



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LA *GUADUA*
ANGUSTIFOLIA EN LA REGIÓN ANDINA DE COLOMBIA CORRELACIONADA
CON VARIABLES DE CLIMA

TESIS DOCTORAL

Autor

Jorge Enrique Lozano Peña

Directores

Dr. Juan José Moragues

Dr. José M. Adam Martínez

Dr. Joaquín Catalá Alís

Valencia, diciembre 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mis hijos Jorge Fabián, María Victoria, Juan Pablo y Mónica María, a mis nietos Santiago, Carlos y Nicolás por su apoyo incondicional, aliento y motivación.

Quiero expresar un enorme agradecimiento a mis tutores Dr. Ing. Juan José Moragues, Dr. Ing. José Adam y al Dr. Ing. Joaquín Catalá por compartir su conocimiento, experiencia y experticia, no sin antes ponderar su compromiso, dedicación y rigor para el fomento del conocimiento científico.

Agradezco también a los miembros del grupo de investigación Madera y guadua especialmente al Magíster en construcción Ing. Andrés Felipe Guerra.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento de la investigación	3
1.3. Contenido	5
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. Características del bambú.....	7
2.1.1 Introducción	7
2.1.2. Definición.....	7
2.1.3. Hábitat	8
2.1.4. Taxonomía del bambú.....	9
2.1.5. Morfología anatómica del bambú.....	11
2.1.6. Composición química del bambú.....	17
2.1.7. Silvicultura del bambú	19
2.2. Propiedades físicas del bambú	20
2.2.1. Contenido de humedad.....	20
2.2.2. Contenido de humedad y resistencia mecánica.....	21
2.2.3. Punto de saturación de la fibra y cambios dimensionales	22
2.2.4. Densidad.....	23
2.3. Propiedades mecánicas.....	25
2.3.1. Estudios realizados.....	25
2.3.2. Valores de resistencia <i>Guadua angustifolia Kunt</i>	33
2.4. Fallas de <i>Guadua angustifolia</i> como material estructural.....	34
2.5. Principales construcciones en el mundo y Colombia.....	34
2.6. Producción de bambú a nivel mundial	35
2.6.1. Una visión internacional.....	35
2.6.2. Producción de <i>Guadua angustifolia</i> en Colombia	36
2.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 2.....	36
CAPÍTULO 3. REGIÓN ANDINA DE COLOMBIA.....	37
3.1. Introducción	37

3.2. Las seis regiones de Colombia	38
3.3. Caracterización geográfica de la Región Andina	39
3.4. Variables climáticas y su aplicación al caso de Colombia	39
3.4.1. Definición de clima	39
3.4.2. Clasificaciones de clima	40
3.5. Resumen y conclusiones del Capítulo 3	49
CAPÍTULO 4. TRABAJO EXPERIMENTAL	51
4.1. Introducción	51
4.2. Corte e identificación de culmos	52
4.3. Procedimiento para la caracterización y obtención de probetas para ensayos de resistencia mecánica	55
4.4. Ensayos	57
4.4.1. Contenido de humedad CH	59
4.4.2. Densidad	59
4.4.3. Tracción paralela a las fibras	59
4.4.4. Compresión paralela a las fibras	60
4.4.5. Corte paralelo a las fibras	60
4.4.6. Compresión perpendicular a las fibras	61
4.4.7. Flexión	62
4.5. Determinación del material de estudio	64
4.6. Relación de ensayos planeados y realizados	65
4.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 4	66
CAPÍTULO 5. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL Y ESTUDIO ESTADÍSTICO	67
5.1. Introducción	67
5.2. Esfuerzo último de tracción paralelo a las fibras (MPa)	69
5.2.1. Histograma y estadística descriptiva	71
5.2.2. Diagramas de Caja	72
5.2.3. Test de Kolmogorov-Smirnov	73
5.2.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales	73
5.2.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.	74
5.2.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina ...	75
5.2.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina	79
5.2.8. Análisis comparativo	83

5.2.9. Prueba t-student.....	84
5.3. Esfuerzo último de Compresión Paralela a las fibras (MPa).....	85
5.3.1. Histograma y estadística descriptiva	86
5.3.2. Diagramas de Caja	88
5.3.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	89
5.3.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales	89
5.3.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.	90
5.3.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina ...	91
5.3.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina.....	95
5.3.8. Análisis comparativo.....	97
5.3.9. Prueba t-student.....	98
5.4. Esfuerzo último de Corte Paralelo a las fibras (MPa)	98
5.4.1. Histograma y estadística descriptiva	100
5.4.2. Diagramas de Caja	102
5.4.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	103
5.4.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales	103
5.4.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.	104
5.4.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina .	105
5.4.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina.....	109
5.4.8. Análisis comparativo.....	111
5.4.9. Prueba t-student.....	112
5.5. Esfuerzo último de Compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	112
5.5.1. Histograma y estadística descriptiva	113
5.5.2. Diagramas de Caja	114
5.5.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	115
5.5.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales	115
5.5.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.	116
5.5.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina .	117
5.5.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina.....	121
5.5.8. Análisis comparativo.....	125

5.5.9. Prueba t-student.....	126
5.6. Esfuerzo último de flexión (MPa).....	126
5.6.1. Histograma y estadística descriptiva	127
5.6.2. Diagramas de Caja	128
5.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	129
5.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales	129
5.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.	130
5.6.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina .	131
5.6.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina.....	135
5.6.8. Análisis comparativo.....	139
5.6.9. Prueba t-student.....	140
5.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 5.....	140
CAPÍTULO 6. MODELOS LINEALES MÚLTIPLES DE PREDICCIÓN VALIDADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ÚLTIMOS A PARTIR DE VARIABLES FÍSICAS Y CLIMÁTICAS.....	143
6.1. Introducción	143
6.2. Objetivos	143
6.3. Metodología	144
6.4. Análisis y validación de modelos.....	145
6.4.1. Análisis de correlación entre variables predictoras.....	145
6.4.2. Diseño de los modelos lineales múltiples para cada solicitud	149
6.4.3. Análisis de varianza – ANOVA	151
6.4.4. Validación de las regresiones lineales múltiples.....	155
6.5. Modelos lineales múltiples de predicción validados para cada solicitud	158
6.5.1. Modelo validado para el esfuerzo último de tracción paralela a las fibras.....	158
6.5.2. Modelo validado para el esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.....	158
6.5.3. Modelo validado para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.	159
6.5.4. modelo validado para el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras. ...	159
6.5.5. Modelo validado para el esfuerzo último de flexión.....	159
6.6. Resumen y conclusiones del Capítulo 6.....	159
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES, APORTACIÓN ORIGINAL Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	161
7.1. Resumen.....	161
7.2. Conclusiones	161

