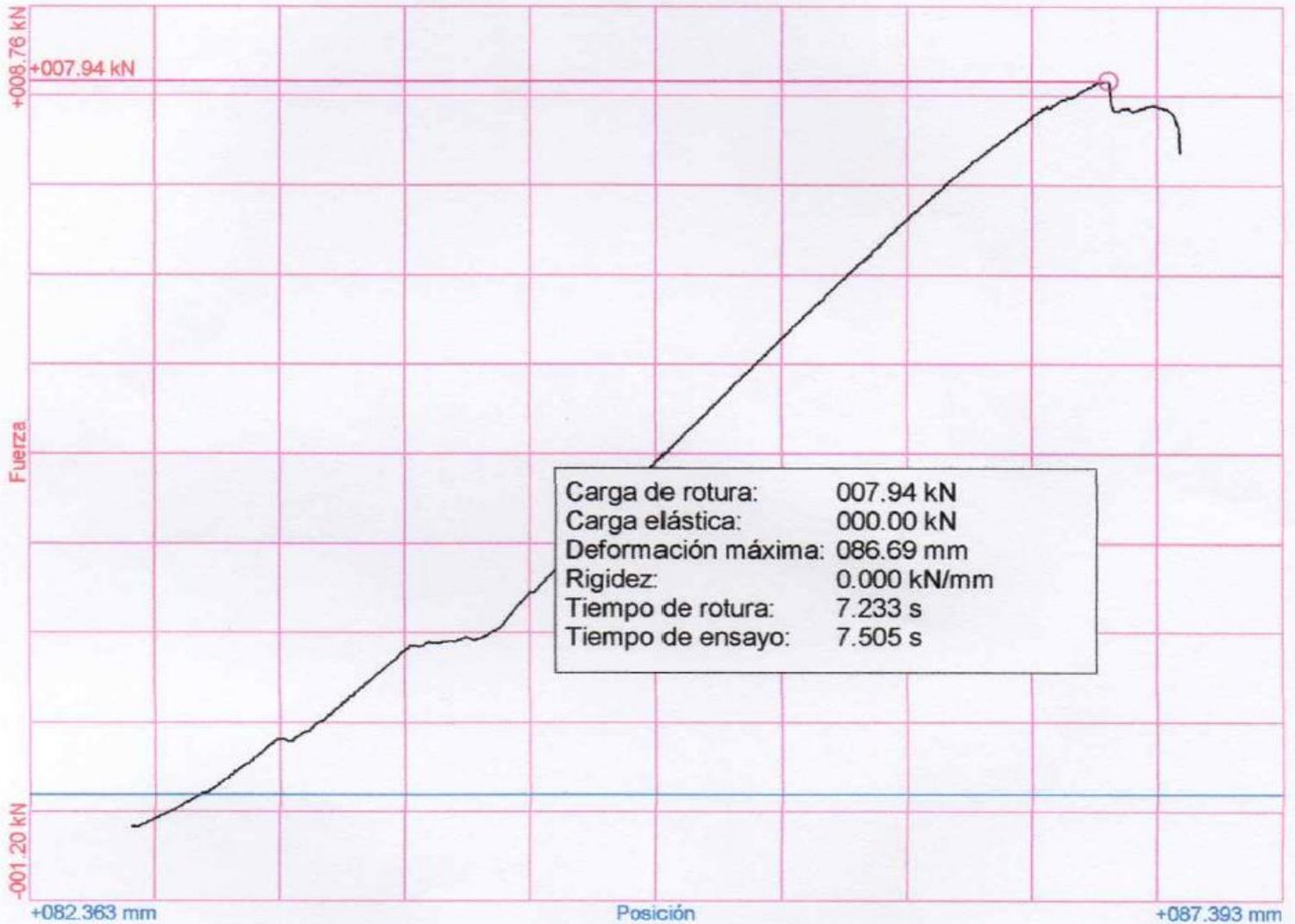
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GT-04

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN GUADUA SECO (GT-04)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

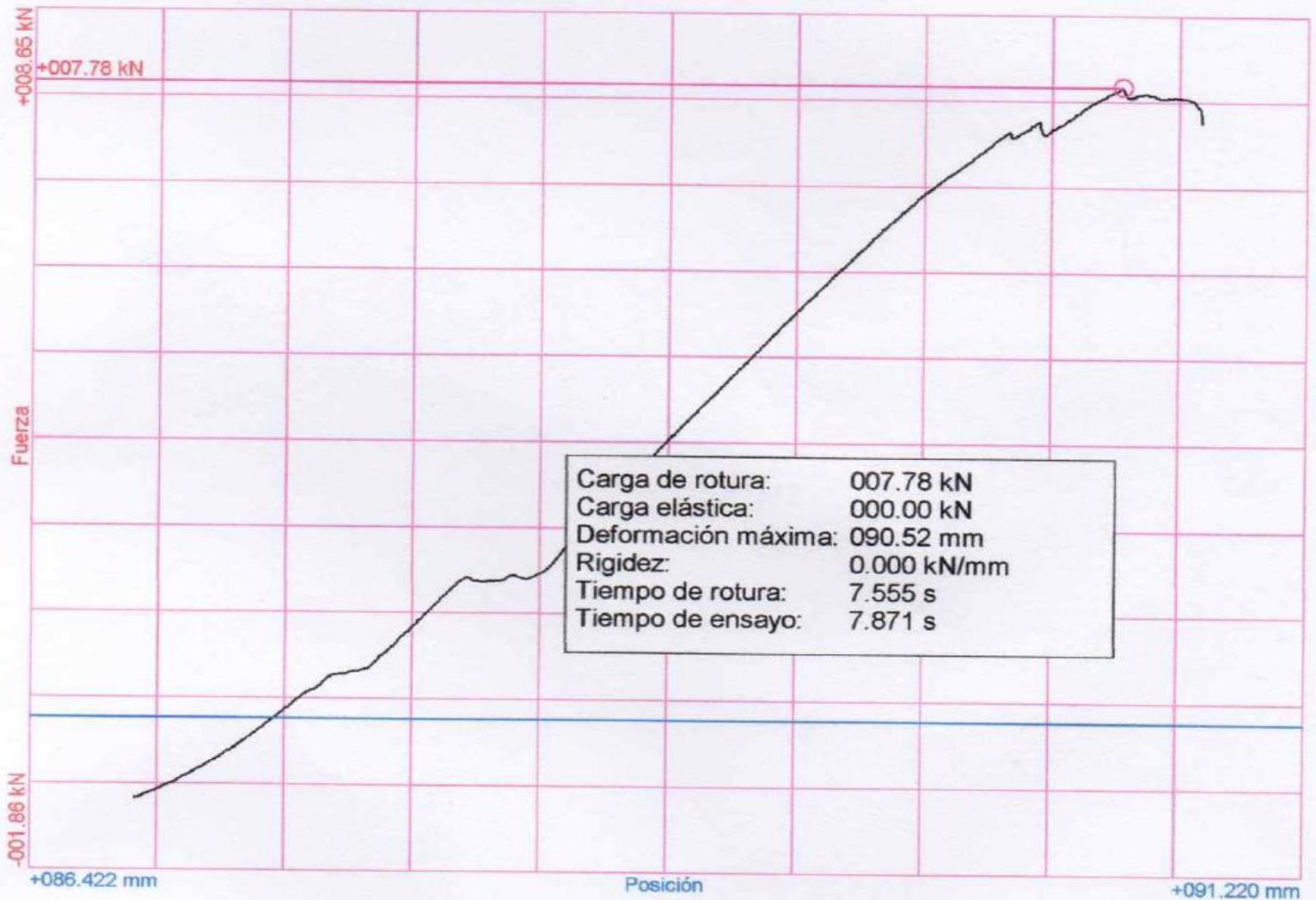
Referencias:

Fecha: 17/07/2018
Probeta: GT-05

Parámetros:

Sentido: Tracción
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: TRACCIÓN GUADUA SECO (GT-05)



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

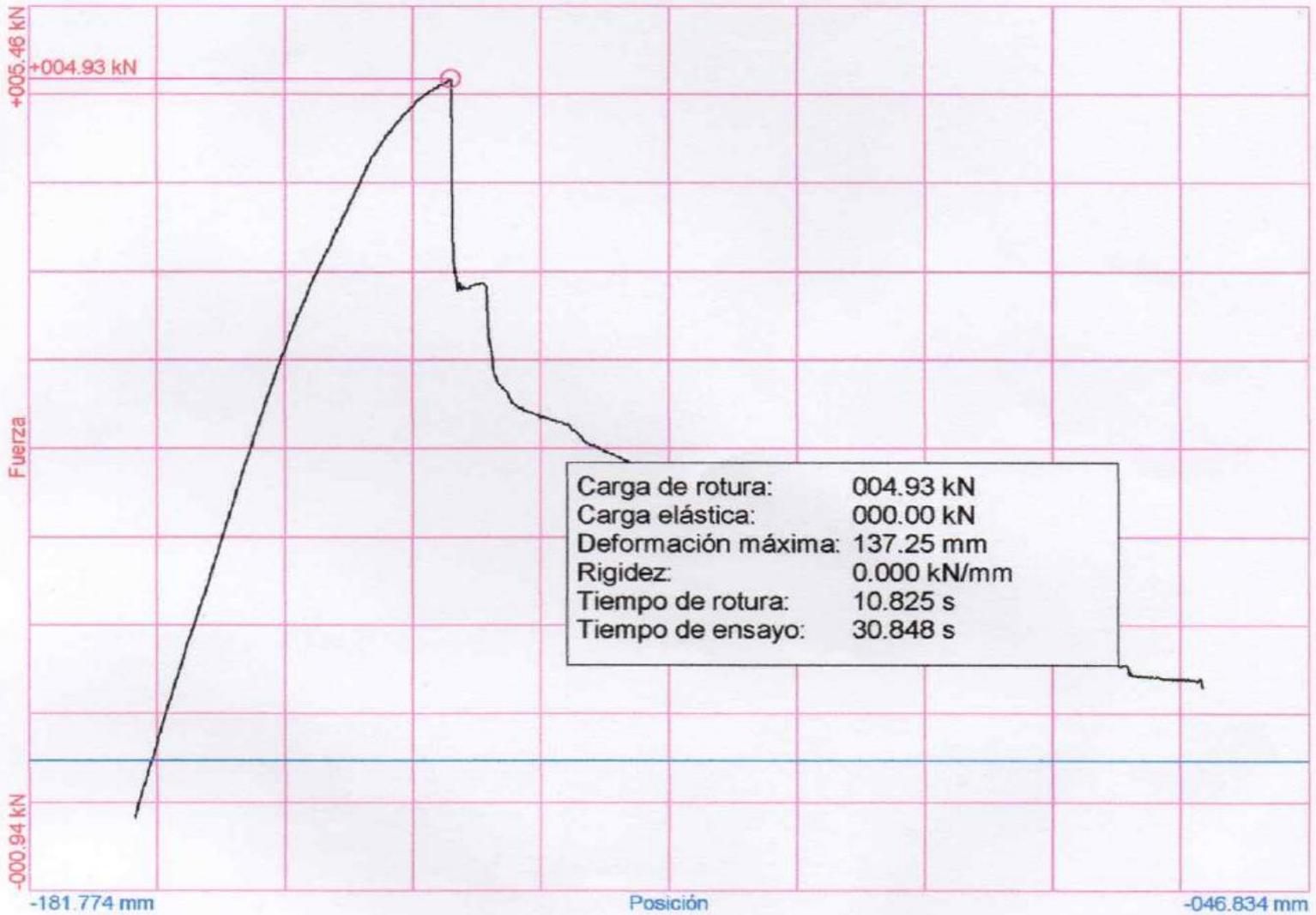
Referencias:

Fecha: 16/07/2018
Probeta: FG-01

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: FLEXIÓN (M-01).



[Signature]
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS E HIDRAULICA



Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

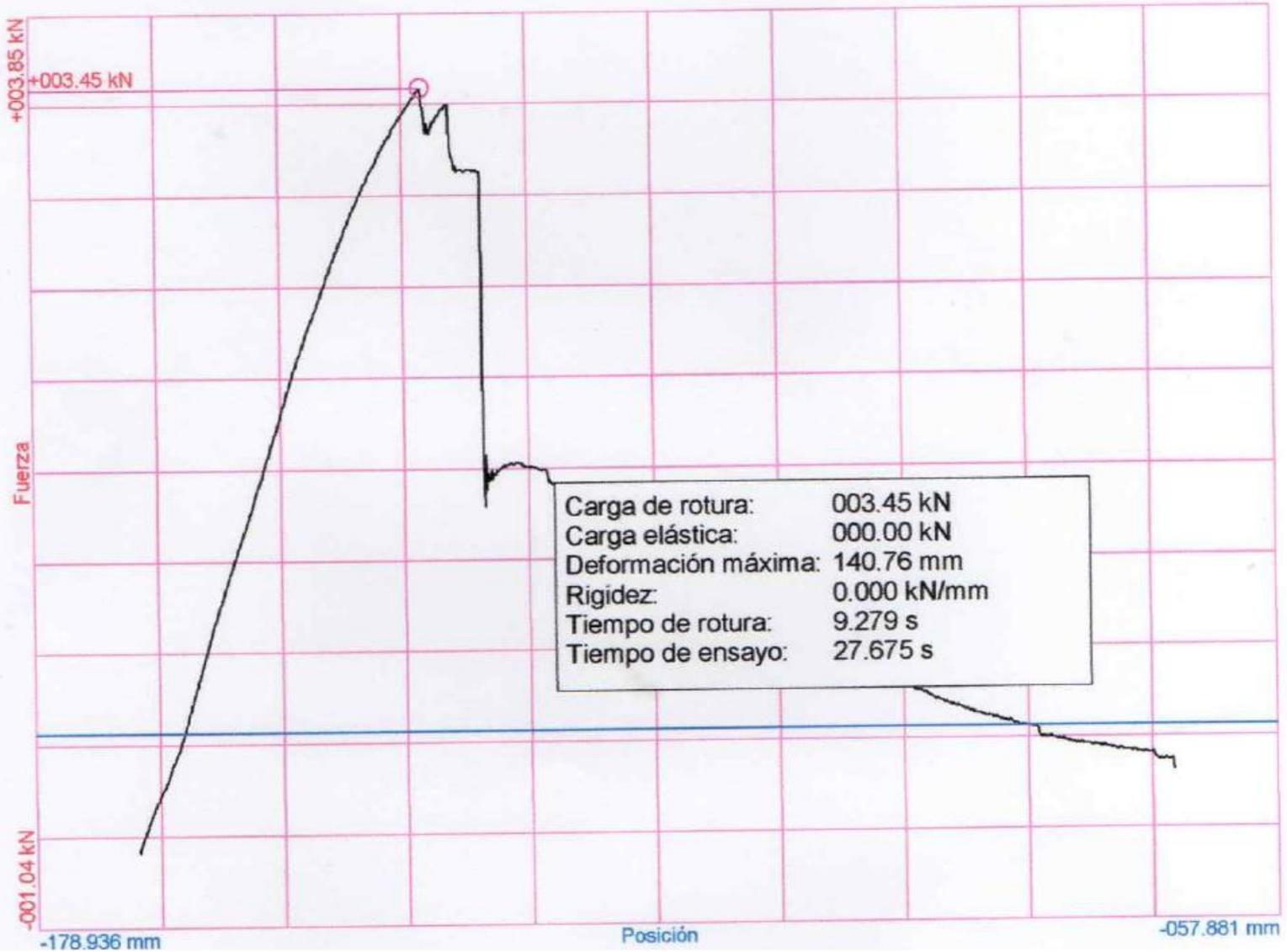
Referencias:

Fecha: 16/07/2018
Probeta: FG-02

Parámetros:

Sentido: Compresión
Límite superior: 00.00 %
Límite inferior: 00.00 %
Parámetro control: Fuerza
Velocidad: 001.32 kN/s
Parámetro destino: Fuerza
Destino relativo: 176.52 kN

Nombre de archivo: FLEXIÓN (M-2).



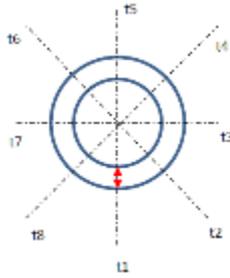
ESFUERZOS A COMPRESION

CD-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

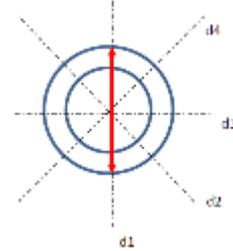
1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned} t1 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t2 &:= 1.51 \text{ cm} \\ t3 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t4 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t5 &:= 1.51 \text{ cm} \\ t6 &:= 1.35 \text{ cm} \\ t7 &:= 1.30 \text{ cm} \\ t8 &:= 1.40 \text{ cm} \end{aligned}$$



1.2.- DIAMETROS

$$\begin{aligned} d1 &:= 11.00 \text{ cm} \\ d2 &:= 11.00 \text{ cm} \\ d3 &:= 10.90 \text{ cm} \\ d4 &:= 10.60 \text{ cm} \end{aligned}$$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.446 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.438 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 42.84 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 293.2 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 697.904 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 348.952 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 10.875 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 3.991 \text{ cm}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 10.1 \text{ gm}$$

$$ph2 := 10.1 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 5.4 \text{ gm}$$

$$ps2 := 5.4 \text{ gm}$$

4.- calculo del contenido de humedad

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 87.037$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 87.037$$

contenido de humedad

$$\chi := \frac{ch1 + ch2}{2} = 87.037 \%$$

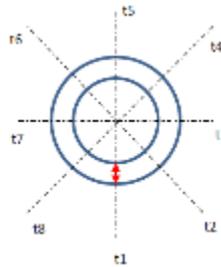
ESFUERZOS A COMPRESION DENDROCALAMUS

CD-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

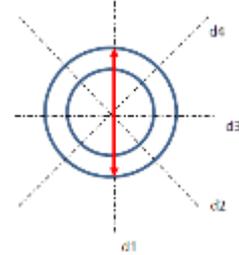
1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned} t1 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t2 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t3 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t4 &:= 1.50 \text{ cm} \\ t5 &:= 1.65 \text{ cm} \\ t6 &:= 1.55 \text{ cm} \\ t7 &:= 1.40 \text{ cm} \\ t8 &:= 1.50 \text{ cm} \end{aligned}$$



1.1.- DIAMETROS

$$\begin{aligned} d1 &:= 11.35 \text{ cm} \\ d2 &:= 11.00 \text{ cm} \\ d3 &:= 10.90 \text{ cm} \\ d4 &:= 10.20 \text{ cm} \end{aligned}$$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.513 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.431 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 44.428 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 308.7 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 708.531 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 354.266 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 10.863 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 3.919 \text{ cm}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 12.1 \text{ gm}$$

$$ph2 := 12.1 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 6.5 \text{ gm}$$

$$ps2 := 6.6 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 86.154$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 83.333$$

contenido de humedad

$$\chi := \frac{ch1 + ch2}{2} = 84.744 \%$$

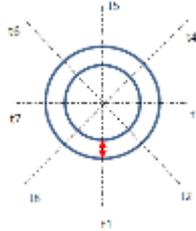
ESFUERZOS A COMPRESION DENDROCALAMUS

CD-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

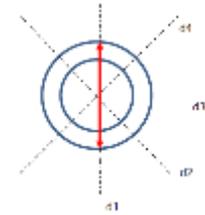
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.45 \text{ cm}$
- $t2 := 1.50 \text{ cm}$
- $t3 := 1.60 \text{ cm}$
- $t4 := 1.70 \text{ cm}$
- $t5 := 1.60 \text{ cm}$
- $t6 := 1.50 \text{ cm}$
- $t7 := 1.50 \text{ cm}$
- $t8 := 1.50 \text{ cm}$