7.3. Aportación original y futuras líneas de investigación	165
REFERENCIAS	167
APÉNDICE 1. NORMAS EMPLEADAS	175
APÉNDICE 2. CARACTERIZACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO	177
APÉNDICE 3. DATOS Y RESULTADOS DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL	179
APÉNDICE 4. TABLA DE ESFUERZOS ÚLTIMOS	225
APÉNDICE 5. MODELOS DE PREDICCIÓN. REGRESIONES LINEALES MÚLTIPLES.....	281
APÉNDICE 6. PRINCIPALES CONSTRUCCIONES EN BAMBÚ Y GUADUA	291

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Comparación entre los bambúes y los árboles (madera) [25].	8
Tabla 2.2. Valores promedio de las propiedades mecánicas de la <i>Guadua angustifolia</i> con respecto a la altura del culmo [50].	17
Tabla 2.3. Valores promedio de las propiedades mecánicas de la <i>Guadua angustifolia</i> con respecto a la edad del culmo [50].	17
Tabla 2.4. Valor promedio de la composición química de algunos bambúes [41,51].	18
Tabla 2.5. Propiedades físicas de algunas especies de bambú de Malasia [76].	23
Tabla 2.6. Propiedades físicas de algunas especies de bambú de Myanmar [81].	24
Tabla 2.7. Valor promedio de las propiedades físico-mecánicas de la <i>B. blumeana</i> y <i>G. levis</i> .	26
Tabla 2.8. Coeficientes de la correlación de las características físicas de las muestras con los esfuerzos de compresión y esfuerzos de flexión.	27
Tabla 2.9. Resistencia a la flexión del bambú <i>Guadua</i> [17].	27
Tabla 2.10. Mechanical properties of air-dried bamboos (12 % moisture content, according to standard ISO/TC 165 N315) [81].	28
Tabla 2.11. Valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de <i>Guadua angustifolia</i> .	33
Tabla 3.1. Modelo Climático de Caldas	42
Tabla 3.2. Clases de clima según Lang	42
Tabla 3.3. Tipos climáticos Caldas – Lang	43
Tabla 3.4. Clasificación climática de Martonne	45
Tabla 3.5. Clasificación climática IGAC	47
Tabla 4.1. Factores de reducción NSR-10	58
Tabla 4.2. Relación de probetas para ensayo por Departamento.	65
Tabla 5.1. Total de ensayos admitidos y válidos en la Región Andina por Departamento.	67
Tabla 5.2. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 relativos al esfuerzo último a tracción.	70
Tabla 5.3. Estadística Descriptiva Región Andina – Esfuerzo último de tracción (Mpa)...	72
Tabla 5.4. Estadística Descriptiva N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).....	76
Tabla 5.5. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último de tracción (MPa).....	80
Tabla 5.6. Análisis comparativo – Esfuerzo último de tracción (MPa).	84
Tabla 5.7. Ensayos válidos N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralelo a las fibras (MPa).....	85
Tabla 5.8. Estadística Descriptiva N= 664- Compresión paralela (MPa).	88
Tabla 5.9. Estadística Descriptiva N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	92
Tabla 5.10. Estadística Descriptiva - N= 632- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).....	95
Tabla 5.11. Análisis comparativo - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).....	97
Tabla 5.12. Ensayos válidos – Corte paralelo a las fibras (MPa).....	98

Tabla 5.13. Estadística Descriptiva – Corte paralelo a las fibras (MPa).	101
Tabla 5.14. Estadística Descriptiva N= 711- Esfuerzo último de corte (MPa).	106
Tabla 5.15. Estadística Descriptiva N= 696 – Esfuerzo último de corte (MPa).....	110
Tabla 5.16. Análisis comparativo - Corte paralelo a las fibras (MPa).	111
Tabla 5.17. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 – Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	112
Tabla 5.18. Estadística Descriptiva– Esfuerzo último compresión perpendicular MPa ...	114
Tabla 5.19. Estadística Descriptiva - Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa).	118
Tabla 5.20. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	122
Tabla 5.21. Análisis comparativo - Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	125
Tabla 5.22. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 – Esfuerzo último de flexión (MPa).....	126
Tabla 5.23. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último de flexión (MPa).	128
Tabla 5.24. Estadística Descriptiva – N= 149 - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	132
Tabla 5.25. Estadística Descriptiva - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	136
Tabla 5.26. Análisis comparativo - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	140
Tabla 7.1. Media y desviación estándar para cada tipo de sollicitación.....	162
Tabla 7.2. Factores de reducción.	163
Tabla 7.3. Coeficiente de modificación por contenido de humedad (C_m).....	163
Tabla 7.4. Coeficiente de modificación por contenido de humedad (C_m).....	164
Tabla 7.5. Comparación entre valores de la NSR-10 y los obtenidos en esta tesis doctoral.	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Hábitat global del bambú	8
Fig. 2.2 Relación filogenética entre bambusoideae.....	10
Fig. 2.3. Detalle de bandas anulares y entrenudos em sección completa (izquierda) y corte transversal (derecha).....	11
Fig. 2.4. Vista tridimensional tejido bambú [42].....	12
Fig. 2.5. Los diferentes hábitats de las plantas se reflejan en los diferentes tipos de haces vasculares: (a) <i>Phyllostachys sp.</i> , (b) <i>Guadua sp.</i> , (c) <i>Dendrocalamus sp.</i> [41].....	14
Fig. 2.6. Diagrama esquemático del entrenudo: sistema de coordenadas (arriba); corte transversal del bambú Mosso y haz vascular (abajo). Fuente: [43].....	14
Fig. 2.7. Cortes transversales de fibras con engrosamiento de la pared: (a) 1 año, (b) 6 años. Tipo <i>Phyllostachys viridiglaucescens</i> [41].	16
Fig. 2.8. Variación de la densidad con respecto a la altura del culmo. Densidad en Kg/m ³ [50].	17
Fig. 2.9. Componentes químicos y módulo de rotura (MPa) para culmos maduros de <i>Guadua angustifolia</i> [51]	19
Fig. 2.10. Comparación del volumen de fibras en relación con el espesor de pared [82]... 24	24
Fig. 2.11. Resistencia media al cillazamiento	29
Fig. 2.12. Curvas tensión-deformación a tracción (izquierda) y a compresión (derecha)... 30	30
Fig. 2.13. Mapas de isodeformaciones con nudo en el extremo superior. a) saturado, b) seco.	31
Fig. 2.14. Modelo de registro de principales construcciones del mundo y Colombia..... 35	35
Fig. 3.1. Departamentos y regiones de Colombia	38
Fig. 3.2. Elementos y factores de clima. Fuente: IGAC.....	40
Fig. 3.3. Clasificación Climática de Caldas-Lang: el caso de Colombia	44
Fig. 3.4. Clasificación Climática de Martonne: el caso de Colombia	46
Fig. 3.5. Clasificación Climática del IGAC: el caso de Colombia.....	48
Fig. 4.1. Desarrollo metodológico.	52
Fig. 4.2. Esquema de codificación de culmos de guadua.	53
Fig. 4.3. Cuello de la guadua.	53
Fig. 4.4. Anillo con pintura roja para facilitar la identificación de culmos a cortar..... 54	54
Fig. 4.5. Medición del diámetro y longitud de los cinco primeros entrenudos.	54
Fig. 4.6. Corte del culmo.	54
Fig. 4.7. División del culmo de guadua.	55
Fig. 4.8. Nomenclatura para la identificación de probetas	56
Fig. 4.9. Formato de caracterización del culmo y esquema de corte y registro de probetas 56	56
Fig. 4.10. Probetas de ensayo. Procedentes del municipio de Oiba, Departamento de Santander.	57
Fig. 4.11. Esquema general del ensayo de compresión perpendicular a las fibras..... 61	61
Fig. 4.12. Gráfico carga vs desplazamiento en el ensayo de compresión perpendicular a las fibras.	62
Fig. 4.13. Esquema del ensayo a flexión. Tomado de la NTC 5525	63

Fig. 5.1. Formato de registro de resultados para el ensayo de tracción paralela a las fibras.	70
Fig. 5.2. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 533 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	71
Fig. 5.3. Curva de densidad por Departamentos – Esfuerzo de Tracción (MPa).	71
Fig. 5.4. Box-whisker Región Andina N= 533 – Esfuerzo. Último de tracción (MPa).	72
Fig. 5.5. Box-whisker por Departamento 533 datos– Esfuerzo último de tracción (MPa).	73
Fig. 5.6. Diagnóstico de residuales Región Andina 533 datos – Esfuerzo último de tracción (MPa).	74
Fig. 5.7. Intervalos LSD – Esfuerzo último de tracción (MPa).	74
Fig. 5.8. Histograma con las curvas de densidad y normal de N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	75
Fig. 5.9. a) Curva de densidad por Departamento de N=512 – b) Curva de densidad por Departamento de N=533 - Esfuerzo último de tracción (MPa).	76
Fig. 5.10. Box-whisker Región Andina a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos	77
Fig. 5.11. Box-whisker por Departamento N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa). .	77
Fig. 5.12. Diagnóstico – N= 512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	78
Fig. 5.13. Intervalos LSD – N=512 – Esfuerzo último de tracción.	79
Fig. 5.14. Histograma con las curvas de densidad y normal – Esfuerzo último de tracción (MPa).	79
Fig. 5.15. Curva de densidad por Departamento – Esfuerzo último de tracción (MPa).	80
Fig. 5.16. Box-whisker Región Andina – N= 498 Esfuerzo último de tracción (MPa).	81
Fig. 5.17. Box-whisker Departamento – N=498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	81
Fig. 5.18. Diagnóstico – N=498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	82
Fig. 5.19. Intervalos LSD – N= 498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).	83
Fig. 5.20. Formato de registro de resultados para el ensayo de compresión paralela a las fibras.	86
Fig. 5.21. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 664 – Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).	87
Fig. 5.22. Curva de densidad por Departamento - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).	87
Fig. 5.23. Box-whisker Región Andina N= 664- Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).	88
Fig. 5.24. Box-whisker por Departamento N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	89
Fig. 5.25. Diagnóstico de residuales Región Andina N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	90
Fig. 5.26. Intervalos LSD N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	90
Fig. 5.27. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	91
Fig. 5.28. Curva de densidad por Departamento - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	91
Fig. 5.29. Box-whisker Región Andina N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	92
Fig. 5.30. Box-whisker por Departamento N= 651 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	93
Fig. 5.31. Diagnóstico N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	94
Fig. 5.32. Intervalos LSD - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).	94