1.1.- DIAMETROS

- $d1 := 11.10 \text{ cm}$
- $d2 := 11.00 \text{ cm}$
- $d3 := 10.20 \text{ cm}$
- $d4 := 10.30 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.544 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.325 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 44.164 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 89.9 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 207.574 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 103.787 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 10.65 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 3.781 \text{ cm}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6$$

$$FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

	Flexión	Compresion paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 7.4 \text{ gm}$$

$$ph2 := 7.7 \text{ gm}$$

$$ph3 := 8.4 \text{ gm}$$

$$ph4 := 7.8 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 4.6 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.9 \text{ gm}$$

$$ps3 := 5.2 \text{ gm}$$

$$ps4 := 5.1 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 60.87$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 57.143$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 61.538$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 52.941$$

contenido de humedad

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 58.123 \%$$

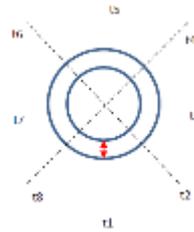
ESFUERZOS A COMPRESION DENDROCALAMUS

CD-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

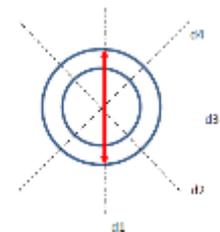
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.60 \text{ cm}$
- $t2 := 1.50 \text{ cm}$
- $t3 := 1.60 \text{ cm}$
- $t4 := 1.45 \text{ cm}$
- $t5 := 1.45 \text{ cm}$
- $t6 := 1.40 \text{ cm}$
- $t7 := 1.40 \text{ cm}$
- $t8 := 1.45 \text{ cm}$



1.1.- DIAMETROS

- $d1 := 11.25 \text{ cm}$
- $d2 := 10.90 \text{ cm}$
- $d3 := 11.80 \text{ cm}$
- $d4 := 10.90 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.481 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.606 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 45.284 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 220.6 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 496.75 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 11.213 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 4.125 \text{ cm}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6$$

$$FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 248.375 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 9.4 \text{ gm}$
- $ph2 := 8.8 \text{ gm}$
- $ph3 := 9.5 \text{ gm}$
- $ph4 := 7.8 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 5.8 \text{ gm}$
- $ps2 := 5.5 \text{ gm}$
- $ps3 := 6.4 \text{ gm}$
- $ps4 := 5.1 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 62.069$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 60$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 48.438$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 52.941$$

contenido de humedad

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 55.862 \%$$

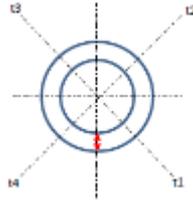
ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS SIN NUDO

CMD-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned}t1 &:= 1.60 \text{ cm} \\t2 &:= 1.65 \text{ cm} \\t3 &:= 1.50 \text{ cm} \\t4 &:= 1.70 \text{ cm}\end{aligned}$$



1.2.- ALTURAS

$$\begin{aligned}L1 &:= 12.07 \text{ cm} \\L2 &:= 12.09 \text{ cm} \\L3 &:= 12.05 \text{ cm} \\L4 &:= 12.10 \text{ cm}\end{aligned}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 77.906 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 82.8 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 108.378 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 27.095 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$\begin{aligned}ph1 &:= 10.4 \text{ gm} \\ph2 &:= 11.2 \text{ gm} \\ph3 &:= 11.1 \text{ gm} \\ph4 &:= 10.5 \text{ gm}\end{aligned}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$\begin{aligned}ps1 &:= 7.5 \text{ gm} \\ps2 &:= 8.2 \text{ gm} \\ps3 &:= 8.0 \text{ gm} \\ps4 &:= 8.0 \text{ gm}\end{aligned}$$

4.- promedio de pesos

$$\begin{aligned}m &:= \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 10.8 \text{ gm} \\m_o &:= \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.925 \text{ gm}\end{aligned}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100$$

$$CH = 36.278 \%$$

ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS SIN NUDO

CMD-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

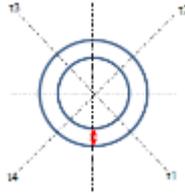
1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.90 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.85 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.80 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.95 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 12.02 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.05 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.0 \text{ cm}$$

$$L4 := 12.0 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 90.131 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 81.1 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 91.755 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 22.939 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 10.1 \text{ gm}$$

$$ph2 := 10.0 \text{ gm}$$

$$ph3 := 9.3 \text{ gm}$$

$$ph4 := 10.2 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 7.1 \text{ gm}$$

$$ps2 := 7.1 \text{ gm}$$

$$ps3 := 6.5 \text{ gm}$$

$$ps4 := 7.7 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 9.9 \text{ gm}$$

$$mo := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.1 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - mo}{mo} \cdot 100$$

$$CH = 39.437 \%$$

ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS CON NUDO

CMD-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.70 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.80 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.60 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.65 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 12.00 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.08 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.10 \text{ cm}$$

$$L4 := 12.12 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 81.502 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 96.7 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 120.987 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 30.247 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 9.8 \text{ gm}$$

$$ph2 := 8.1 \text{ gm}$$

$$ph3 := 12.4 \text{ gm}$$

$$ph4 := 9.2 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 7.1 \text{ gm}$$

$$ps2 := 5.9 \text{ gm}$$

$$ps3 := 9.3 \text{ gm}$$

$$ps4 := 6.6 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 9.875 \text{ gm}$$

$$mo := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.225 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - mo}{mo} \cdot 100$$

$$CH = 36.678 \%$$

ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS CON NUDO

CMD-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.30 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.50 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.40 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.40 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 12.00 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.10 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.07 \text{ cm}$$

$$L4 := 12.12 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 67.616 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 43.1 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 64.999 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 16.25 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 7.58 \text{ gm}$$

$$ph2 := 6.96 \text{ gm}$$

$$ph3 := 7.76 \text{ gm}$$

$$ph4 := 7.36 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 6.5 \text{ gm}$$

$$ps2 := 5.94 \text{ gm}$$

$$ps3 := 6.66 \text{ gm}$$

$$ps4 := 6.05 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 7.415 \text{ gm}$$

$$mo := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 6.288 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - mo}{mo} \cdot 100$$

$$CH = 17.932 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

T-01

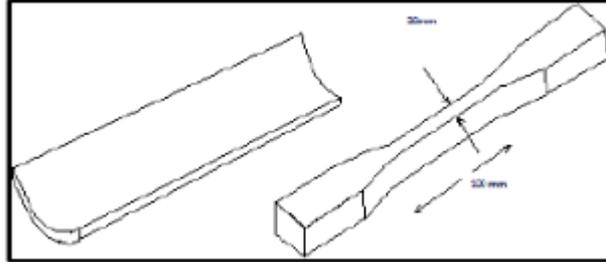
1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 15 \text{ mm}$$



2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 300 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 22.69 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 771.245 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 385.623 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 9.8 \text{ gm}$$

$$ph2 := 9.4 \text{ gm}$$

$$ph3 := 8.8 \text{ gm}$$

$$ph4 := 9.2 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 6.9 \text{ gm}$$

$$ps2 := 6.6 \text{ gm}$$

$$ps3 := 6.4 \text{ gm}$$

$$ps4 := 6.8 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 9.3 \text{ gm}$$

$$m_o := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 6.675 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100$$

$$CH = 39.326 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

T-02

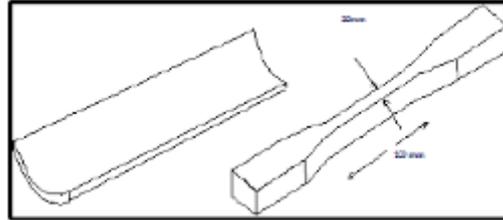
1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 22 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 16 \text{ mm}$$



2.- CALCULOS

esfuerzo del ensayo a tension:

$$A := b \cdot t = 352 \text{ mm}^2$$

$$F_{ult} := 26.24 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 760.152 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 380.076 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 10.5 \text{ gm}$$

$$ph2 := 11.7 \text{ gm}$$

$$ph3 := 10.5 \text{ gm}$$

$$ph4 := 10.1 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 8.0 \text{ gm}$$

$$ps2 := 8.6 \text{ gm}$$

$$ps3 := 7.4 \text{ gm}$$

$$ps4 := 7.1 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 10.7 \text{ gm}$$

$$mo := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.775 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - mo}{mo} \cdot 100$$

$$CH = 37.621 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

T-03

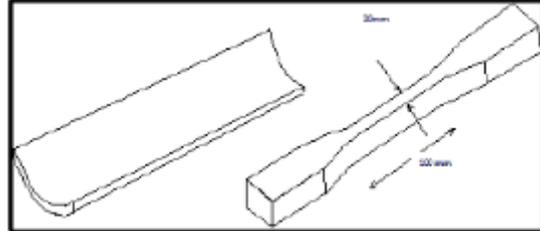
1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 15.5 \text{ mm}$$



2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 310 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 21.02 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 691.433 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 345.717 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 10.7 \text{ gm}$$

$$ph2 := 11.2 \text{ gm}$$

$$ph3 := 12.5 \text{ gm}$$

$$ph4 := 9.5 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 7.5 \text{ gm}$$

$$ps2 := 7.8 \text{ gm}$$

$$ps3 := 9.1 \text{ gm}$$

$$ps4 := 6.8 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 10.975 \text{ gm}$$

$$m_o := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.8 \text{ gm}$$

contenido de humedad

$$CH := \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100$$

$$CH = 40.705 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

T-04

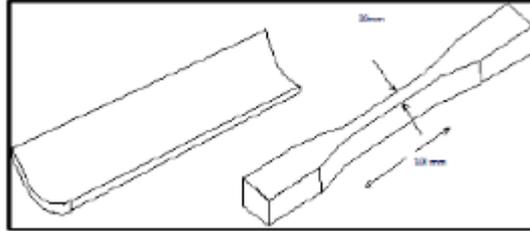
1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 19.5 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 15.5 \text{ mm}$$



2.- CALCULOS

esfuerzo del ensayo a tension:

$$A := b \cdot t = 302.25 \text{ mm}^2$$

$$F_{ult} := 16.90 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 570.164 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 285.082 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 11.8 \text{ gm}$$

$$ph2 := 9.9 \text{ gm}$$

$$ph3 := 10.6 \text{ gm}$$

$$ph4 := 9.3 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 8.7 \text{ gm}$$

$$ps2 := 7.2 \text{ gm}$$

$$ps3 := 7.8 \text{ gm}$$

$$ps4 := 6.8 \text{ gm}$$

4.- promedio de pesos

$$m := \frac{ph1 + ph2 + ph3 + ph4}{4} = 10.4 \text{ gm}$$

$$m_o := \frac{ps1 + ps2 + ps3 + ps4}{4} = 7.625 \text{ gm}$$

5.- contenido de humedad

$$CH := \frac{m - m_o}{m_o} \cdot 100$$

$$CH = 36.393 \%$$

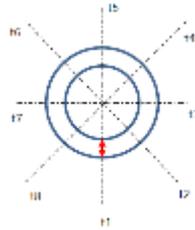
ESFUERZOS A COMPRESION

MG-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

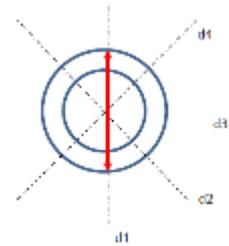
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.20 \text{ cm}$
- $t2 := 1.15 \text{ cm}$
- $t3 := 1.20 \text{ cm}$
- $t4 := 1.25 \text{ cm}$
- $t5 := 1.25 \text{ cm}$
- $t6 := 1.15 \text{ cm}$
- $t7 := 1.10 \text{ cm}$
- $t8 := 1.10 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 12.90 \text{ cm}$
- $d2 := 12.40 \text{ cm}$
- $d3 := 12.00 \text{ cm}$
- $d4 := 12.50 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.175 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 6.225 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 41.62 \text{ cm}^2$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.45 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.05 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 249.4 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 611.043 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 305.521 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

- $ph1 := 4.5 \text{ gm}$
- $ph2 := 4.8 \text{ gm}$
- $ph3 := 4.4 \text{ gm}$
- $ph4 := 4.3 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 3.4 \text{ gm}$
- $ps2 := 3.7 \text{ gm}$
- $ps3 := 3.3 \text{ gm}$
- $ps4 := 3.3 \text{ gm}$

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD UNITARIO:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 32.353$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 29.73$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 33.333$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 30.303$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 31.43 \%$$

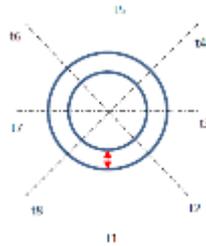
ESFUERZOS A COMPRESION

MG-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

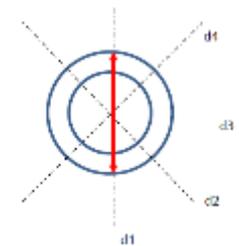
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.09 \text{ cm}$
- $t2 := 1.10 \text{ cm}$
- $t3 := 1.20 \text{ cm}$
- $t4 := 1.15 \text{ cm}$
- $t5 := 1.25 \text{ cm}$
- $t6 := 1.25 \text{ cm}$
- $t7 := 1.20 \text{ cm}$
- $t8 := 1.25 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 12.00 \text{ cm}$
- $d2 := 12.45 \text{ cm}$
- $d3 := 12.85 \text{ cm}$
- $d4 := 12.45 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.186 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 6.219 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 41.93 \text{ cm}^2$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.438 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.033 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 249.2 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 606.039 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 303.019 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 4.9 \text{ gm}$
- $ph2 := 5.0 \text{ gm}$
- $ph3 := 5.3 \text{ gm}$
- $ph4 := 5.1 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 3.6 \text{ gm}$
- $ps2 := 3.8 \text{ gm}$
- $ps3 := 3.9 \text{ gm}$
- $ps4 := 3.8 \text{ gm}$

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD UNITARIO:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 36.111$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 31.579$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 35.897$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 34.211$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 34.45 \%$$

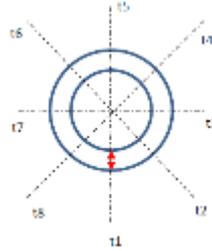
ESFUERZOS A COMPRESION

MG-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

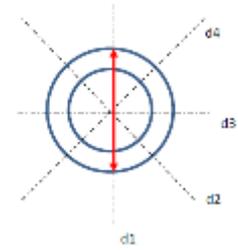
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.10 \text{ cm}$
- $t2 := 1.20 \text{ cm}$
- $t3 := 1.25 \text{ cm}$
- $t4 := 1.20 \text{ cm}$
- $t5 := 1.25 \text{ cm}$
- $t6 := 1.15 \text{ cm}$
- $t7 := 1.15 \text{ cm}$
- $t8 := 1.10 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 12.10 \text{ cm}$
- $d2 := 12.60 \text{ cm}$
- $d3 := 12.90 \text{ cm}$
- $d4 := 12.25 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.175 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 6.231 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 41.666 \text{ cm}^2$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 282.667 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.463 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.056 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 231 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 565.335 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.8	4.00	1.8
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

- $ph1 := 4.1 \text{ gm}$
- $ph2 := 3.8 \text{ gm}$
- $ph3 := 4.2 \text{ gm}$
- $ph4 := 4.1 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 3.1 \text{ gm}$
- $ps2 := 2.9 \text{ gm}$
- $ps3 := 3.3 \text{ gm}$
- $ps4 := 3.2 \text{ gm}$

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD UNITARIO:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 32.258$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 31.034$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 27.273$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 28.125$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 29.673 \%$$

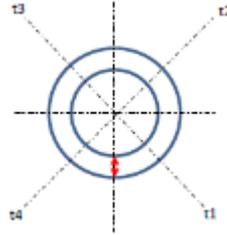
ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS

MCG-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned} t1 &:= 1.20 \text{ cm} \\ t2 &:= 1.00 \text{ cm} \\ t3 &:= 1.00 \text{ cm} \\ t4 &:= 1.20 \text{ cm} \end{aligned}$$



1.2.- ALTURAS

$$\begin{aligned} L1 &:= 11.90 \text{ cm} \\ L2 &:= 11.90 \text{ cm} \\ L3 &:= 12.00 \text{ cm} \\ L4 &:= 12.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 52.58 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 37.4 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 72.532 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 18.133 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 5.80 \text{ gm}$$

$$ph2 := 5.10 \text{ gm}$$

$$ph3 := 5.80 \text{ gm}$$

$$ph4 := 5.90 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 4.3 \text{ gm}$$

$$ps2 := 3.7 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.2 \text{ gm}$$

$$ps4 := 4.3 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 34.884$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 38.095$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 37.838$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 37.209$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 37.007 \%$$

ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS

MCG-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned}t1 &:= 1.20 \text{ cm} \\t2 &:= 1.25 \text{ cm} \\t3 &:= 1.30 \text{ cm} \\t4 &:= 1.10 \text{ cm}\end{aligned}$$



1.2.- ALTURAS

$$\begin{aligned}L1 &:= 12.50 \text{ cm} \\L2 &:= 11.90 \text{ cm} \\L3 &:= 12.00 \text{ cm} \\L4 &:= 12.50 \text{ cm}\end{aligned}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 59.225 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 51 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 87.81 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 21.953 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$\begin{aligned}ph1 &:= 5.90 \text{ gm} \\ph2 &:= 6.60 \text{ gm} \\ph3 &:= 6.90 \text{ gm} \\ph4 &:= 6.40 \text{ gm}\end{aligned}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$\begin{aligned}ps1 &:= 4.6 \text{ gm} \\ps2 &:= 4.9 \text{ gm} \\ps3 &:= 5.4 \text{ gm} \\ps4 &:= 5.0 \text{ gm}\end{aligned}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 28.261$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 34.694$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 27.778$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 28$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 29.683 \%$$

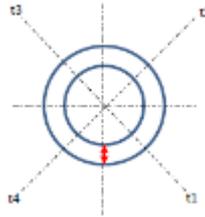
ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS

MCG-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned} t1 &:= 1.30 \text{ cm} \\ t2 &:= 1.15 \text{ cm} \\ t3 &:= 1.35 \text{ cm} \\ t4 &:= 1.25 \text{ cm} \end{aligned}$$



1.2.- ALTURAS

$$\begin{aligned} L1 &:= 11.90 \text{ cm} \\ L2 &:= 11.60 \text{ cm} \\ L3 &:= 11.90 \text{ cm} \\ L4 &:= 12.10 \text{ cm} \end{aligned}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 60 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 40.7 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 69.171 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 17.293 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$\begin{aligned} ph1 &:= 6.50 \text{ gm} \\ ph2 &:= 6.10 \text{ gm} \\ ph3 &:= 6.70 \text{ gm} \\ ph4 &:= 6.50 \text{ gm} \end{aligned}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$\begin{aligned} ps1 &:= 5.0 \text{ gm} \\ ps2 &:= 4.7 \text{ gm} \\ ps3 &:= 5.2 \text{ gm} \\ ps4 &:= 5.0 \text{ gm} \end{aligned}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 30$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 29.787$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 28.846$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 30$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 29.658 \%$$

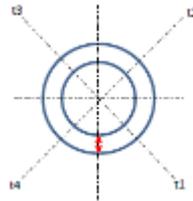
ESFUERZOS A CORTE DENDROCALAMUS

MCG-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned}t1 &:= 1.30 \text{ cm} \\t2 &:= 1.20 \text{ cm} \\t3 &:= 1.25 \text{ cm} \\t4 &:= 1.40 \text{ cm}\end{aligned}$$



1.2.- ALTURAS

$$\begin{aligned}L1 &:= 12.00 \text{ cm} \\L2 &:= 11.70 \text{ cm} \\L3 &:= 12.00 \text{ cm} \\L4 &:= 11.85 \text{ cm}\end{aligned}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 61.23 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 46 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 76.608 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 19.152 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$\begin{aligned}ph1 &:= 5.20 \text{ gm} \\ph2 &:= 4.90 \text{ gm} \\ph3 &:= 4.80 \text{ gm} \\ph4 &:= 5.20 \text{ gm}\end{aligned}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$\begin{aligned}ps1 &:= 3.90 \text{ gm} \\ps2 &:= 3.70 \text{ gm} \\ps3 &:= 3.70 \text{ gm} \\ps4 &:= 3.90 \text{ gm}\end{aligned}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 33.333$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 32.432$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 29.73$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 33.333$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 32.207 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

TDS-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 230 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 16.70 \text{ kN}$$

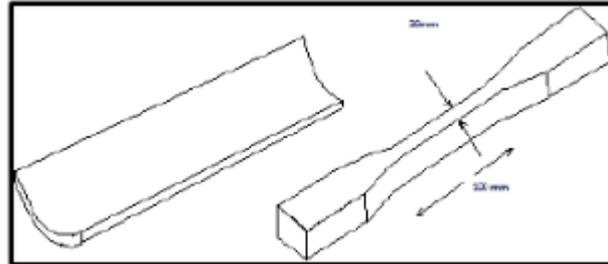
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 370.201 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 740.403 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 4.4 \text{ gm}$$

$$ph2 := 3.4 \text{ gm}$$

$$ph3 := 3.5 \text{ gm}$$

$$ph4 := 3.6 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.5 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.7 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.0 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.0 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25.714$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.926$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 16.667$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 20$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 22.077 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

TDS-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

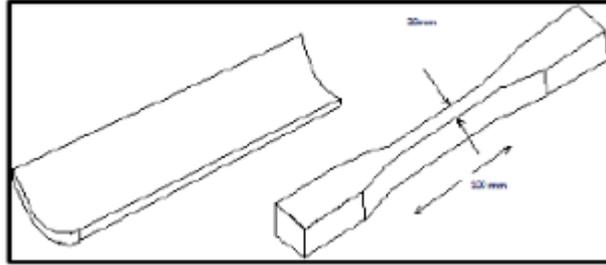
$$b := 22 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 12 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 264 \text{ mm}^2$$



esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 25.14 \text{ kN}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 485.524 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 971.048 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.8 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.8 \text{ gm}$$

$$ph3 := 4.5 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.2 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.9 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.0 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.7 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.5 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 23.077$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 20$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 21.622$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 20$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 21.175 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

TDS-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 22 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 253 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 16.81 \text{ kN}$$

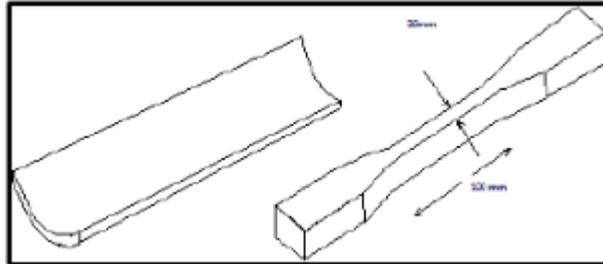
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 338.763 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 677.527 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.7 \text{ gm}$$

$$ph2 := 5.2 \text{ gm}$$

$$ph3 := 4.9 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.4 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 4.0 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.4 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.0 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.8 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 17.5$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 18.182$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 22.5$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 15.789$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 18.493 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA DENDROCALAMUS

TDS-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

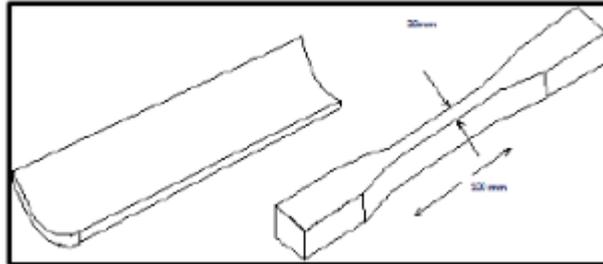
$$b := 23.5 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 12.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 293.75 \text{ mm}^2$$



esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 18.45 \text{ kN}$$

calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 320.234 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 640.469 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 5.3 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.9 \text{ gm}$$

$$ph3 := 5.3 \text{ gm}$$

$$ph4 := 5.6 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 4.4 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.3 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.3 \text{ gm}$$

$$ps4 := 4.7 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 20.455$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 13.953$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 23.256$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 19.149$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 19.203 \%$$

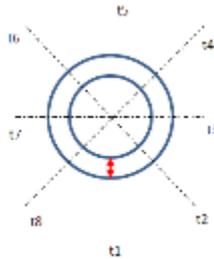
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

GC-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

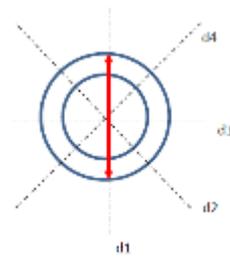
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.10 \text{ cm}$
- $t2 := 1.10 \text{ cm}$
- $t3 := 1.00 \text{ cm}$
- $t4 := 1.10 \text{ cm}$
- $t5 := 1.05 \text{ cm}$
- $t6 := 1.20 \text{ cm}$
- $t7 := 1.00 \text{ cm}$
- $t8 := 1.10 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 12.90 \text{ cm}$
- $d2 := 12.40 \text{ cm}$
- $d3 := 11.60 \text{ cm}$
- $d4 := 12.10 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.081 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 6.125 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 37.939 \text{ cm}^2$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.25 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.044 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 78.3 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 210.456 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 105.228 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 3.4 \text{ gm}$
- $ph2 := 3.4 \text{ gm}$
- $ph3 := 3.1 \text{ gm}$
- $ph4 := 3.1 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 2.71 \text{ gm}$
- $ps2 := 2.7 \text{ gm}$
- $ps3 := 2.4 \text{ gm}$
- $ps4 := 2.4 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25.461$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.926$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 29.167$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 29.167$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 27.43 \%$$

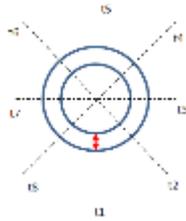
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

GC-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

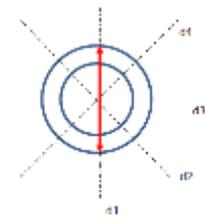
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 0.95 \text{ cm}$
- $t2 := 0.95 \text{ cm}$
- $t3 := 0.95 \text{ cm}$
- $t4 := 0.95 \text{ cm}$
- $t5 := 0.90 \text{ cm}$
- $t6 := 1.00 \text{ cm}$
- $t7 := 1.00 \text{ cm}$
- $t8 := 0.90 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 11.90 \text{ cm}$
- $d2 := 11.70 \text{ cm}$
- $d3 := 11.40 \text{ cm}$
- $d4 := 11.75 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 0.95 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.844 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 32.046 \text{ cm}^2$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 201.104 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 11.688 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 4.894 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 126.4 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 402.207 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 3.5 \text{ gm}$$

$$ph2 := 3.7 \text{ gm}$$

$$ph3 := 3.8 \text{ gm}$$

$$ph4 := 3.4 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 2.8 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.9 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.0 \text{ gm}$$

$$ps4 := 2.7 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 27.586$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 26.667$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 25.926$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 26.295 \%$$

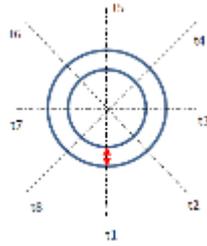
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

GC-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

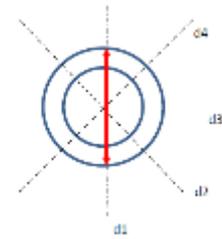
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.00 \text{ cm}$
- $t2 := 1.00 \text{ cm}$
- $t3 := 0.90 \text{ cm}$
- $t4 := 0.90 \text{ cm}$
- $t5 := 0.90 \text{ cm}$
- $t6 := 0.90 \text{ cm}$
- $t7 := 0.90 \text{ cm}$
- $t8 := 1.00 \text{ cm}$



1.1.- DIAMETROS

- $d1 := 12.00 \text{ cm}$
- $d2 := 12.10 \text{ cm}$
- $d3 := 11.90 \text{ cm}$
- $d4 := 11.70 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 0.938 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 5.963 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 32.361 \text{ cm}^2$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 11.925 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.025 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 121.2 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 381.911 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 190.955 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 3.0 \text{ gm}$
- $ph2 := 3.4 \text{ gm}$
- $ph3 := 3.4 \text{ gm}$
- $ph4 := 3.2 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 2.4 \text{ gm}$
- $ps2 := 2.7 \text{ gm}$
- $ps3 := 2.7 \text{ gm}$
- $ps4 := 2.5 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.926$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 25.926$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 28$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 26.213 \%$$

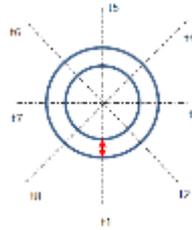
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

GC-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

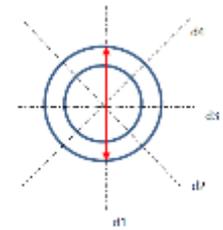
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.00 \text{ cm}$
- $t2 := 1.00 \text{ cm}$
- $t3 := 0.95 \text{ cm}$
- $t4 := 1.00 \text{ cm}$
- $t5 := 1.00 \text{ cm}$
- $t6 := 1.00 \text{ cm}$
- $t7 := 1.00 \text{ cm}$
- $t8 := 1.00 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 11.80 \text{ cm}$
- $d2 := 11.90 \text{ cm}$
- $d3 := 12.40 \text{ cm}$
- $d4 := 12.10 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 0.994 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 6.025 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 34.517 \text{ cm}^2$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 189.071 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.05 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.031 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 128 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 378.142 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 3.0 \text{ gm}$
- $ph2 := 3.5 \text{ gm}$
- $ph3 := 3.2 \text{ gm}$
- $ph4 := 3.4 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 2.4 \text{ gm}$
- $ps2 := 2.9 \text{ gm}$
- $ps3 := 2.6 \text{ gm}$
- $ps4 := 2.7 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 20.69$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 23.077$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 25.926$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 23.673 \%$$

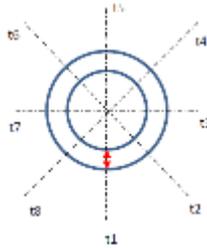
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

GC-05

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

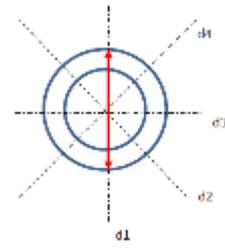
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 1.00 \text{ cm}$
- $t2 := 1.05 \text{ cm}$
- $t3 := 1.00 \text{ cm}$
- $t4 := 1.00 \text{ cm}$
- $t5 := 1.05 \text{ cm}$
- $t6 := 1.10 \text{ cm}$
- $t7 := 1.10 \text{ cm}$
- $t8 := 1.00 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 12.20 \text{ cm}$
- $d2 := 12.70 \text{ cm}$
- $d3 := 12.80 \text{ cm}$
- $d4 := 13.70 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 1.038 \text{ cm}$$

$$r_e := \frac{D}{2} = 6.425 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot r_e^2 - \pi \cdot r_i^2 = 38.502 \text{ cm}^2$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 157.983 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 12.85 \text{ cm}$$

$$r_i := \frac{(D - 2T)}{2} = 5.388 \text{ cm}$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 119.3 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 315.966 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

- $ph1 := 3.3 \text{ gm}$
- $ph2 := 3.4 \text{ gm}$
- $ph3 := 3.7 \text{ gm}$
- $ph4 := 4.2 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 2.6 \text{ gm}$
- $ps2 := 2.7 \text{ gm}$
- $ps3 := 2.9 \text{ gm}$
- $ps4 := 3.4 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 26.923$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.926$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 27.586$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 23.529$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.991 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

CCG-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

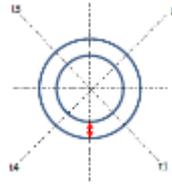
1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.00 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 11.97 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.00 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.01 \text{ cm}$$

$$L4 := 11.99 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 47.97 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 23.5 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 49.955 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 12.489 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.54 \text{ gm}$$

$$ph2 := 3.44 \text{ gm}$$

$$ph3 := 3.80 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.37 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.7 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.8 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.0 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.5 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 22.703$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 26.667$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 22.857$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 24.857$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.271 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

CCG-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

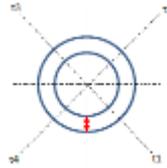
1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.00 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 12.97 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.90 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.95 \text{ cm}$$

$$L4 := 12.99 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 51.81 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 27.7 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 54.519 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 13.63 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.35 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.50 \text{ gm}$$

$$ph3 := 4.47 \text{ gm}$$

$$ph4 := 5.04 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.51 \text{ gm}$$

$$ps2 := 3.72 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.55 \text{ gm}$$

$$ps4 := 4.02 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 23.932$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 20.968$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 25.915$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 25.373$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.047 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

CCG-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.20 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.10 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 13.00 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.90 \text{ cm}$$

$$L3 := 13.00 \text{ cm}$$

$$L4 := 13.20 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 56.02 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$Fult := 27.4 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{Fult}{P} = 49.875 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 12.469 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.30 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.19 \text{ gm}$$

$$ph3 := 4.64 \text{ gm}$$

$$ph4 := 5.53 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.48 \text{ gm}$$

$$ps2 := 3.37 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.72 \text{ gm}$$

$$ps4 := 4.42 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 23.563$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 24.332$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 24.731$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 25.113$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.435 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

CCG-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ESPESORES

$$t1 := 1.00 \text{ cm}$$

$$t2 := 1.05 \text{ cm}$$

$$t3 := 1.20 \text{ cm}$$

$$t4 := 1.10 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 13.30 \text{ cm}$$

$$L2 := 12.40 \text{ cm}$$

$$L3 := 12.10 \text{ cm}$$

$$L4 := 12.60 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 54.7 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 20.6 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 38.402 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 9.601 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 4.97 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.00 \text{ gm}$$

$$ph3 := 3.76 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.10 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.92 \text{ gm}$$

$$ps2 := 3.18 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.02 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.24 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 26.786$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.786$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 24.503$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 26.543$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.905 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

TGH-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 220 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 17.03 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 789.353 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

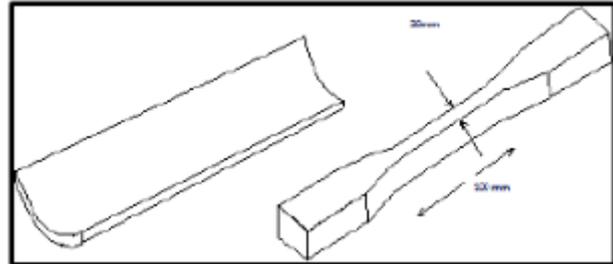
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 394.677 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 4.2 \text{ gm}$$

$$ph2 := 3.3 \text{ gm}$$

$$ph3 := 5.2 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.3 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.4 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.6 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.1 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.4 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 23.529$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 26.923$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 26.829$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 26.471$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.938 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

TGH-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11.2 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 224 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 12.31 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 560.389 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

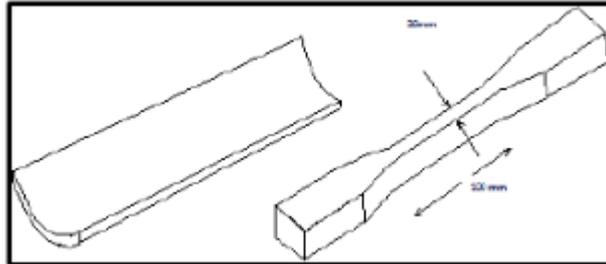
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 280.194 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 5.39 \text{ gm}$$

$$ph2 := 5.25 \text{ gm}$$

$$ph3 := 5.32 \text{ gm}$$

$$ph4 := 4.62 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 4.37 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.23 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.24 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.7 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 23.341$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 24.113$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 25.472$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 24.865$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.448 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

TGH-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 21 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11.1 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 233.1 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 12.75 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 557.76 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

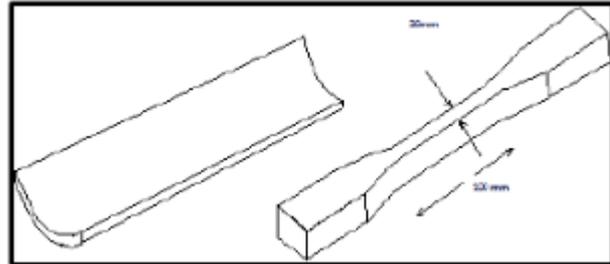
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 278.88 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 4.4 \text{ gm}$$

$$ph2 := 4.9 \text{ gm}$$

$$ph3 := 4.6 \text{ gm}$$

$$ph4 := 5.1 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.5 \text{ gm}$$

$$ps2 := 3.9 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.7 \text{ gm}$$

$$ps4 := 4.0 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25.714$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25.641$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 24.324$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 27.5$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.795 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

TGH-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 20 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 11.4 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 228 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 16.60 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 742.425 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

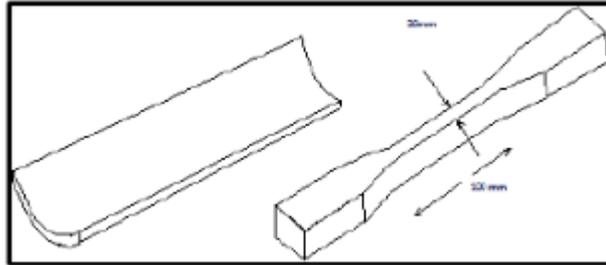
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 371.212 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 5.03 \text{ gm}$$

$$ph2 := 5.36 \text{ gm}$$

$$ph3 := 5.73 \text{ gm}$$

$$ph4 := 3.88 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 3.97 \text{ gm}$$

$$ps2 := 4.34 \text{ gm}$$

$$ps3 := 4.51 \text{ gm}$$

$$ps4 := 3.06 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 26.7$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 23.502$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 27.051$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 26.797$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 26.013 \%$$

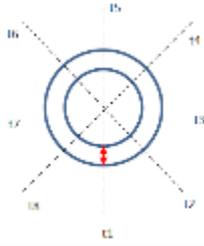
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

CGS-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

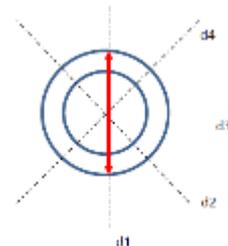
1.1.- ESPESORES

$$\begin{aligned} t1 &:= 0.70 \text{ cm} \\ t2 &:= 0.65 \text{ cm} \\ t3 &:= 0.70 \text{ cm} \\ t4 &:= 0.70 \text{ cm} \\ t5 &:= 0.70 \text{ cm} \\ t6 &:= 0.65 \text{ cm} \\ t7 &:= 0.65 \text{ cm} \\ t8 &:= 0.60 \text{ cm} \end{aligned}$$