Fig. 5.33. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 632- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).....	96
Fig. 5.34. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).....	96
Fig. 5.35. Box-whisker por Departamento N= 632 - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).....	97
Fig. 5.36. Formato de registro de resultados para el ensayo de corte paralelo a las fibras sin nudo.	99
Fig. 5.37. Formato de registro de resultados para el ensayo de corte paralelo a las fibras con nudo.	100
Fig. 5.38. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	101
Fig. 5.39. Curva de densidad por Departamento N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	102
Fig. 5.40. Box-whisker Región Andina N=715- Esfuerzo último de corte (MPa).....	102
Fig. 5.41. Box-whisker por Departamento N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	103
Fig. 5.42. Diagnóstico - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa)	104
Fig. 5.43. Intervalos LSD - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).	104
Fig. 5.44. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	105
Fig. 5.45. Box-whisker Región Andina a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos.	106
Fig. 5.46. Box-whisker por Departamento N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	107
Fig. 5.47. Diagnóstico N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).	108
5.48. Intervalos LSD – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	108
Fig. 5.49. Curva de densidad por Departamento – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	109
Fig. 5.50. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	110
Fig. 5.51. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).....	111
Fig. 5.52. Formato de registro para el ensayo a compresión perpendicular a las fibras....	113
Fig. 5.53. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 581- Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	113
Fig. 5.54. Box-whisker Región Andina N= 581- Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	114
Fig. 5.55. Diagnóstico de residuales Región Andina N= 573 – Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa).	116
Fig. 5.56. Intervalos LSD - Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	117
Fig. 5.57. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 573 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).	118
Fig. 5.58. Box-whisker Región Andina. a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos. ...	119
Fig. 5.59. Box-whisker por Departamento N= 512- Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa).....	119
Fig. 5.60. Diagnóstico N= 573 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	120

Fig. 5.61. Intervalos LSD – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	121
Fig. 5.62. Histograma con las curvas de densidad y normal – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	122
Fig. 5.63. Box-whisker Región Andina N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	123
Fig. 5.64. Box-whisker por Departamento N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	123
Fig. 5.65. Diagnóstico N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	124
Fig. 5.66. Intervalos LSD– Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).....	125
Fig. 5.67. Formato de registro para ensayo de flexión.	127
Fig. 5.68. Histograma con las curvas de densidad y normal – Flexión.	128
Fig. 5.69. Box-whisker Región Andina – Esfuerzo último de flexión (MPa).....	129
Fig. 5.70. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).	130
Fig. 5.71. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	131
Fig. 5.72 Histograma con las curvas de densidad y normal N= 149 - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	132
Fig. 5.73. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	133
Fig. 5.74. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	133
Fig. 5.75. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).	134
Fig. 5.76. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	135
Fig. 5.77. Histograma con las curvas de densidad y normal - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	136
Fig. 5.78. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	137
Fig. 5.79. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de flexión (MPa).....	137
Fig. 5.80. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).	138
Fig. 5.81. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa).	139
Fig. 6.1. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Compresión paralela a las fibras.....	146
Fig. 6.2. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Compresión perpendicular a las fibras.	147
Fig. 6.3. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Flexión.	147
Fig. 6.4. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Tracción paralela a las fibras.	148
Fig. 6.5. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Corte paralela a las fibras.	148
Fig. 6.6. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.	152
Fig. 6.7. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.	153
Fig. 6.8. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de flexión.....	153
Fig. 6.9. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de tracción.	154
Fig. 6.10. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de corte.	154

Fig. 6.11. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último a compresión paralela a.....	155
Fig. 6.12. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras.....	156
Fig. 6.13. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último a flexión.	156
Fig. 6.14. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último de tracción paralela a las fibras.....	157
Fig. 6.15. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.....	157

GLOSARIO

Basa: es la parte media del culmo. La basa inicia cuando termina la cepa, su longitud es variable y depende de la longitud total del culmo.

Bosque montano: bosque que se encuentra bajo la influencia del clima de montaña debido a su altitud.

Cambium: es un tejido vegetal meristemático específico de las plantas leñosas, compuesto normalmente por una capa única de células embrionarias.

Cepa: es la parte inicial del culmo, considerándose los tres primeros metros. La cepa está conectada con el rizoma y posee el mayor diámetro y la pared más gruesa. La cepa también se conoce como la parte inferior del culmo.

Clasificación Climática: división de los climas de la Tierra en un sistema mundial de regiones contiguas, cada una de las cuales está caracterizada por una homogeneidad relativa de los elementos climáticos. Las clasificaciones se basan en elementos como la temperatura y la lluvia.

Clima: síntesis de las condiciones meteorológicas correspondientes a un área específica, caracterizada por las estadísticas, basadas en un período largo, de las variables referentes al estado de la atmósfera.

Contenido de humedad: contenido de agua, expresado como la relación en porcentaje entre el peso del agua contenida en un cuerpo y el peso de dicho cuerpo en estado anhidro.

Culmo: tallo aéreo formado por segmentos (entrenudos) que vienen separados por nudos.

Diámetro externo: diámetro de una sección transversal de una pieza de guadua, medido entre dos puntos diametralmente opuestos y correspondientes a la superficie externa.

Elemento climático: cualquiera de las propiedades o condiciones de la atmósfera que, tomadas en conjunto, particularizan el estado físico del tiempo o del clima en un lugar y en un momento o período cronológico determinado.

Especie: en biología y en taxonomía, la especie biológica es el conjunto o la población natural de individuos (seres humanos, animales, plantas, minerales) que tienen características semejantes o en común y son capaces de reproducirse entre sí, creando descendencia fértil y presentando antecesores comunes.

Espesor de la pared: grosor de la pared de una probeta de *Guadua angustifolia Kunth* en mm.

Evapotranspiración potencial – ETP: es un elemento climático que se analiza a partir del balance hídrico y permite determinar las pérdidas de agua de una superficie de suelo. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para conocer el agua disponible en el suelo para ser utilizada por las plantas en su crecimiento y producción. Mediante la comparación con la lluvia, esta cuantificación permite establecer las necesidades de riego o drenaje en una región determinada, constituyendo una variable indispensable en los estudios de ordenamiento y clasificación agroclimática.

Factor climático: condiciones físicas (que no sean los elementos climáticos) que controlan el clima (latitud, altura, distribución de tierra y mar, topografía, corrientes oceánicas).

Fibra: filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales o que presentan en su textura algunos minerales.