1.2.- DIAMETROS

$$\begin{aligned} d1 &:= 9.40 \text{ cm} \\ d2 &:= 9.50 \text{ cm} \\ d3 &:= 9.15 \text{ cm} \\ d4 &:= 9.30 \text{ cm} \end{aligned}$$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 0.669 \text{ cm}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 9.338 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 4.669 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 4 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 18.213 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 51.6 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 288.908 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 144.454 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$\begin{aligned} ph1 &:= 2.5 \text{ gm} \\ ph2 &:= 2.9 \text{ gm} \\ ph3 &:= 2.9 \text{ gm} \\ ph4 &:= 2.7 \text{ gm} \end{aligned}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$\begin{aligned} ps1 &:= 2.0 \text{ gm} \\ ps2 &:= 2.3 \text{ gm} \\ ps3 &:= 2.3 \text{ gm} \\ ps4 &:= 2.3 \text{ gm} \end{aligned}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 26.087$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 26.087$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 17.391$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 23.641 \%$$

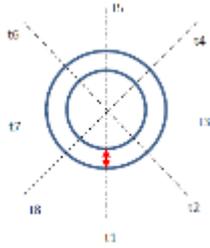
ESFUERZOS A COMPRESION GUADUA

CGS-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

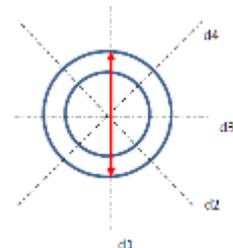
1.1.- ESPESORES

- $t1 := 0.60 \text{ cm}$
- $t2 := 0.65 \text{ cm}$
- $t3 := 0.70 \text{ cm}$
- $t4 := 0.70 \text{ cm}$
- $t5 := 0.70 \text{ cm}$
- $t6 := 0.70 \text{ cm}$
- $t7 := 0.70 \text{ cm}$
- $t8 := 0.65 \text{ cm}$



1.2.- DIAMETROS

- $d1 := 9.65 \text{ cm}$
- $d2 := 9.65 \text{ cm}$
- $d3 := 9.60 \text{ cm}$
- $d4 := 9.50 \text{ cm}$



2.- CALCULOS

$$T := \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 + t8}{8}$$

$$T = 0.675 \text{ cm}$$

$$re := \frac{D}{2} = 4.8 \text{ cm}$$

$$A := \pi \cdot re^2 - \pi \cdot ri^2 = 18.926 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a compresion:

$$P := 96.58 \text{ kN}$$

calculo del esfuerzo admisible a compresion:

$$FS := 1.6 \quad FDC := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDC} = 0.5$$

$$\sigma_c := \phi \cdot \sigma = 260.18 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$D := \frac{d1 + d2 + d3 + d4}{4}$$

$$D = 9.6 \text{ cm}$$

$$ri := \frac{(D - 2T)}{2} = 4.125 \text{ cm}$$

$$\sigma := \frac{P}{A} = 520.361 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

- $ph1 := 2.2 \text{ gm}$
- $ph2 := 1.9 \text{ gm}$
- $ph3 := 2.3 \text{ gm}$
- $ph4 := 2.3 \text{ gm}$

3.2.- pesos muestra seca:

- $ps1 := 1.7 \text{ gm}$
- $ps2 := 1.6 \text{ gm}$
- $ps3 := 1.8 \text{ gm}$
- $ps4 := 1.8 \text{ gm}$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 29.412$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 18.75$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 27.778$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 27.778$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.929 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

GCS-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

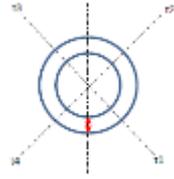
1.1.- ESPESORES

$$t1 := 0.65 \text{ cm}$$

$$t2 := 0.75 \text{ cm}$$

$$t3 := 0.65 \text{ cm}$$

$$t4 := 0.65 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 9.25 \text{ cm}$$

$$L2 := 9.25 \text{ cm}$$

$$L3 := 9.15 \text{ cm}$$

$$L4 := 9.15 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 24.845 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 19.05 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 78.187 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 19.547 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 3.6 \text{ gm}$$

$$ph2 := 3.0 \text{ gm}$$

$$ph3 := 3.8 \text{ gm}$$

$$ph4 := 2.9 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 2.9 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.4 \text{ gm}$$

$$ps3 := 3.0 \text{ gm}$$

$$ps4 := 2.4 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 24.138$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 26.667$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 20.833$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.159 \%$$

ESFUERZOS A CORTE GUADUA

GCS-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

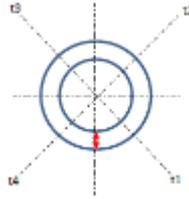
1.1.- ESPESORES

$$t1 := 0.65 \text{ cm}$$

$$t2 := 0.65 \text{ cm}$$

$$t3 := 0.65 \text{ cm}$$

$$t4 := 0.65 \text{ cm}$$



1.2.- ALTURAS

$$L1 := 9.50 \text{ cm}$$

$$L2 := 9.60 \text{ cm}$$

$$L3 := 9.75 \text{ cm}$$

$$L4 := 9.55 \text{ cm}$$

2.- CALCULOS DE ESFUERZO A CORTE

$$P := (t1 \cdot L1) + (t2 \cdot L2) + (t3 \cdot L3) + (t4 \cdot L4) = 24.96 \text{ cm}^2$$

esfuerzo del ensayo a corte:

$$F_{ult} := 13.50 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{P} = 55.153 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a corte:

$$FS := 4$$

$$\phi := \frac{1}{FS} = 0.25$$

$$\sigma_{cc} := \phi \cdot \sigma = 13.788 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 2.8 \text{ gm}$$

$$ph2 := 2.7 \text{ gm}$$

$$ph3 := 2.7 \text{ gm}$$

$$ph4 := 2.6 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 2.3 \text{ gm}$$

$$ps2 := 2.1 \text{ gm}$$

$$ps3 := 2.1 \text{ gm}$$

$$ps4 := 2.0 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 21.739$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 30$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 27.22 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

GT-01

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 10 \text{ mm}$$

1.2.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 5.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 55 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 6.94 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 1286.696 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

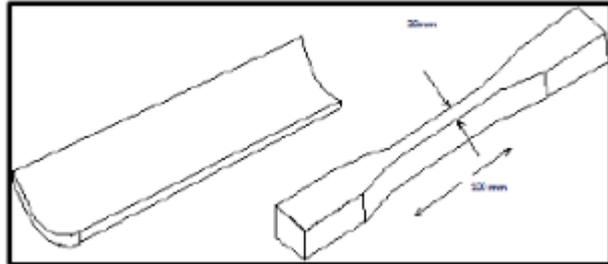
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 643.348 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ph2 := 0.8 \text{ gm}$$

$$ph3 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ph4 := 0.9 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 0.8 \text{ gm}$$

$$ps2 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps3 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps4 := 0.6 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 12.5$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 14.286$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 50$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 26.339 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

GT-02

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 10 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 6.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 65 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 6.32 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = 991.478 \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

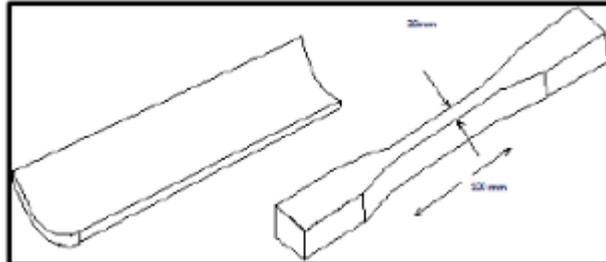
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 495.739 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 1.0 \text{ gm}$$

$$ph2 := 1.1 \text{ gm}$$

$$ph3 := 1.0 \text{ gm}$$

$$ph4 := 0.9 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 0.8 \text{ gm}$$

$$ps2 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ps3 := 0.8 \text{ gm}$$

$$ps4 := 0.7 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 25$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 22.222$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 25$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 28.571$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 25.198 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

GT-03

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

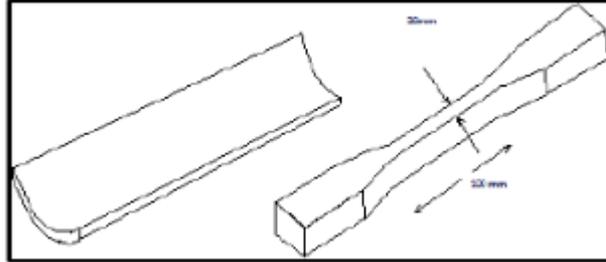
$$b := 10 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 5.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 55 \text{ mm}^2$$



esfuerzo del ensayo a tensión:

$$F_{ult} := 8.81 \text{ kN}$$

esfuerzo a tensión:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = (1.633 \cdot 10^3) \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tensión:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 816.7 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 1.2 \text{ gm}$$

$$ph2 := 1.0 \text{ gm}$$

$$ph3 := 1.0 \text{ gm}$$

$$ph4 := 1.0 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ps2 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps3 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ps4 := 0.9 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 33.333$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 11.111$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 42.857$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 11.111$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 24.603 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

GT-04

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

$$b := 10 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 5.5 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 55 \text{ mm}^2$$

esfuerzo del ensayo a tension:

$$F_{ult} := 7.94 \text{ kN}$$

esfuerzo a tension:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = (1.472 \cdot 10^3) \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

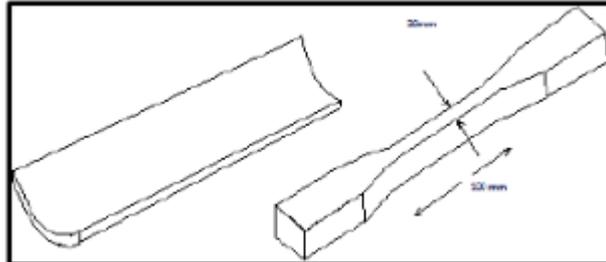
calculo del esfuerzo admisible a tension:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 736.05 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra humeda:

$$ph1 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ph2 := 1.0 \text{ gm}$$

$$ph3 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ph4 := 0.8 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps2 := 0.8 \text{ gm}$$

$$ps3 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps4 := 0.6 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 25$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 33.333$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 28.869 \%$$

ESFUERZOS A TENSION PARALELA A LA FIBRA

GT-05

1.- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

1.1.- ANCHO DE LA PROBETA

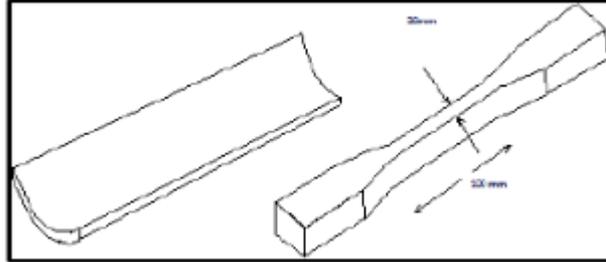
$$b := 10 \text{ mm}$$

1.1.- ESPESOR DE LA PROBETA

$$t := 6 \text{ mm}$$

2.- CALCULOS

$$A := b \cdot t = 60 \text{ mm}^2$$



esfuerzo del ensayo a tensión:

$$F_{ult} := 7.78 \text{ kN}$$

esfuerzo a tensión:

$$\sigma := \frac{F_{ult}}{A} = (1.322 \cdot 10^3) \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \text{kgf}$$

calculo del esfuerzo admisible a tensión:

$$FS := 1.6$$

$$FDS := 1.25$$

$$\phi := \frac{1}{FS \cdot FDS} = 0.5$$

$$\sigma_t := \phi \cdot \sigma = 661.116 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Tracción paralela
FC	0.8	-	-	-
FT	0.9	-	-	-
FS	2.00	1.6	4.00	1.6
FDS	1.15	1.25	-	1.25

3.-CONTENIDO DE HUMEDAD

3.1.- pesos muestra húmeda:

$$ph1 := 1.1 \text{ gm}$$

$$ph2 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ph3 := 1.1 \text{ gm}$$

$$ph4 := 1.2 \text{ gm}$$

3.2.- pesos muestra seca:

$$ps1 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ps2 := 0.7 \text{ gm}$$

$$ps3 := 0.9 \text{ gm}$$

$$ps4 := 0.9 \text{ gm}$$

4.- contenido de humedad unitario:

$$ch1 := \frac{ph1 - ps1}{ps1} \cdot 100 = 22.222$$

$$ch3 := \frac{ph3 - ps3}{ps3} \cdot 100 = 22.222$$

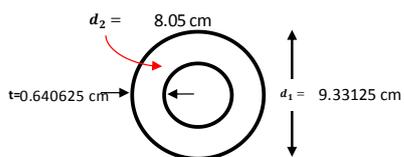
$$ch2 := \frac{ph2 - ps2}{ps2} \cdot 100 = 28.571$$

$$ch4 := \frac{ph4 - ps4}{ps4} \cdot 100 = 33.333$$

5.- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

$$\chi := \frac{ch1 + ch2 + ch3 + ch4}{4} = 26.587 \%$$

DETERMINANDO EL ESFUERZO ADMISIBLE A FLEXIÓN "FG-01"



Área de la sección:

$$A = \frac{\pi \times (d_1)^2}{4} - \frac{\pi \times (d_2)^2}{4}$$

$$A = 17.490602 \text{ cm}^2$$

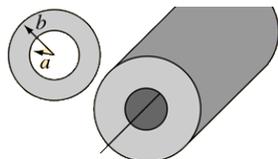
$$A = 0.00174906 \text{ m}^2$$

Momento de Inercia:

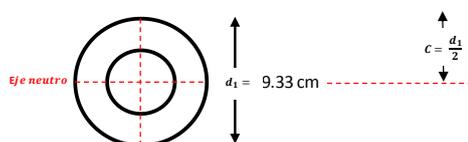
$$I_x = \frac{\pi \times (d_1)^4}{64} - \frac{\pi \times (d_2)^4}{64}$$

$$I_x = 166.02378 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 0.0000166 \text{ m}^4$$



Distancia desde el eje neutro hasta donde se determine el esfuerzo σ



$$c = 4.665 \text{ cm}$$

$$c = 0.047 \text{ m}$$

Hallando el momento flector

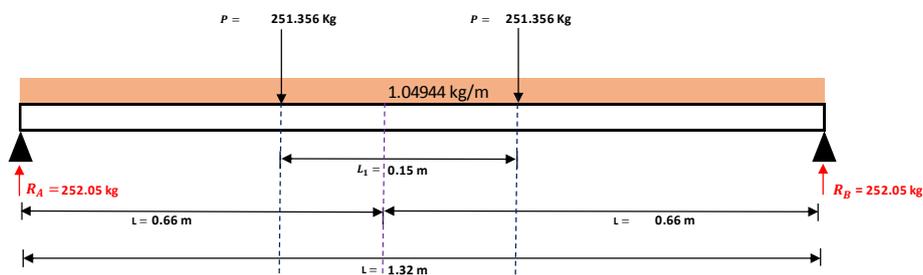
Peso específico de la guadua =

600 kg/m³

Carga de rotura =

4.93 kN

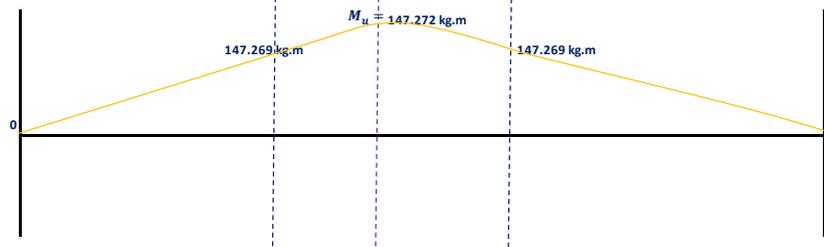
Sea el siguiente diagrama de reacciones:



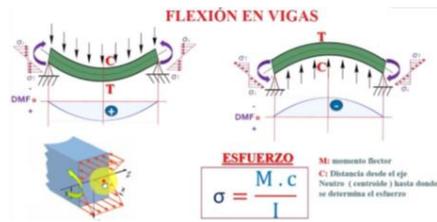
Sea el siguiente diagrama de fuerzas cortantes (DFC):



Sea el siguiente diagrama de momentos flexionantes (DMF):



Hallando el esfuerzo a flexión



$$M = 147.272 \text{ kg.m}$$

$$C = 0.047 \text{ m}$$

$$I = 0.0000166 \text{ m}^4$$

$$\sigma = 4138101.29 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 413.81 \text{ kg/m}^2$$

esfuerzo admisible a flexion

$$\sigma = 129.54 \text{ kg/cm}^2$$

calculo modulo de elasticidad

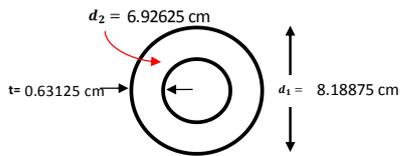
$$\hat{c} = 4.5 \text{ cm}$$

$$L = 132 \text{ cm}$$

$$F = 502.7121 \text{ kg}$$

$$I = 166.0000 \text{ cm}^4$$

$$E = 27469.03261 \text{ kg/cm}^2$$

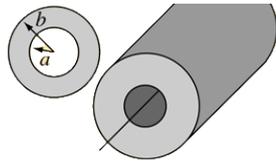


Área de la sección:

$$A = \frac{\pi \times (d_1)^2}{4} - \frac{\pi \times (d_2)^2}{4}$$

$$A = 14.9875077 \text{ cm}^2$$

$$A = 0.001498751 \text{ m}^2$$



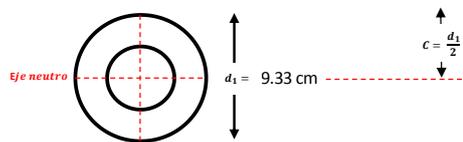
Momento de Inercia:

$$I_x = \frac{\pi \times (d_1)^4}{64} - \frac{\pi \times (d_2)^4}{64}$$

$$I_x = 107.74947 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 0.00000108 \text{ m}^4$$

Distancia desde el eje neutro hasta donde se determine el esfuerzo ©



$$c = \frac{d_1}{2}$$

$$c = 4.665 \text{ cm}$$

$$c = 0.047 \text{ m}$$

Hallando el momento flector

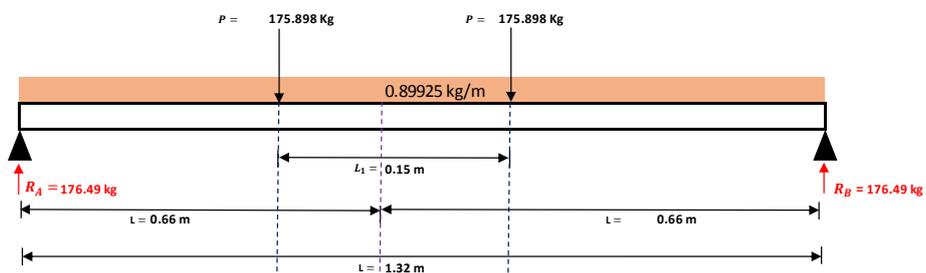
Peso específico de la guadua =

600 kg/m³

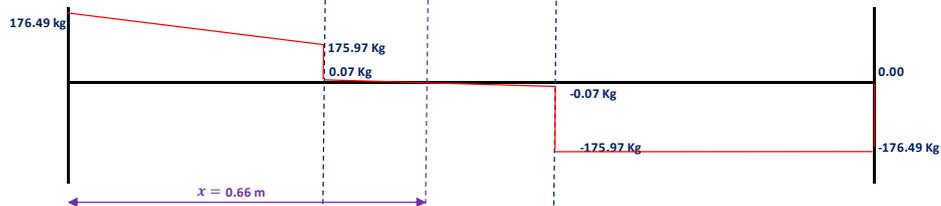
Carga de rotura =

3.45 KN

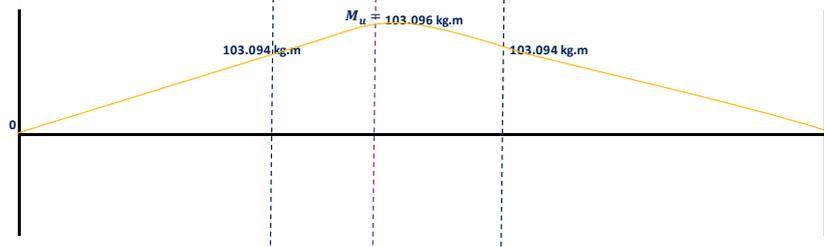
Sea el siguiente diagrama de reacciones:



Sea el siguiente diagrama de fuerzas cortantes (DFC):



Sea el siguiente diagrama de momentos flexionantes (DMF):



Hallando el esfuerzo a flexión



$$M = 103.096 \text{ kg.m}$$

$$C = 0.047 \text{ m}$$

$$I = 0.00000108 \text{ m}^4$$

$$\sigma = 4463543.02 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 446.35 \text{ kg/m}^2$$

esfuerzo admisible a flexion

$$\sigma = 139.73 \text{ kg/cm}^2$$

calculo modulo de elasticidad

$$d = 4.3 \text{ cm}$$

$$L = 132 \text{ cm}$$

$$F = 351.7965 \text{ kg}$$

$$I = 108.0000 \text{ cm}^4$$

$$E = 30920.31655 \text{ kg/cm}^2$$

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO – 2018.”