Filogenia: es el estudio de la historia evolutiva y las relaciones entre individuos o grupos de organismos. Estas relaciones se descubren a través de métodos de inferencia filogenética que evalúan rasgos hereditarios observados, como secuencias de ADN o morfología bajo un modelo de evolución de estos rasgos.

Floema: tejido vegetal constituido por los vasos o conductos que transportan la savia elaborada.

Género: en taxonomía es un término utilizado en la clasificación científica y el agrupamiento de organismos vivos formando un conjunto de especies con características morfológicas y funcionales que reflejan la existencia de ancestros comunes y próximos.

Haces vasculares: los tejidos vasculares primarios se forman a partir del procámbium. En el tallo de las plantas vasculares la xilema y el floema primarios se presentan asociados formando cordones denominados haces vasculares. Tanto la xilema como el floema constan de dos partes que se desarrollan una después de otra: proto y metaxilema, y proto y metafloema.

Holocelulosa: la fracción total de polisacáridos de la madera, bambú y similares que se compone de celulosa y todas las hemicelulosas y que se obtiene al eliminar los extractos y la lignina del material natural original.

Índice climático: caracterización numérica de un clima en función de los elementos climáticos principales.

Liquen: los líquenes son organismos que surgen de la simbiosis entre un hongo (llamado micobionte, perteneciente a las divisiones *Ascomycota* o *Basidiomycota*), y un alga (llamada ficobionte, perteneciente a las divisiones *Chlorophyta* o *Heterokonta*) o cianobacteria.

Lumen: en Biología, el lumen (del latín *lūmen*, abertura o lateral) es el espacio interior de una estructura tubular, como en una arteria o intestino. Por extensión, el lumen puede ser también el espacio interno de un componente o estructura celular.

Luz. espacio libre entre los soportes del culmo en el equipo utilizado para el ensayo de flexión.

Macroclima: clima de una región geográfica extensa, de un continente o incluso de todo el mundo.

Mesoclima: clima de una región natural de pequeñas dimensiones (valle, bosque, etc.); la escala es intermedia entre la del microclima y la del macroclima.

Metafloema: tiene elementos cribosos con células acompañantes, además de células parenquimáticas. En las plantas sin crecimiento secundario es el único floema de los órganos adultos.

Metaxilema: tejido que puede tener vasos reticulados y punteados y fibras; es el único tejido conductor de las plantas que no poseen crecimiento secundario.

Microclima: Estructura del clima de escala pequeña presente en la capa atmosférica adyacente a una superficie determinada.

MOE: módulo de elasticidad.

MOR: módulo de rotura o esfuerzo de rotura dado en N/mm^2 .

Muestra: cantidad o grupo de probetas o especímenes.

Orden: dentro los rangos genealógicos para la clasificación de la guadua, Orden (Cyperales/Glumiflorales) es una división de la Clase, (Lilopsidas/Monocotiledóneas) que también se basa en características comunes de algunos seres vivos dentro de una clasificación taxonómica.

Parénquima: es el tejido fundamental de las plantas que prevalece en la mayoría de los órganos vegetales formando un todo continuo. Se localiza en todos los órganos vegetales llena espacios libres que dejan otros órganos y tejidos.

Probeta. segmento o pieza de Guadua que se usa para ensayos o pruebas de laboratorio, con medidas específicas.

Procámbium: tejido meristemático que aparece tempranamente en el embrión, a partir del cual se originan los tejidos conductores primarios.

Proto: prefijo (proto-) significa antes, primaria, primero, primitivo, u original. Se deriva del griego *prôtos* que significa en primer lugar

Protofloema: son células estrechas en el floema (tejido vascular) que se forman por primera vez durante el crecimiento de tejido, la mayor parte de las células son parenquimáticas; sus elementos se obliteran y aplastan muy pronto.

Protoxilema: tejido formado por traqueidas anilladas o espiraladas que eventualmente se estiran y destruyen.

Rizoma: tallos subterráneos horizontales y cespitosos que cumplen la función de absorción, conducción y almacenamiento de nutrientes.

Rodal: conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes.

Sobrebasa: parte superior del culmo.

Tipos climáticos: climas que poseen algunos componentes esenciales semejantes. Se presentan en sectores aislados dentro de diferentes zonas climáticas. Por ejemplo, el clima húmedo puede aparecer tanto en la zona tropical como en la templada o en la fría.

Traqueidas: son células alargadas cuyas extremidades están afiladas en bisel. Cumplen al mismo tiempo funciones de conducción y sostén.

Trozar. dividir en segmentos un culmo.

Xilema: tejido vegetal formado por células muertas, rígidas y lignificadas que conducen la savia y sostienen la planta.

SÍMBOLOS Y TÉRMINOS ABREVIADOS

A	Área de la sección transversal en mm ² , calculada como $(\pi / 4) \times [D^2 - (D - 2t)^2]$, en donde D y t son valores promedios de las mediciones en la probeta.
D	Diámetro externo en mm.
δ	Deflexión o deformación en mm (se lee "delta").
E	Módulo de elasticidad en MPa.
F	Carga en N.
G	Módulo de corte en MPa.
I_B	Momento de inercia en mm ⁴ .
L	Luz en el ensayo de flexión. Longitud de la probeta en los ensayos en compresión, corte y tensión. Unidades en mm.
CH	Contenido de humedad en %.
m	Masa en g.
π	Se toma como 3,14.
ρ	Densidad (masa por unidad de volumen) en kg / m ³ (se lee "rho").
σ	Tensión normal en MPa (se lee "sigma").
t	Espesor de la pared en mm.
τ	Tensión tangencial en MPa (se lee "tau").
W	Módulo resistente de la sección en mm ³ .
NTC	Norma Técnica Colombiana.
MOE	Módulo de elasticidad
MOR	Módulo de rotura
Subíndice	
ult	último (usado para la resistencia en el punto de falla)

NOTA 1 MPa = 1 N / mm².

RESUMEN

En el año 2010, el Reglamento colombiano de construcción sismoresistente (NSR-10) estableció el procedimiento de diseño basado en el método de los esfuerzos admisibles para utilizar la *Guadua angustifolia Kunth* como material de construcción. En la región Andina de Colombia hay gran presencia de bosques naturales de Guadua. Sin embargo, las condiciones geográficas y ambientales (temperatura, pluviosidad, altura sobre el nivel del mar, etc.) dificultan el aprovechamiento de este material para la construcción. Más aún, su localización se encuentra principalmente en lugares de difícil acceso, generando, además de una gran dispersión en sus propiedades físico mecánicas, grandes costes económicos asociados a la caracterización mecánica del material para su uso en aplicaciones estructurales. Por ello, nace la necesidad de plantear un sistema simplificado que permita estimar las propiedades mecánicas de la Guadua, que se pueda ejecutar en cualquier lugar remoto y que también reduzca los costes asociados al transporte de muestras y pruebas de laboratorio.

Esta tesis doctoral propone una metodología que permite determinar las características mecánicas de la *Guadua angustifolia* que crece en la región Andina de Colombia. Se ha llevado a cabo una amplia campaña experimental donde se realizaron 2917 ensayos de laboratorio que tuvieron en cuenta variables como la procedencia, la temperatura y la pluviosidad, así como el diámetro y espesor de pared del tallo. Con ayuda de análisis estadísticos que permitieron eliminar los datos atípicos obtenidos de los ensayos, se han evaluado las propiedades mecánicas de la Guadua: resistencia a tracción, compresión, corte y flexión. Dichas variables se han correlacionado mediante modelos estadísticos para así determinar su relación con los esfuerzos mecánicos resultantes de la campaña experimental. Estos modelos estadísticos, basados y calibrados con multitud de datos experimentales, han perseguido la predicción de los valores de esfuerzo últimos del material antes de su extracción en el bosque y directamente desde un trabajo sencillo de campo. Los resultados y conclusiones alcanzadas en esta tesis doctoral serán de gran utilidad para científicos, arquitectos, ingenieros y constructores en general, ya que permitirán estimar propiedades de la Guadua de una manera económica, precisa y rápida.

Palabras clave:

guadua, construcción, modelo, estadística, sismo resistencia

ABSTRACT

During 2010, Colombian seismic-resistant regulation for construction (NSR-10) established the design procedure using the admissible load method to use *Guadua Angustifolia Kunth* as a construction material. At the Colombian Andean region, there are a large number of *Guadua* forests. However, the geographical and environmental conditions (e.g. temperature, rainfall, height above sea level, etc.) limits its exploitation as a construction material. Moreover, these forests are mainly found at remote locations with difficult access, not only making its physical and mechanical properties greatly scattered but also increasing the costs related to identifying its strength for structural applications. As a direct consequence, the necessity of a simplified system that ease the estimation of these properties emerges, not only to foster on-field testing but also to reduce transport and laboratory testing costs.

This doctoral thesis proposes one solution to determine the mechanical properties of the *Guadua Angustifolia Kunth* that grows at Colombian Andean region. For this, 2917 laboratory tests were done to relate variables such as the origin, temperature and rainfall, and the stem diameter and thickness. From this first part of the study, mechanical strength properties of the *guadua* such as tension, compression, shear and bending were determined with the help of statistical filters to eliminate the abnormal data from tests. Then, all this data was used to statistically model the relationship within the variables and the mechanical strength. The goal of these models is to predict mechanical ultimate strength at the field without doing physical extraction or mechanical tests. These models will enable scientists, architects and, in general, anyone in the construction sector to easily estimate the *guadua*'s mechanical properties in a cheaper, accurate and efficient manner.

Keywords:

guadua, Construction, Statistical Model, Seismic-Resistant

RESUM

L'any 2010 el reglament Colombià de construcció sismoresistent (*NSR-10) estableix el procediment de disseny basat en el mètode dels esforços admissibles, per a utilitzar la *Guadua angustifolia Kunth* com a material de construcció. A la regió Andina de Colòmbia hi ha gran presència de boscos naturals de guadua. Però les condicions geogràfiques i ambientals (ex. temperatura, pluviositat, altura sobre el nivell de la mar, etc.) dificulten el seu aprofitament com a material constructiu. Més encara, la seua localització està principalment en llocs de difícil accés no sols generant una gran dispersió en les seues propietats físic mecàniques, sinó també els costos associats per a identificar la seua resistència per a aplicacions estructurals. Com a conseqüència directa, naix la necessitat de plantejar un sistema simplificat que permeta estimar aquestes propietats que no sols es puga executar en el lloc concret de la plantació, sinó que també reduïska els costos de transport i proves de laboratori.

Aquesta tesi doctoral proposa una solució que permet determinar les característiques mecàniques de la *Guadua angustifolia Kunth* que creix a la regió andina de Colòmbia. Per a això, en primer lloc, es van realitzar 2917 assajos de laboratori relacionant variables com l'origen d'extracció, la temperatura i pluviositat, i el diàmetre i grossària de paret de la tija. Amb aquests assajos, i amb ajuda de l'estadística per eliminar dades atípiques, es caracteritzaren les propietats mecàniques de la guadua com la seua resistència a la tracció, compressió, tallant i moment. Posteriorment, amb tots aquests resultats, es va modelar estadísticament les relacions entre les variables considerades i els esforços mecànics. El propòsit d'aquests models ha sigut el de predir valors d'esforços últims d'aquest material en camp abans de l'extracció i de la realització de qualsevol assaig mecànic. Aquests models són de gran importància perquè científics, arquitectes, enginyers i constructors en general, puguen estimar propietats de la guadua d'una manera econòmica, precisa i ràpida.

Paraules clau:

guadua, construcció, model, estadística, sisme-resistència

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

El bambú ha sido utilizado por el hombre en las regiones donde crece naturalmente. Diferentes culturas del mundo han valorado esta planta por sus múltiples beneficios, tanto que en algunas regiones ha llegado a formar parte de su cultura y evolución.