INFORME TECNICO

HUANCAYO

2018

2018

**“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL
DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE
UNA EDIFICACIÓN DE LA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
SATIPO – 2018.”**

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE
SUELOS**

CAPACIDAD PORTANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

KLAFER SAC





ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA:

1.1. GENERALIDADES.

1.2. OBJETIVO.

1.3. UBICACIÓN.

1.4. GEOLOGÍA.

2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA:

2.1. TRABAJOS DE CAMPO.

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.

2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION.

3. CALCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.

4. CONCLUSIONES:

5. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN:

6. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA:

7. ANEXOS:

7.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

7.2. CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

7.3. PANEL FOTOGRÁFICO.



ESTUDIO DE CAPACIDAD PORTANTE

NORMA ASTM D 3080

PROYECTO:

“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO – 2018.”

1. MEMORIA DESCRIPTIVA:

1.1. GENERALIDADES:

El Estudio de Capacidad portante del proyecto: “ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO – 2018.”

Es parte del presente estudio.

1.2. OBJETIVO:

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes y sus propiedades de resistencia.

1.3. UBICACIÓN:

El proyecto se encuentra ubicado en:

DISTRITO : SATIPO.
PROVINCIA : SATIPO.
REGION : JUNIN.



KLAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO C.P. 7036 REG. CONSULTOR C 5988
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



GEOLOGÍA:

1.3.1. GEOLOGIA LOCAL:

Aspectos Lito estratigráficos:

El área en estudio está asociada a depósitos aluviales de quebradas

1.3.2. SISMICIDAD

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida del proyecto.

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 2.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et. Al (1984), el cual se basó en Mapas de Isosistas de Sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**KLAFER S.A.C.**
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS


Ing. Civil Marco Peña Dueñ
ASESOR TÉCNICO CIP. REG. REG. CONSULTOR C/1
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



Los parámetros sísmicos a usarse son:

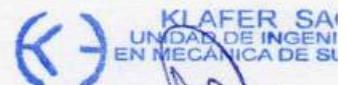
FACTOR DE ZONA	
ZONA	VALOR
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

PARAMETROS DE SUELO			
TIPO	DESCRIPCIÓN	Tp(S)	TL(S)
S0	Roca dura	0.3	3.0
S1	Roca o suelos muy rigidos	0.4	2.5
S2	Suelos intermedios	0.6	2.0
S3	Suelos blandos	1.0	1.6
S4	Condiciones excepcionales		

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
	Z4	0.8	1.00	1.05
Z3	0.8	1.00	1.15	1.20
Z2	0.8	1.00	1.20	1.40
Z1	0.8	1.00	1.60	2.00

- ❖ El parámetro sísmico a usarse es el del factor de zona 2, el cual asume un valor de 0.25
- ❖ El tipo de suelo es S2 cuya descripción es un Suelo intermedio y asume un valor de Tp(S)=0.6, TL(S)=2.0 y S=1.20

Ver Mapas adjuntos



Ing. Civil Marino Peña De
ASESOR TÉCNICO CIP. 7030 REG. CONSULTOR
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

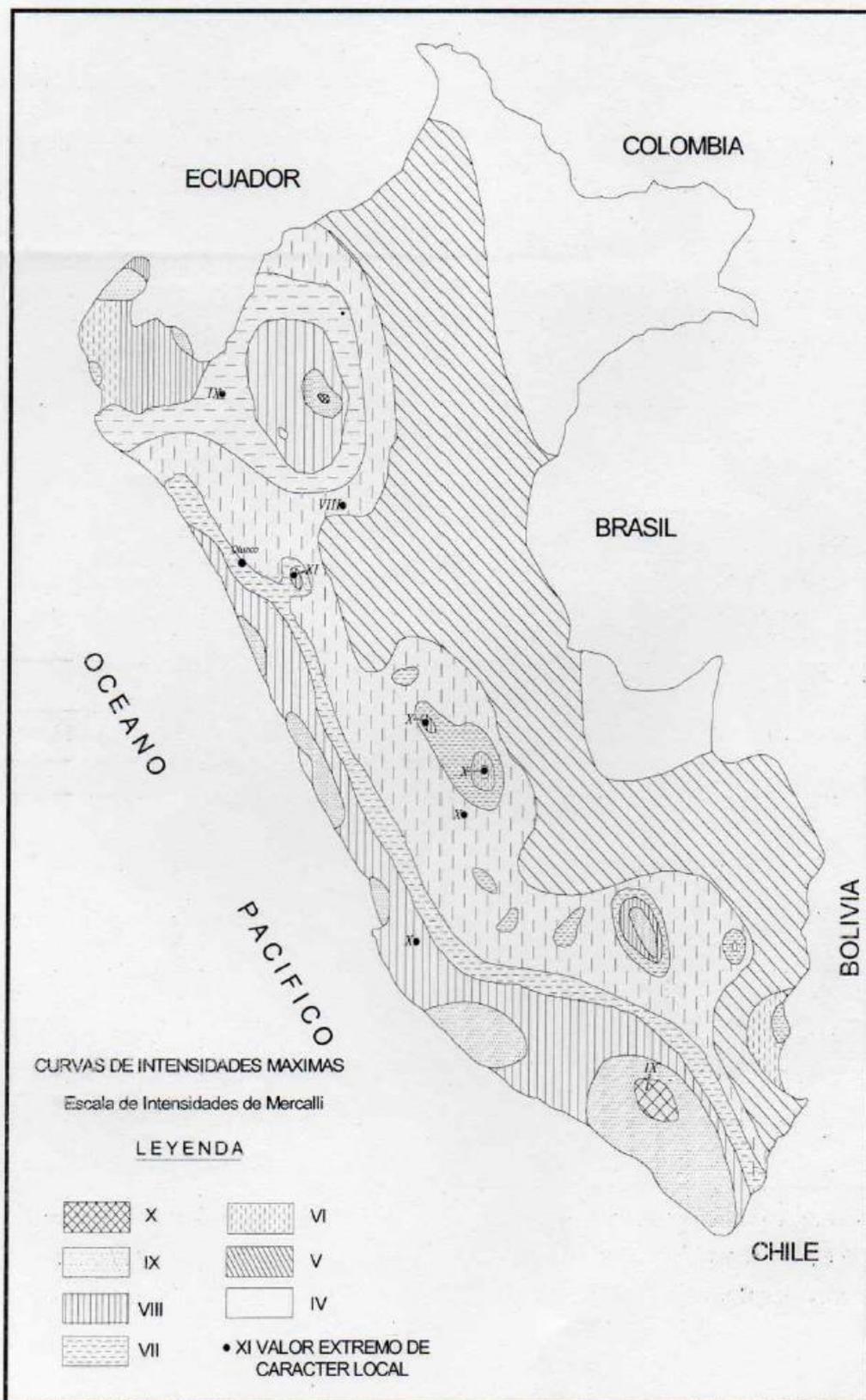


Figura N°3: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas



ZONAS SÍSMICAS

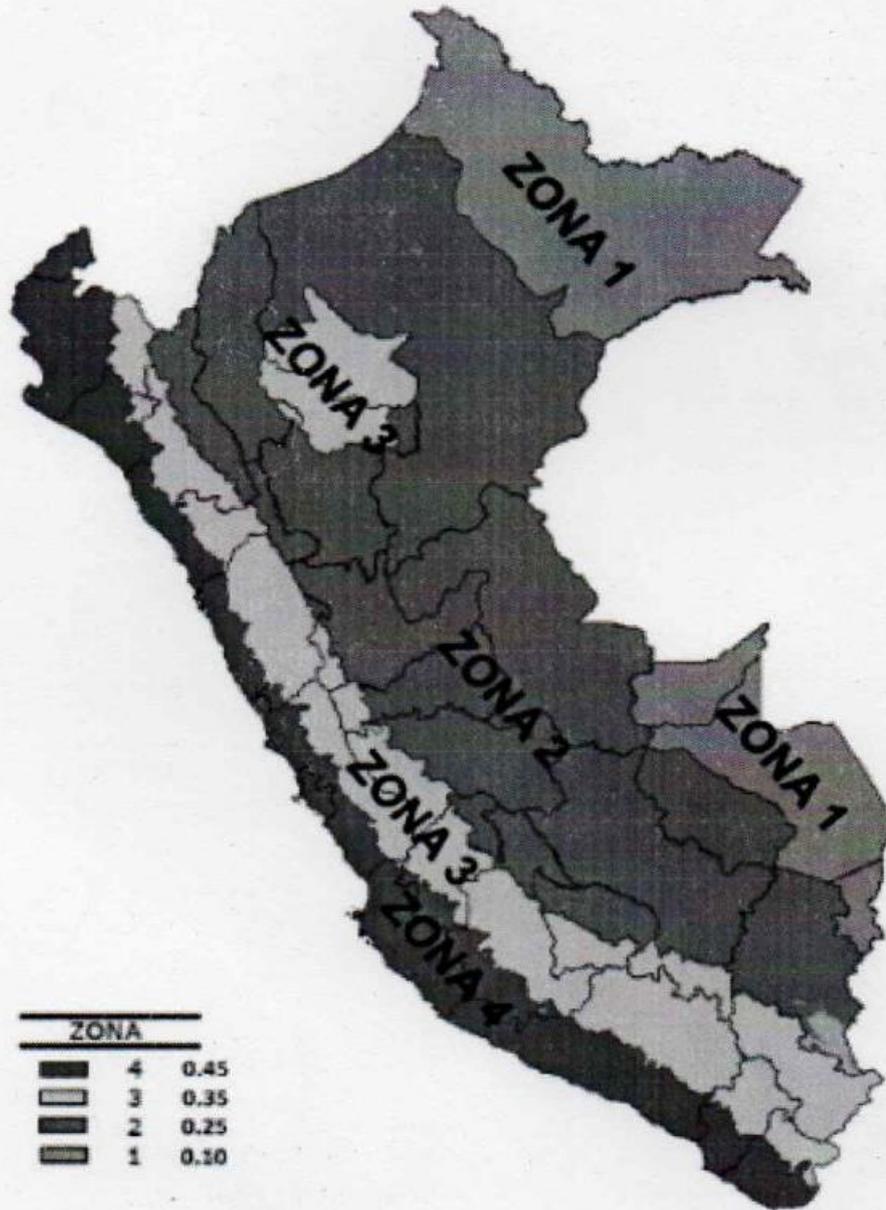


FIGURA N° 1

Figura N°4: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones o Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. (20)



Ing. Civil Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP. 1985 REG. CONSULTOR C 59
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA:

2.1. TRABAJOS DE CAMPO:

EXPLORACIONES

La exploración del subsuelo se realizó mediante 1 excavación a cielo abierto o calicata, ubicada estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio. La profundidad máxima explorada fue de 2.00 m

La excavación y extracción de la muestra estuvo a cargo del solicitante

MUESTREO.

Se extrajeron muestras representativas de los estratos típicos en cantidad suficientes para la realización de los ensayos.

REGISTRO DE EXPLORACIONES

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de cada exploración, anotándose las características del suelo tales como espesor, color, humedad, compacidad, etc.

Las calicatas exploradas, presentan Su Registro de Excavación. Se presenta el resumen del material encontrado en cada calicata explorada.

Se indica las profundidades y se describe el material predominante en la exploración de la calicata.

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO:

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos de la Empresa KLAFER SAC, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

ENSAYOS ESTANDAR

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318

ENSAYOS ESPECIALES

- Corte Directo ASTM D-3080
- Humedad ASTM D-2216

 **KLAFER SAC.**
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 78916 REG. CONSULTOR C 5668
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

2.3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO:

La elaboración del perfil estratigráfico requiere de una clasificación de materiales que se obtiene mediante análisis y ensayos en laboratorio sobre las muestras extraídas en el campo. La interpretación de los resultados obtenidos ha permitido clasificar los suelos, definir los horizontes de material homogéneo. Es así que se tiene:

Ver Anexo: "Perfil Estratigráfico"

2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION:

De acuerdo al trabajo de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Se efectuó 03 ensayos de corte directo por muestra en laboratorio, obteniéndose los siguientes parámetros de resistencia:

CALICATA	COHESION	ϕ
C-1	0.104	15.47

3. CALCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA:

3.1 CAPACIDAD DE CARGA

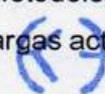
El ingeniero estructural verificará las cargas transmitidas al terreno por unidad de área. En el presente, se ha realizado el análisis estático de la capacidad de carga, en la cual se ha determinado características geométricas asumidas.

Si bien es cierto, la expresión que determina la capacidad admisible, estará afectada por un factor de seguridad de acuerdo a las recomendaciones de diseño empleados en el país (léase como $q_{adm} = q_{ult} / FS$), en el cálculo se han empleado factores de seguridad que responden a cada uno de los parámetros que participan en el desarrollo de los cálculos.

Si luego se desea efectuar el análisis dinámico, se recomienda emplear la metodología por Estado Límite, en el cual los parámetros de resistencia son minorados y las cargas actuantes mayoradas.

3.2 DISEÑO POR SEGURIDAD GLOBAL

Los diseños por este método se basan en las recomendaciones de Terzaghi y los aportes de Vesic, que integran, además de los factores de carga, los factores de influencia para la

 KLA FER S.A.C.
DIVISIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES

Ing. Civil  Peñ
ASESOR TÉCNICO Nº 78936 REG. COP
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y G



forma. El método determina una capacidad última del terreno y luego halla la capacidad admisible dividiéndola entre un factor de seguridad igual a 3, como promedio.

Generalmente las teorías desarrolladas tienen su base en hipótesis simplificadas del comportamiento de los suelos.

El problema de capacidad portante se reduce a los casos, de presencia de suelos friccionantes. Terzaghi, propone un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo que posteriormente Vesic (1973), proporciona algunas ideas sobre la capacidad portante, considerando un factor adicional, ocasionado por los efectos de la forma de la cimentación, tal como se muestra.

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q W_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma W_\gamma S_\gamma$$

Donde:

- qult = Capacidad última de carga
- C = Cohesion
- γ = Peso Volumetrico.
- B = Ancho o diámetro de la cimentación
- Df = Profundidad de cimentación
- N_x, N_θ, N_γ = Factores de carga
- S_x, S_θ, S_γ = Factores de forma
- W_θ, W_γ = Factores por nivel freático

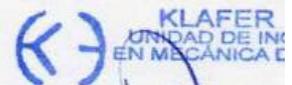
Los factores de forma son parámetros adimensionales que dependen principalmente del ángulo de resistencia al esfuerzo cortante – del suelo y de la geometría de la cimentación.

Para la evaluación de la capacidad portante tenemos los datos brindados por el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Empresa KLAFER SAC.

Ver : CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE
c-1	0.98 kg/cm2 para una Prof. De 2.00 m

Valor que varía de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia.



Ing. Civil Marino Peñ
ASESOR TÉCNICO (D.P. 73936 REG. CO) ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y CIMENTACIONES

3.3 PARAMETROS DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

La evaluación de la estabilidad del talud se deberá referir a la zona de relleno en cuya parte alta se procederá al corte, dejando paredes expuestas de material deleznable. En caso sean las necesidades del proyecto y al requerimiento de ganar terreno a desnivel, se tendrá que emplear un muro de contención, diseñado adecuadamente según el proyecto integral.

Los empujes de tierra, presentada por la distribución de cargas geostáticas como de cargas inducidas (estructuras), propiciarán empujes que generan inestabilidad del talud y a partir del cual se permitirá el diseño de la estructura de contención.

Sobre la base de los datos del estudio, tanto en campo como en laboratorio y de la estructura, los empujes, activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades, serán calculados teniendo en cuenta el suelo friccionante y las ecuaciones propuestas por Rankine.

De ser necesario se podrá estimar los empujes por el método de Rankine, para lo cual el diseño de la estructura de contención se basará en los empujes activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades que serán calculados teniendo en cuenta los coeficientes de presiones laterales según:

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad k_p = \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde, ϕ es el ángulo de fricción interna del suelo, luego obtenemos los coeficientes de presión lateral activo y pasivo, respectivamente.

4. CONCLUSIONES:

- ❖ La ubicación y excavación de la calicata estuvo a cargo del solicitante.
 - ❖ La profundidad máxima de exploración fue de 2.00 metros.
 - ❖ A la fecha de excavación no se encontró napa freática.
 - ❖ El parámetro sísmico a usarse es el del factor de zona 2, el cual asume un valor de 0.25
 - ❖ El tipo de suelo encontrado en las calicatas corresponde al tipo S2 cuya descripción es un Suelo intermedio y asume un valor de $T_p(S)=0.6$, $T_L(S)=2.0$ y $S=1.20$
- ✓ En base al trabajo de campo, ensayos de laboratorio realizados y análisis efectuados se concluyó:

❖ **CUADRO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: SUCS-ASSHTO.**

Según el Sistema Unificado De Clasificación de suelos y la AASHTO para cada calicata se clasificaron en:

ITEM	CALICATA	CLASIFICACIÓN		NOMBRE DEL GRUPO
		SUCS	AASHTO	
1	C-1	CL	A-7-5(17)	ARCILLA FINA

❖ **CUADRO DE COHESION Y ANGULO DE FRICCIÓN:**

La cohesión y Angulo de fricción detallan en los siguientes cuadros:

CALICATA	COHESION	ϕ
C-1	0.104	15-47

❖ **CUADRO DE CAPACIDAD PORTANTE:**

La capacidad portante y su respectivo factor de seguridad (3) se detallan en los siguientes cuadros:

CALICATA	CAPACIDAD PORTANTE
C-1	0.98 kg/cm ² para una Prof. De 2.00 m

5. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN:

- Se recomienda utilizar los datos obtenidos con exactitud para cada etapa constructiva, de acuerdo al criterio del Ingeniero Responsable.
- Se recomienda eliminar el material de relleno, orgánico u otro existente, encontrado al momento de realizar las excavaciones.
- El material encontrado en el suelo de fundación es :

ITEM	CALICATA	CLASIFICACIÓN		NOMBRE DEL GRUPO
		SUCS	AASHTO	
1	C-1	CL	A-7-5(17)	ARCILLA FINA

- Se sugiere que la profundidad de cimentación de la estructura se realice a criterio del profesional especialista, previa evaluación de la carga que la estructura soportará.
- Los datos obtenidos servirán única y exclusivamente para el presente proyecto.
- Se recomienda que para una capacidad portante menor a 1kg/m², se debe considerar la construcción de elementos de arriostre u otro similar.

6. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA:

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	T88	D422	2.50 Kg.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de Humedad	Clasificación		D2216	2.50 Kg.	Para determinar en contenido de humedad existente en el terreno.
Limite liquido	Clasificación	T89	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico
Limite Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi solidó.
Índice Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.

- ❖ MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PAVIMETOS URBANOS.
- ❖ REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - E050 SUELOS Y CIMENTACIONES.
- ❖ MANUAL DE SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DEL MTC (EM-2016-MTC).

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO – 2018.”

- ANALISIS GRANULOMETRICO**
- LIMITES DE CONSISTENCIA**
- PERFIL ESTRATIGRAFICO**

HUANCAYO

2018

EXPEDIENTE N° : JUNIO - 2018
 ESTUDIO : 05
 ATENCIÓN : SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO
 PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO - 2018."
 UBICACIÓN : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO
 FECHA DE EMISIÓN : JUNIO DEL 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MH	995
T	154
MS	841

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	2.00

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

C.H. %	9.87%
--------	-------

TAMIZ	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	0.00	0.00	0.0	100.00
N°10	2.000	14.36	1.71	1.7	98.29
N°20	0.840	17.51	2.08	3.8	96.21
N°30	0.590	20.78	2.47	6.3	93.74
N°40	0.425	16.64	1.98	8.2	91.76
N°60	0.260	15.93	1.89	10.1	89.87
N°100	0.149	7.15	0.85	11.0	89.02
N°200	0.075	3.21	0.38	11.4	88.63
FONDO		745.42	88.63	100.0	0.00
PESO TOTAL		841.0			

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	42.93
% LIMITE PLASTICO	25.34
INDICE PLASTICO	17.59

PORCENTAJES

% GRAVA	0.00%
% ARENA	11.37%
% FINO	88.63%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-7-5 (17)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

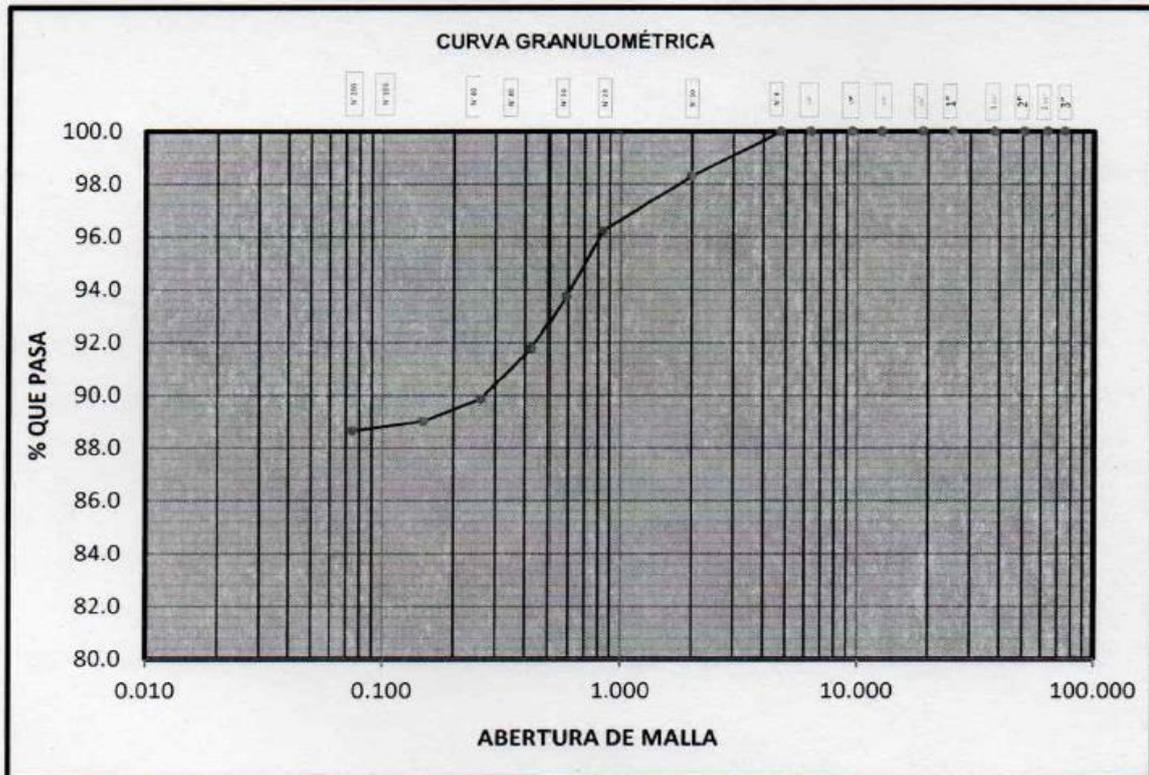
OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

EXPEDIENTE N° : JUNIO - 2018
 ESTUDIO : 05
 ATENCIÓN : SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO
 PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO - 2018."
 UBICACIÓN : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO
 FECHA DE EMISIÓN : JUNIO DEL 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	2.00



% GRAVA	0.00%	% ARENA	11.37%	% FINO	88.63%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

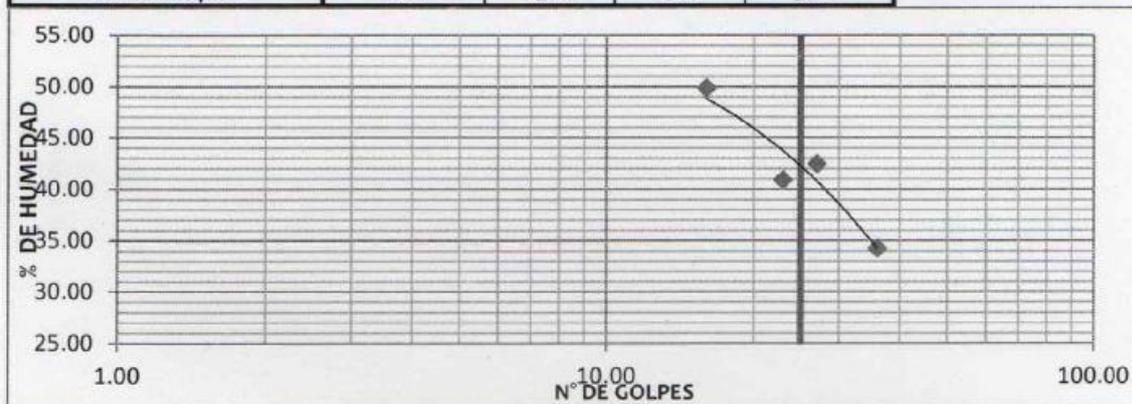


EXPEDIENTE N° : JUNIO - 2018
 ESTUDIO : 05
 ATENCIÓN : SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO
 PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBÚ DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO - 2018."
 UBICACIÓN : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO
 FECHA DE EMISIÓN : JUNIO DEL 2018

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	2.00

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	18.51	17.54	16.94	16.13	14.61	14.95
Recipiente + Suelo Seco	14.31	14.23	14.07	13.85	12.70	12.95
Peso de agua	4.20	3.31	2.87	2.28	1.91	2.00
Peso del Recipiente	5.89	6.14	7.31	7.20	5.41	4.78
Peso de Suelo Seco	8.42	8.09	6.76	6.65	7.29	8.17
% de Humedad	49.92	40.91	42.46	34.29	26.20	24.48
N° de Golpes	16.00	23.00	27.00	36.00		



% LIMITE LIQUIDO	42.93
% LIMITE PLASTICO	25.34
INDICE PLASTICO	17.59

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



Ing. Civil Maximo Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO C.I.T. 1058 REG. CONSULTOR C 51058
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

RPC: 957259680



EXPEDIENTE N° : JUNIO - 2018
 ESTUDIO : 05
 ATENCIÓN : SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO

PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO - 2018."

UBICACIÓN : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO

FECHA DE EMISIÓN : JUNIO DEL 2018

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA : C-1
 MÉTODO DE EXCAV. : MANUAL
 DIMENSIONES : 1.00 x 1.00 x 2.00
 NAPA FREÁTICA : NP

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
			Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.
0.10		CL	ARCILLA FINA DE COLOR PLOMO CON AMARILLO, EN ESTADO SEMI HÚMEDO, CON PRESENCIA DE RAÍCES DELGADAS EN UN 10 % APROXIMADAMENTE, DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



KLAFER S.A.C.
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Mario Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO CIP. 70430 REG. CONSULTOR C 5039
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS
ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN
DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
SATIPO – 2018.”**

CORTE DIRECTO

HUANCAYO

2018

ATENCION : SAPAICO RAMOS ERLO LISANDRO

PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SATIPO - 2018."

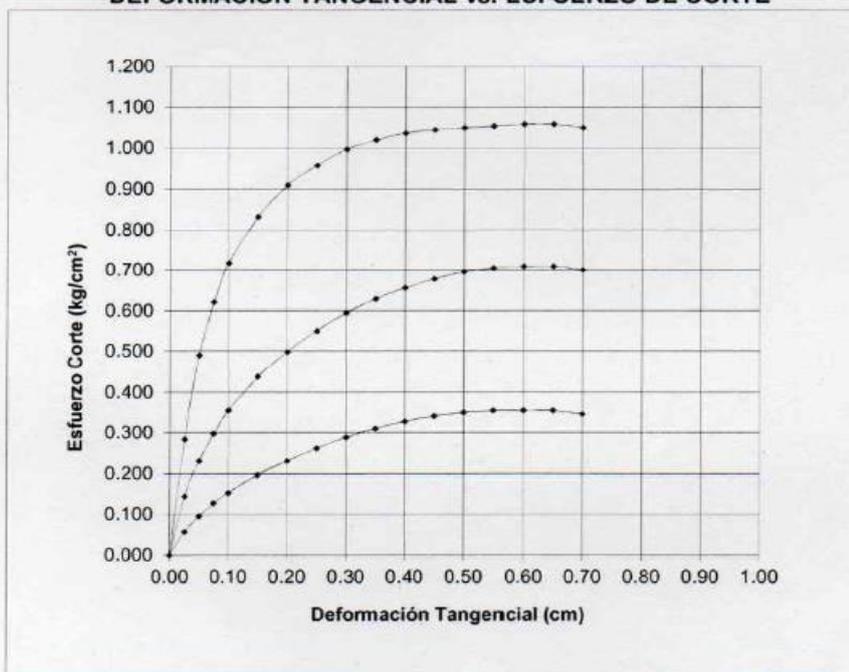
FECHA : JUNIO DEL 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

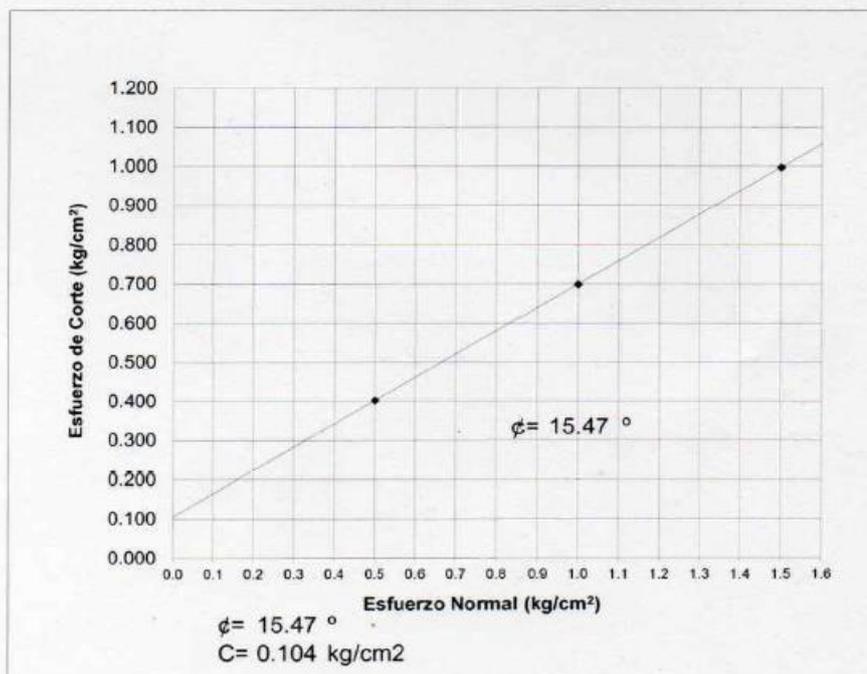
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

CALICATA : C-1

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil *Maximo Peña Du*
 ASESOR TÉCNICO CIP. 78936 REG. CONSULTOR
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
MUESTRA : M-1
CALICATA : C-1

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.17	2.17	2.17
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.180	1.180	1.180
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.074	1.074	1.074
Cont. de humedad inicial (%)	9.87	9.87	9.87
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.084	2.005	1.952
Altura final de muestra (cm)	2.073	2.018	1.972
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.359	2.627	2.675
Densidad seca final (gr/cm ³)	2.044	2.279	2.321
Cont. de humedad final (%)	15.41	15.30	15.26
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.402	0.699	0.998
Angulo de friccion interna :	15.47 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.104		

 **KLA FER S.A.C.**
UNIDAD DE INGENIERIA
EN MECÁNICA DE SUELOS


Ing. Civil Marino Peña D
ASESOR TÉCNICO CIP. REG. CONSULTOR
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS
ELEMENTOS EN BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN
DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
SATIPO – 2018.”**

CAPACIDAD PORTANTE

HUANCAYO

2018

TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE
(KARL TERZAGHI)

PROYECTO : "ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS EN
BAMBU DE UNA EDIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
SATIPO – 2018."

CALICATA : C-1

MUESTRA : M-1

A. DATOS GENERALES:

Angulo de fricción interna	15.47	grados
Cohesión	0.104	kg/cm ²
Peso unitario de sobrecarga	1.18	gr/cm ³
Peso unitario del suelo de cimentación	1.18	gr/cm ³
Relación Ancho/Largo (B/L)	1	Forma:
Ancho de la base o diámetro de cimentación	1	m
Profundidad de fondo de cimentación	2.00	m
Profundidad de desplante	2.00	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	CL	

B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

Nc:	11.29
Nq:	4.13
Ny:	2.84

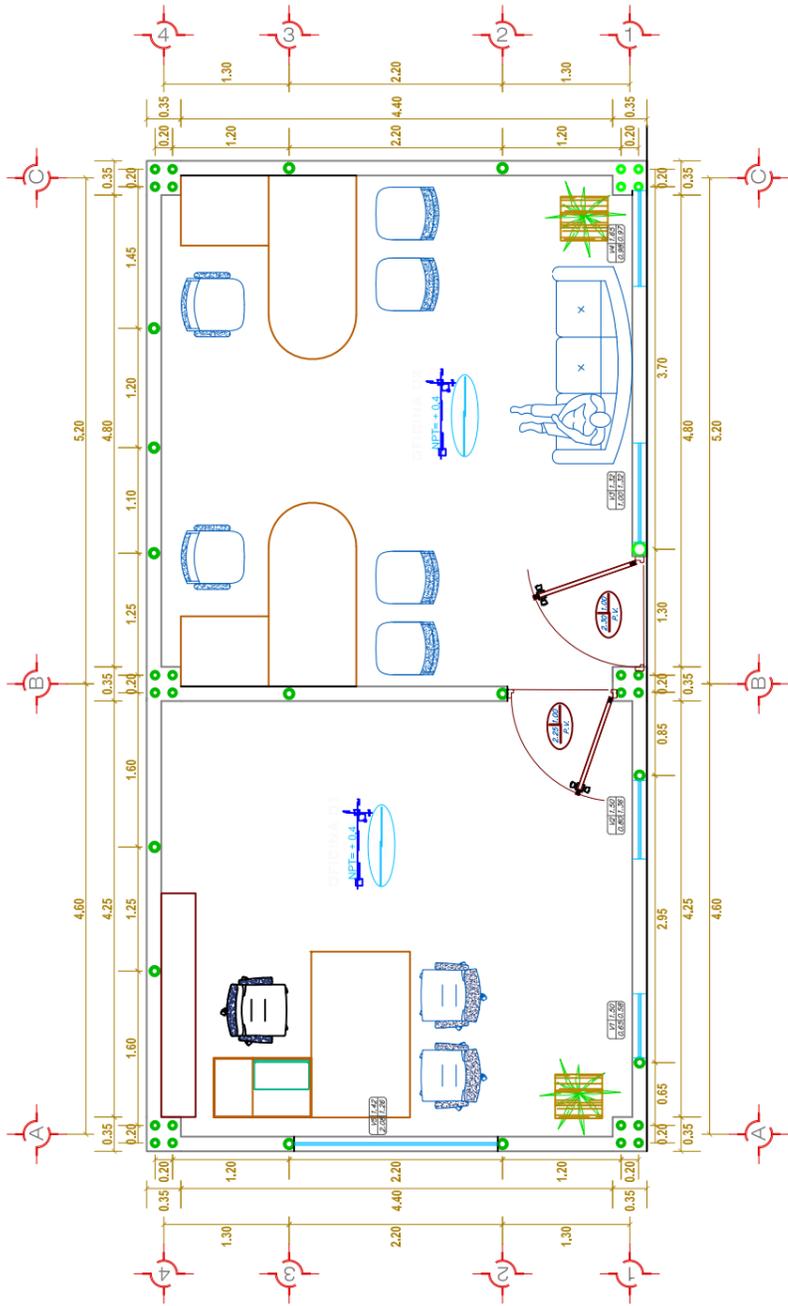
C. FACTORES DE FORMA:

Sc:	1.3658
Sq:	1.2768
Sy:	0.6

D. CAPACIDAD ADMISIBLE

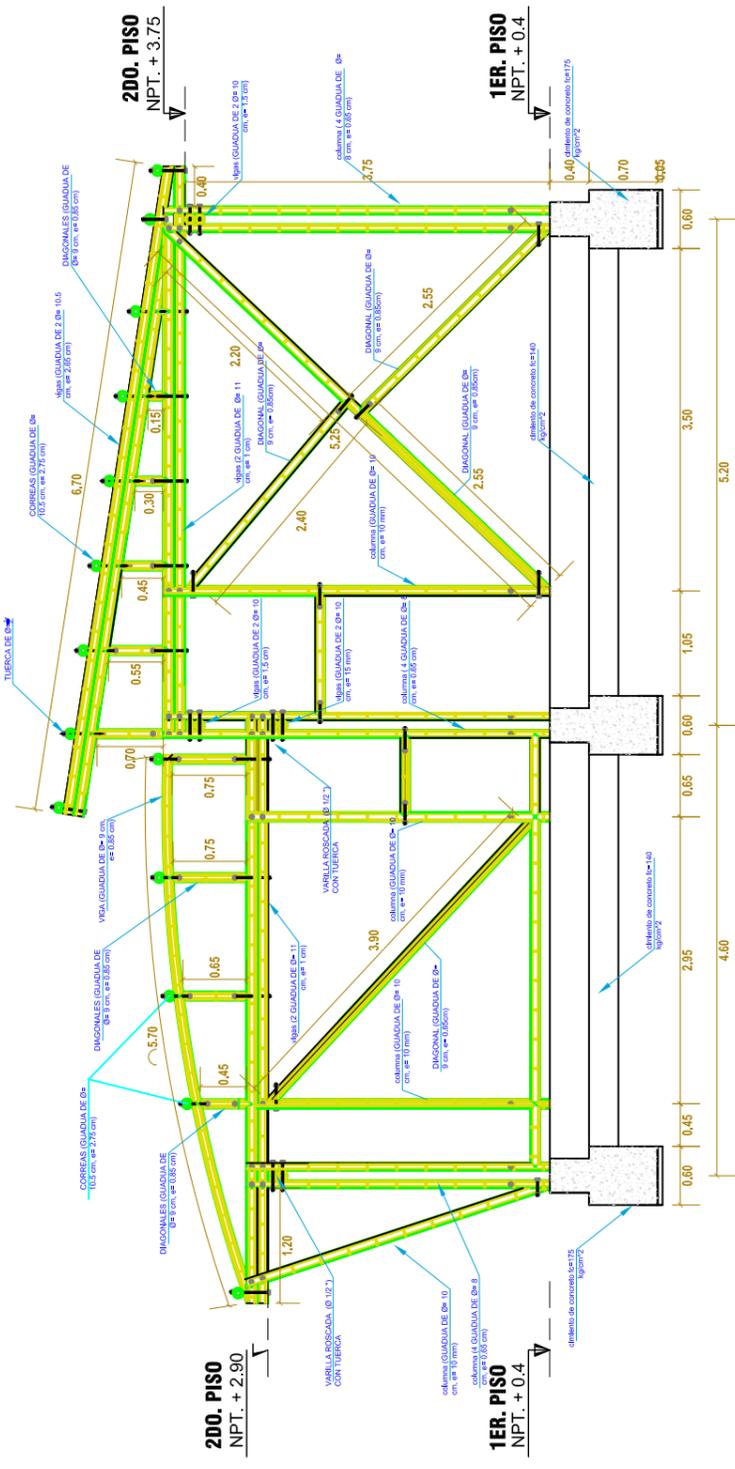
Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	FACTOR W W	qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
2.00	-2.00	0.5	1	2.90	0.97
2.00	-2.00	1	1	2.95	0.98
2.00	-2.00	1.2	1	2.97	0.99
2.00	-2.00	1.5	1	3.00	1.00

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.97 kg/cm² y 1.00 kg/cm² valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia



DISTRIBUCION PLANTA

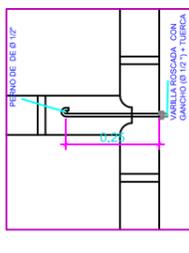
(Escala: 1/25)



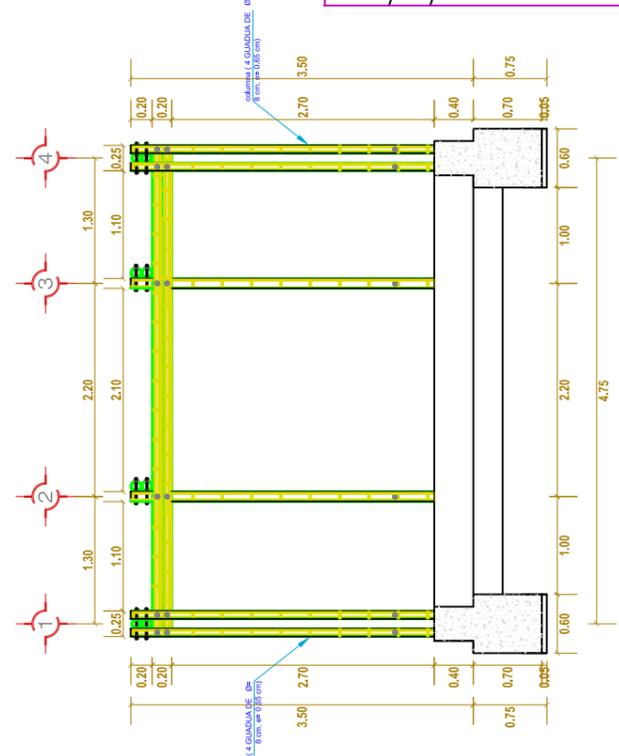
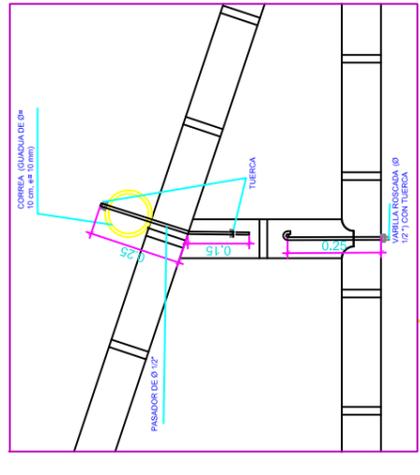
EJE: 1-1

ESCALA: 1/50

DETALLE

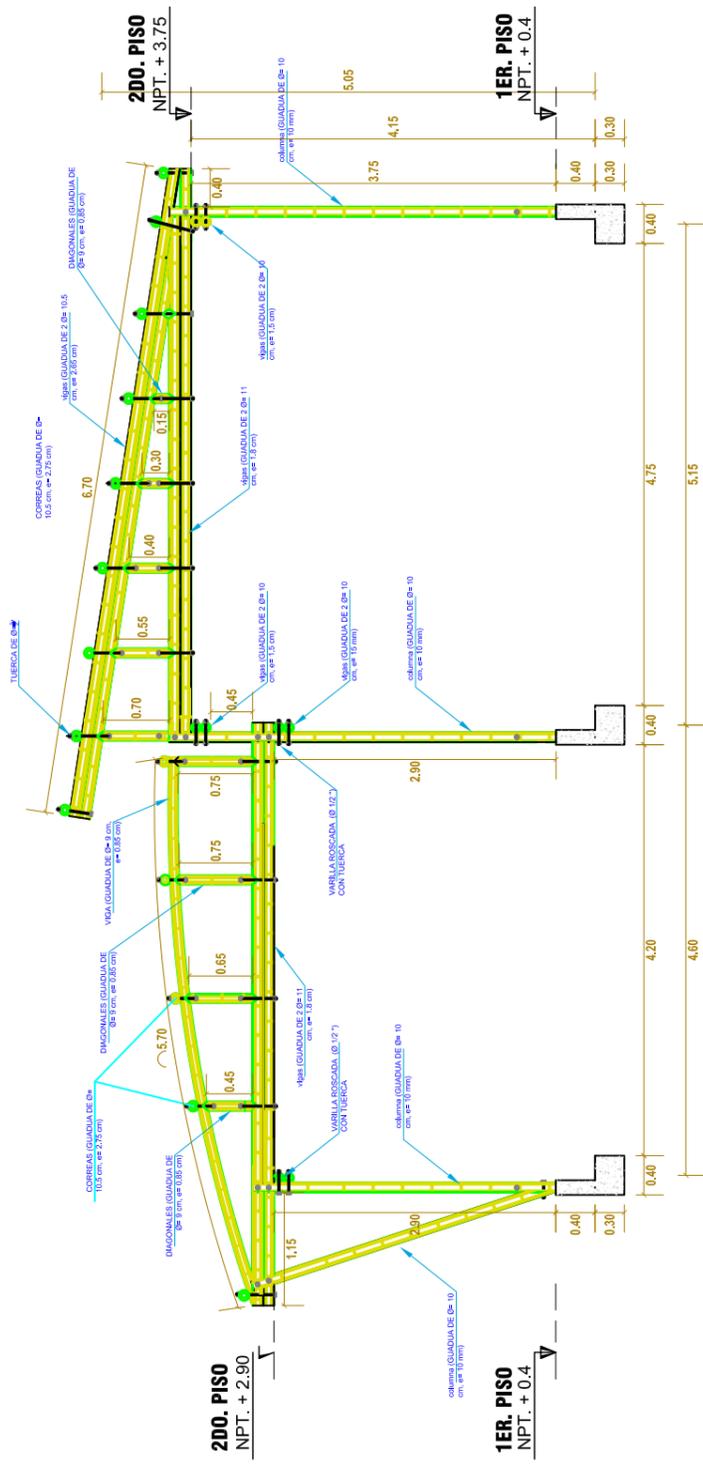


DETALLE



EJE: A-A

ESCALA: 1/50



EJE: 2-2

ESCALA: 1/50



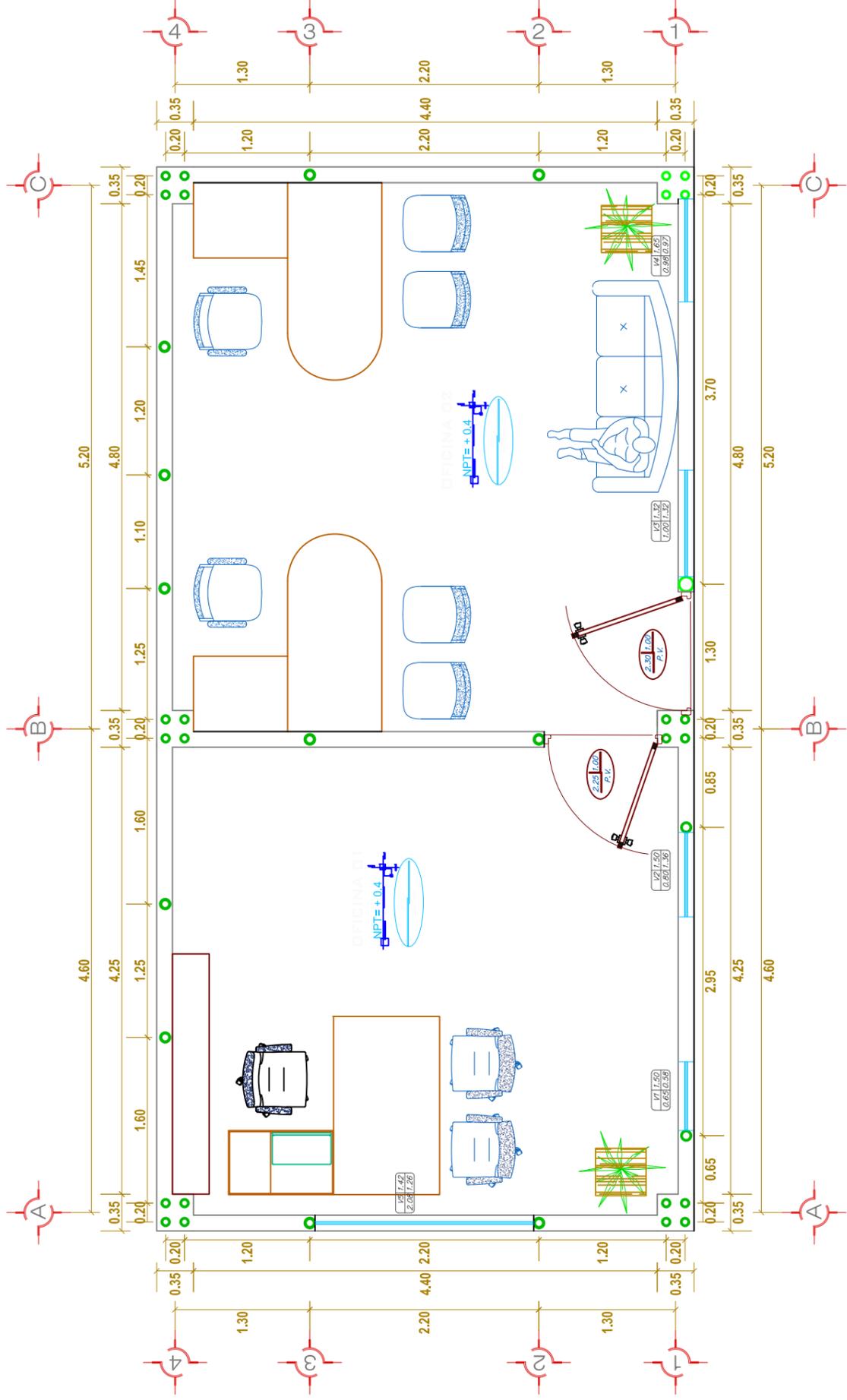
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Facultad de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Análisis y diseño estructural de los elementos en bambú de una edificación de la municipalidad provincial de satipo-2018

Back. Erlo Lisandro Sapaico Ramos

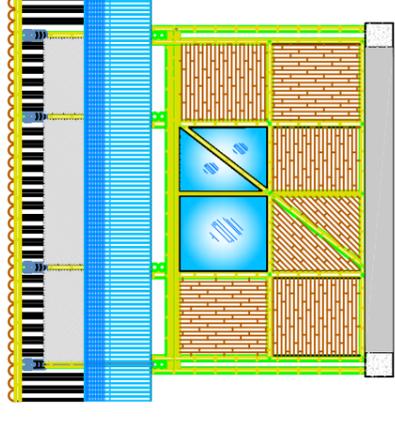
PLANO DE ESTRUCTURAS





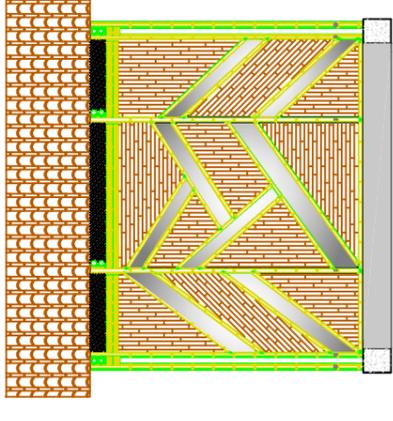
DISTRIBUCION PLANTA

(Escala : 1/25)



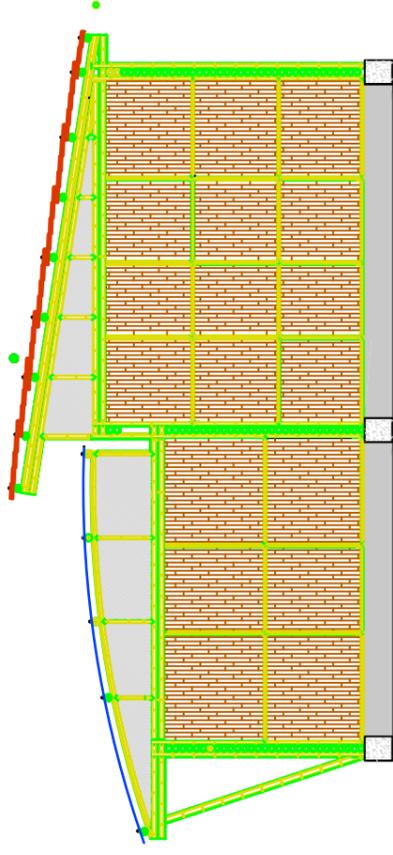
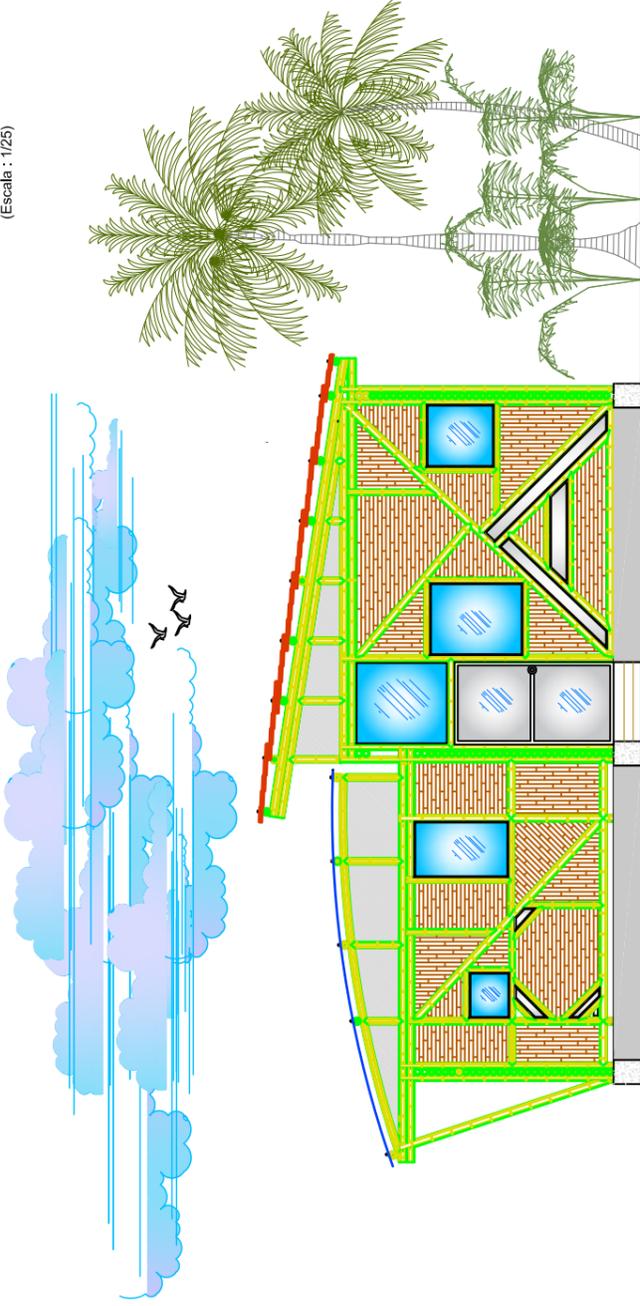
ELEVACION LATERAL