El bambú guadua es una planta que genera beneficios ambientales en el suelo, en las fuentes hídricas y en el aire. A modo de ejemplo de los múltiples beneficios que presenta la guadua se pueden citar aquellos generados en el suelo: (i) el control de la erosión por su complejo sistema de raíces; (ii) la mejora de la calidad del sustrato superficial del suelo por su gran volumen de exfoliación; y (iii) el control de la humedad natural de este sustrato, absorbiendo el exceso de agua o suministrando agua que almacena en los entrenudos en condiciones de sequía.

El uso de la *Guadua angustifolia* se centra principalmente en la fabricación de artesanías y en la construcción de casetones y esterillas. También se usa en forma de guadua rolliza para vivienda rural y vivienda informal, establos, puentes peatonales y cubiertas. Como referente se puede citar a Oscar Hidalgo [1,2], que ha estudiado los usos y técnicas de construcción de la guadua desde los años setenta.

En Colombia hay una tradición de construcción de viviendas con *Guadua angustifolia* que data de siglos. Se conoce como material resistente, liviano y económico y es apreciado como un material de construcción versátil, ecológico, renovable y reciclable. Además, tiene una elevada disponibilidad ya que es un material abundante en tres de las cinco regiones de Colombia.

Como material resistente, la guadua presenta unas propiedades físico-mecánicas que permiten hacer con este material grandes construcciones y también intentar solucionar el gran déficit de vivienda de interés social en Colombia, a precios reducidos.

Su comportamiento sísmico ha sido evaluado debido a los diferentes terremotos que han sucedido en la historia colombiana, demostrando una buena adaptación a los efectos de los sismos. Al mismo tiempo dicha evaluación ha permitido detectar y corregir los errores cometidos por un uso inadecuado de este material. En el año 2010 el Reglamento colombiano para el diseño de construcciones sismoresistentes incluyó la *Guadua angustifolia* como material estructural. Se establecieron mejores estándares de calidad y un marco normativo que definió: (i) parámetros normalizados para el diseño de estructuras en *Guadua angustifolia* por el método de esfuerzos admisibles; (ii) parámetros de inspección visual; y (iii) los procedimientos constructivos que deberían utilizarse.

Hay multitud de usos del bambú como planta y especialmente la utilización del culmo, de los cuales solo unos pocos pueden resumirse brevemente [1]. El amplio espectro de aplicaciones se puede dividir en usos del culmo vivo como alimento y el uso del culmo cosechado como material de construcción. En los países tropicales, el bambú fue uno de los primeros materiales utilizados por la humanidad para mejorar la comodidad y bienestar. Su amplia distribución y disponibilidad, su rápido crecimiento, sus buenas propiedades mecánicas y su fácil manejo hacen del bambú un material ideal para innumerables usos. Estudios de silvicultura han determinado que las condiciones favorables para el cultivo y propagación de la guadua en Colombia está entre 1000msnm y 2000msnm (**metros sobre nivel del mar**).

El bambú a veces todavía se llama "la madera del hombre pobre" por ser un material utilizado principalmente por personas del campo y por personas de bajos recursos. Dado que las especies de bambú varían en sus propiedades, su idoneidad para diferentes productos también lo hace. Los múltiples usos del bambú se han tratado de forma intensiva en numerosos libros (v.g. [1–3]).

El bambú se considera adecuado como material de construcción por su seguridad, resistencia y rigidez [4]. Además, presenta un bajo coste [5], que convierte a este material como candidato óptimo para solucionar déficit de vivienda, construcciones escolares, puentes o andamios de gran altura. Diversas investigaciones han estimado valores sobre las propiedades mecánicas del bambú estructural en la construcción de estructuras ligeras y fuertes [6–8]. Además, también se ha regulado la construcción de este material con la aparición de códigos de construcción en bambú, como la NSR-10 de Colombia y la NBC de la India (National Building Code of India) [9,10].

Colombia tiene una larga tradición en la construcción de puentes de bambú desde épocas precolombinas hasta el presente, con la construcción de múltiples puentes peatonales de guadua en zonas urbanas con luces de hasta 42 metros de longitud. Investigaciones recientes han buscado desarrollar puentes peatonales contruidos con módulos estructurales que pueden llegar a alcanzar luces de 21 metros de longitud, cumpliendo, además, con las especificaciones de carga del código de construcción de puentes de Colombia mediante la realización de pruebas de carga a escala real de los puentes una vez ejecutados [11,12].

Uno de los aspectos estructurales más relevantes en la construcción con bambú son las uniones. Las edificaciones deben soportar las cargas verticales y laterales causadas por fuerzas de viento y sismo, condición que ha motivado a los investigadores a buscar propuestas seguras. Se ha estudiado, por ejemplo, la conexión entre una columna de guadua y la cimentación con pruebas estáticas y dinámicas de las conexiones, y en donde la utilización de mortero combinada con pernos aumenta ligeramente la resistencia de la conexión a medida que reduce drásticamente su ductilidad [13]. La utilización de clavos o tornillos, sin embargo, es inapropiada para el bambú tal y como demostraron estudios realizados con la especie guadua [14]. Las uniones con perno reforzadas con fibra natural tienen una influencia insignificativa; aunque otras uniones envueltas con plástico reforzado con fibra aumenta la capacidad de carga [15]. Las uniones entre listones rollizos y platinas, o pletinas metálicas con pernos y tuercas para producir elementos prefabricados livianos en forma reticular para soportar pisos y cubiertas, puede ser una alternativa para la construcción de vivienda [16].

Aunque el reglamento colombiano de construcción sismoresistente, NSR-10, permite la utilización de la *Guadua angustifolia* como material estructural para la construcción de estructuras en Colombia, existe un número muy reducido de estudios a diferencia de los realizados para otros materiales. Es por ello que el estudio de las propiedades físico-mecánicas del bambú guadua como material de tipo estructural a nivel nacional es prioritario. Las construcciones de vivienda rural, vivienda de interés prioritario (VIP) y vivienda de interés social (VIS) utilizando guadua puede ser en ciertos lugares una alternativa para bajar el déficit de vivienda en Colombia.