ESC. 1/50



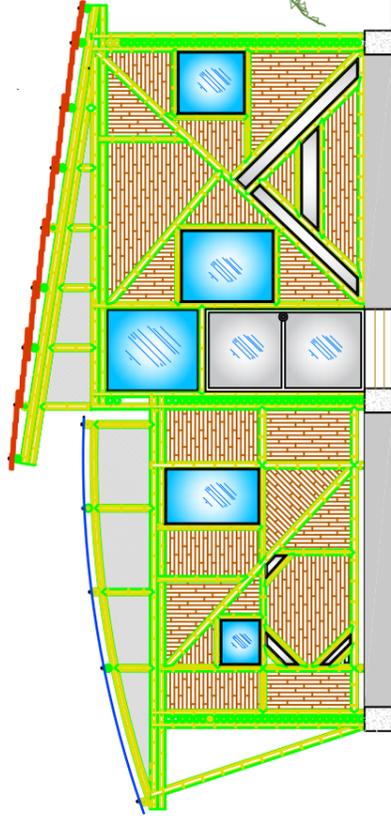
ELEVACION LATERAL

ESC. 1/50



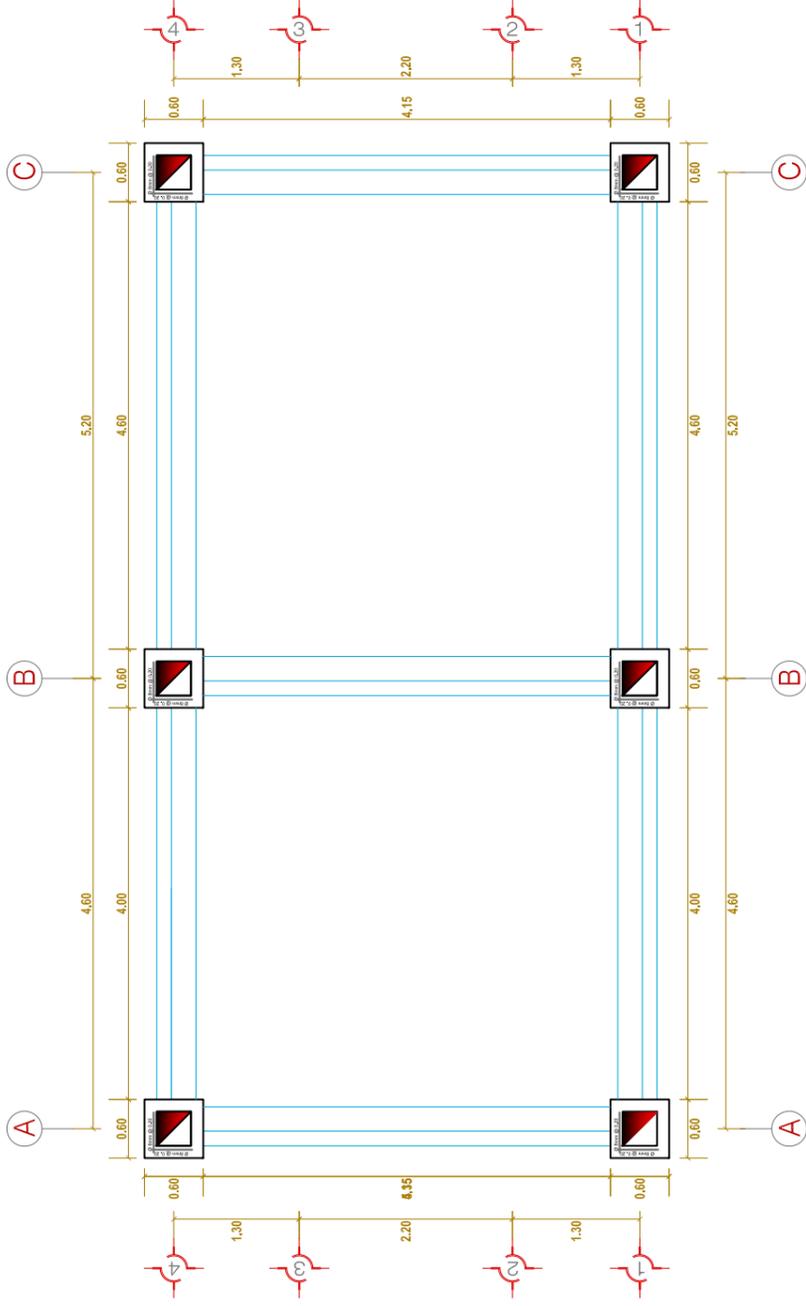
ELEVACION POSTERIOR

ESC. 1/50



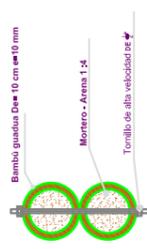
ELEVACION FRONTAL

ESC. 1/50

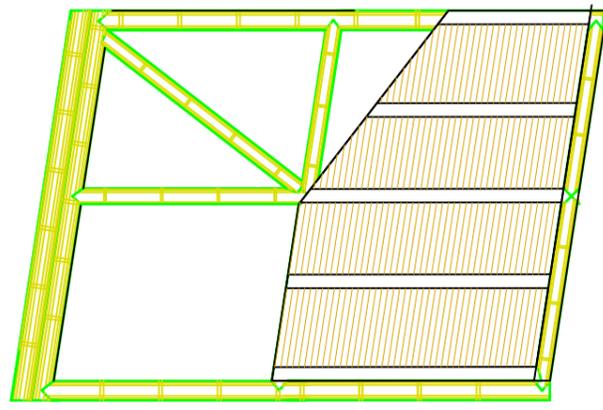


CIMENTACIONES

(Escala : 1/50)

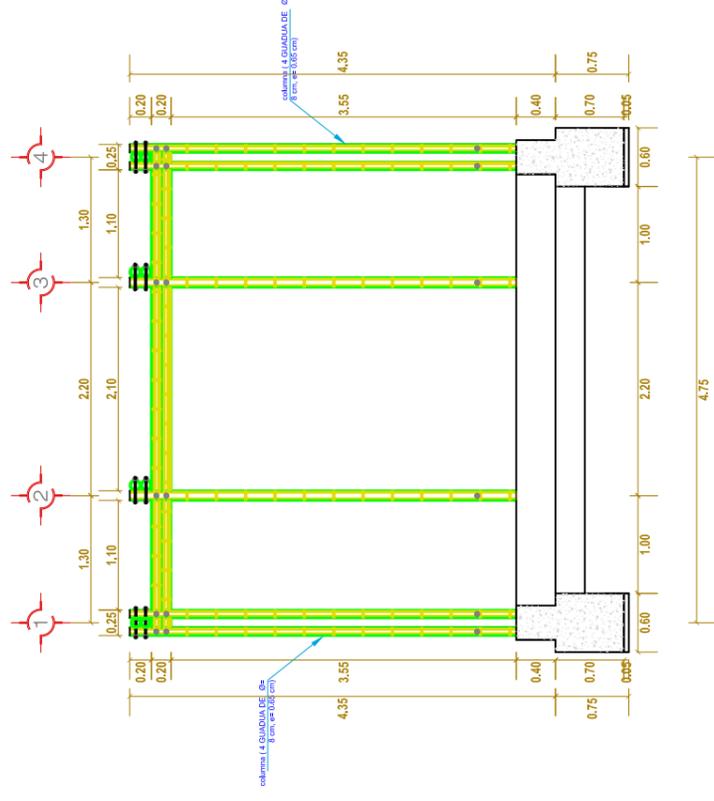


DETALLE DE VIGUETAS DE ENTREPISO



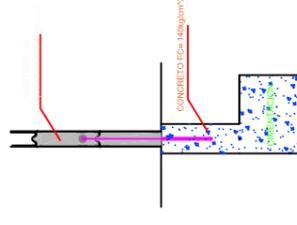
DETALLE MURO

(Escala : 1/25)



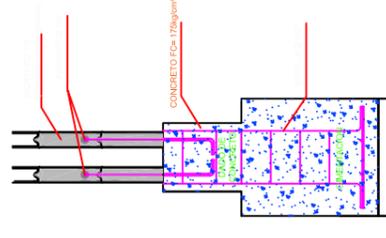
EJE: C-C

ESCALA: 1/50



CIMIENTO

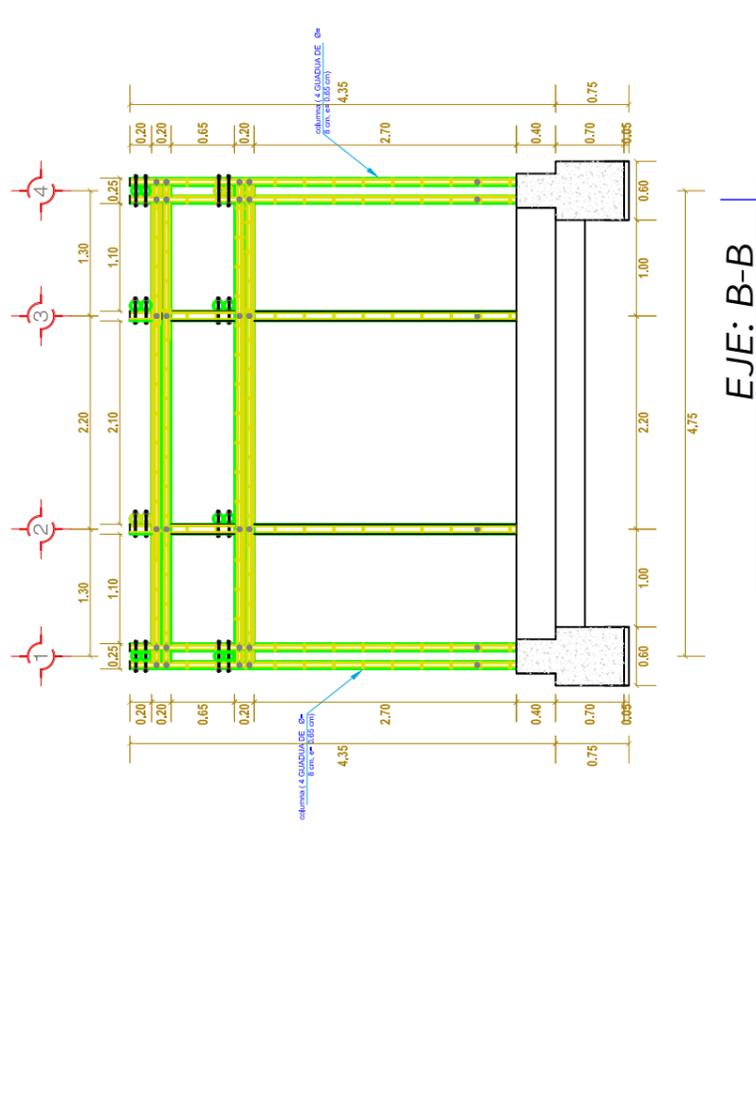
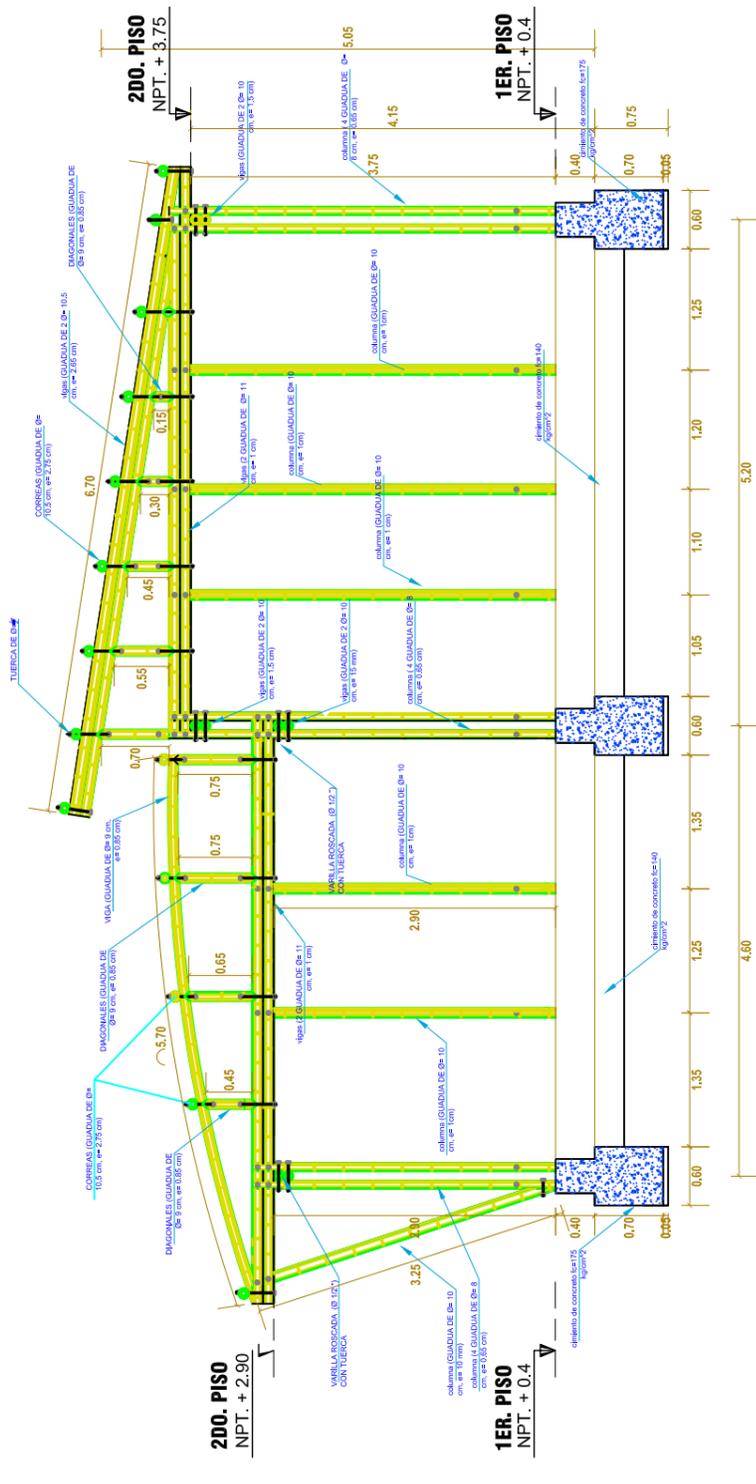
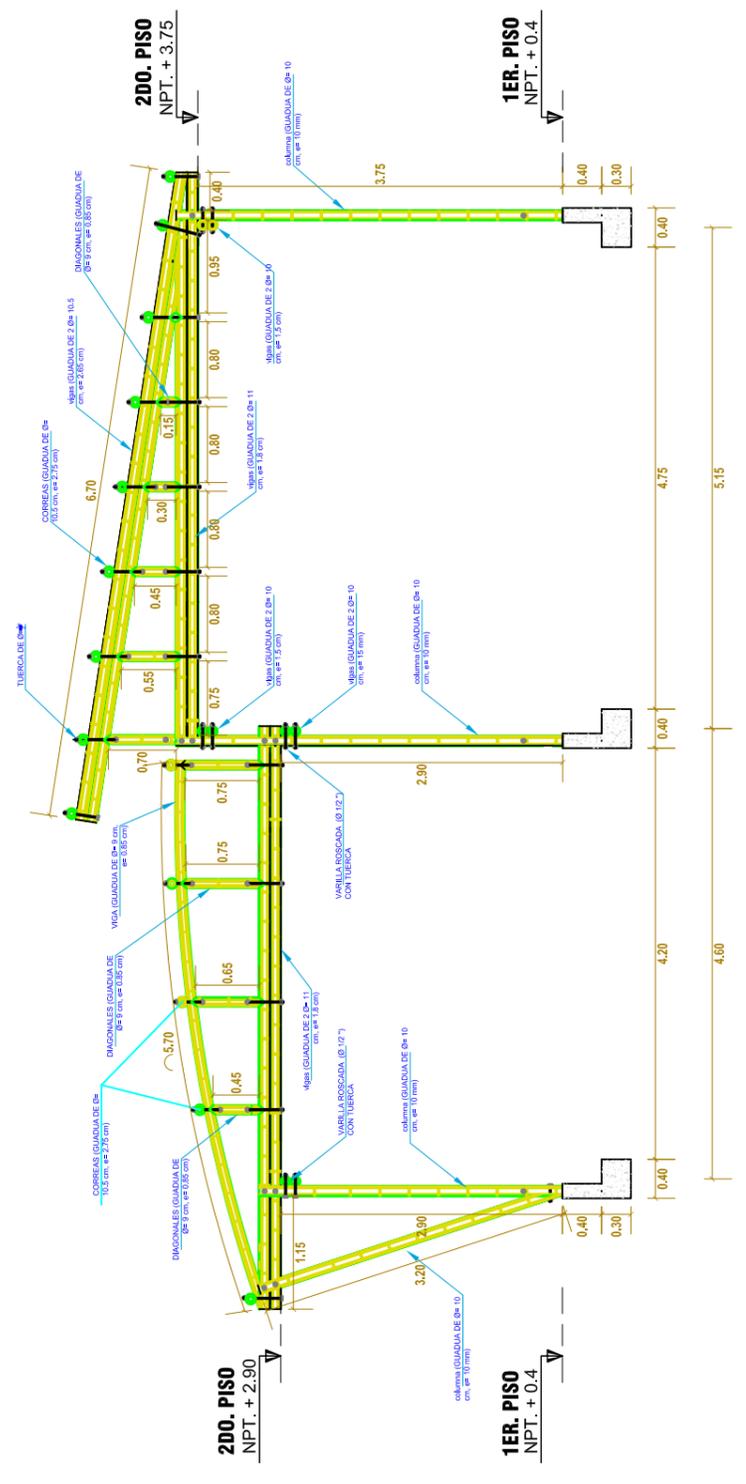
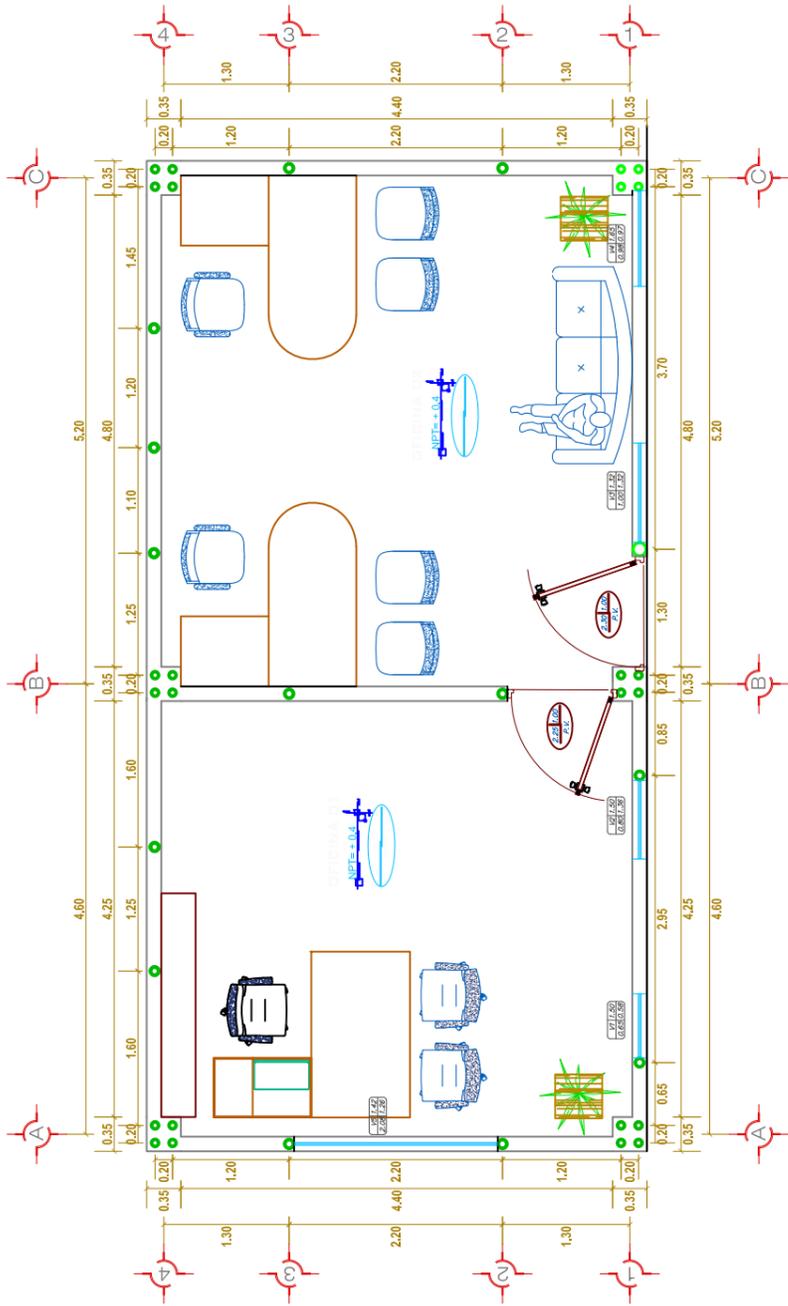
(Escala : 1/25)



PEDESTAL

(Escala : 1/25)

TIPO	CANTIDAD	ALTEZA	OBSERVACIONES
P-01	1.00	2.30	--
P-02	1.00	2.25	--
V-01	0.65	0.58	1.50
V-02	0.80	1.36	1.50
V-03	1.00	1.32	1.32
V-04	0.98	0.97	1.65



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Facultad de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Análisis y diseño estructural de los elementos en bambú de una edificación de la municipalidad provincial de satipo-2018

Docente: ELSA ELSA
Alumno: ELSA ELSA

PLANO DE ESTRUCTURAS