La relevancia de la presente tesis doctoral puede incidir en diferentes niveles:

A nivel internacional: incrementar el nivel de conocimiento del bambú y fijar una pauta para definir sus prestaciones aplicables, con la utilización de una herramienta predictiva para establecer el valor de un esfuerzo último con un nivel de confianza adecuado.

A nivel nacional: con el establecimiento inicial de un mapa nacional, con los valores de los diferentes esfuerzos últimos de la guadua en función de su localización, que servirá para optimizar la cantidad de material a utilizar en la estructura.

A nivel regional: utilizar los valores de los esfuerzos admisibles obtenidos para cada región, y así aplicar estos valores de referencia para las diferentes solicitudes con mayor seguridad. Cabe recordar en este punto que los laboratorios certificados de ensayo de materiales están alejados de las fuentes de extracción del bambú guadua, generando costes muy altos en el transporte del material.

1.2. Planteamiento de la investigación

El problema que plantea la investigación es el de la falta de caracterización de la guadua en cuanto a sus propiedades resistentes que permita a los especialistas en diseño y construcción, a sus usuarios en general, tomar decisiones sobre la forma y condiciones de aplicación de dicho material tan común y muy utilizado como elemento de construcción en países como Colombia.

No existe una clasificación y caracterización amplia y fiable de la guadua en Colombia, como lo demuestra nuestra revisión bibliográfica. Dicha inexistencia hace necesaria la presente investigación con el fin, no sólo de caracterizar dicha guadua, sino también de establecer criterios y modelos que permitan estimar sus características mecánicas de forma previa y con garantías para su uso en diseños proyectos de construcción.

La delimitación o alcance del objeto de la investigación se fija en la guadua *Angustifolia* de la denominada Región Andina de Colombia cuyo clima, con sus diferentes parámetros de caracterización, tiene una influencia decisiva en el desarrollo de las características resistentes de aquélla.

El objetivo general de esta tesis doctoral es mejorar el conocimiento de las características mecánicas de la *Guadua angustifolia* que crece en la región Andina de Colombia, que permita su utilización de manera segura y eficaz en la construcción.

Los objetivos específicos son los siguientes:

-
- a) Identificar las variables de clima del lugar de origen que afecten a las propiedades de la guadua. Se analizan en el capítulo 3.
 - b) Desarrollo de una amplia campaña experimental de toma de muestras y ensayos destructivos en laboratorio, que permita disponer de una amplia base de datos de características mecánicas últimas y sus correspondientes variables de procedencia. En el capítulo 4 se detalla dicha campaña y los resultados obtenidos.
 - c) En base a los resultados de los ensayos realizados, obtener unos valores medios con un nivel de confianza del 95% y su correspondiente desviación típica de la resistencia a tracción, compresión y corte paralelos a las fibras, de la resistencia a flexión, y de la resistencia a compresión perpendicular a las fibras, que permita su utilización en los proyectos de estructuras de guadua. En el capítulo 5 de esta tesis se analizan los resultados experimentales hasta obtener los valores propuestos de las diferentes características mecánicas.
 - d) Mediante modelos estadísticos lineales múltiples, tomando como variables las del clima del lugar y el diámetro y el espesor de pared del culmo, predecir las diferentes características mecánicas de la *Guadua angustifolia* de la Región Andina de Colombia, en el lugar de crecimiento y antes de la extracción, sin necesidad de realizar ensayos mecánicos. Estos modelos y sus resultados se desarrollan en el capítulo 6.

Se definieron las variables objeto de investigación:

- a) Como características mecánicas a predecir se estudiaron las siguientes:
 - Tracción paralela a las fibras.
 - Compresión paralela a las fibras.
 - Corte longitudinal a las fibras.
 - Compresión perpendicular a las fibras.
 - Flexión.
- b) Como variables de clima se consideraron:
 - Temperatura media anual.
 - Pluviosidad media anual.
 - Altitud sobre el nivel del mar.
- c) Y como variables físicas de la guadua se consideran:
 - Diámetro del culmo o tallo.
 - Espesor de la pared del culmo.

Con las variables o predictores seleccionados, fácilmente medibles en el sitio de crecimiento de la guadua, se pretende realizar un análisis de correlaciones para, en el caso de tener variables fuertemente correlacionadas, tomar decisiones acerca de cuáles deben retirarse de los modelos estadísticos lineales múltiples. La construcción de estos modelos se realizará teniendo en cuenta la contribución de cada variable independiente, así como todas las interacciones posibles entre las mismas. Para su construcción se empleará la herramienta del análisis de varianza o ANOVA en

cada modelo. Esta herramienta permitirá establecer la significancia de cada variable o predictor dentro del modelo, retirando del modelo variables con poca significancia que no aportan a un mayor coeficiente de correlación del modelo, simplificando de este modo, las ecuaciones predictoras. Finalmente, una vez construidos los modelos se pretende realizar una validación mediante gráficos cuantil- cuantil (Q-Q Plot), que permiten verificar que exista una relación lineal entre el conjunto de datos y una distribución ideal. Esta validación permite también verificar que los residuos o errores resultantes de los modelos se distribuyan aleatoriamente en torno a cero y con una variabilidad constante.

1.3. Contenido

La presente tesis doctoral se estructura en base a ocho capítulos, siendo el primero de ellos el que define la introducción, objetivos y contenido del trabajo llevado a cabo.

El segundo capítulo trata el estado del arte donde se contemplan dos aspectos distintos: i) las características generales del bambú; y ii) las características del bambú como elemento estructural en construcción. El primer aspecto presenta al bambú en las condiciones de su hábitat natural, mediante el estudio botánico y su evolución taxonómica de acuerdo con las últimas investigaciones científicas. También se considera la morfología anatómica del bambú de las diferentes especies y el estudio de su composición química. Adicionalmente, se estudia la incidencia del manejo silvicultural, reconociendo sus ventajas medio ambientales. Finalmente, también se describen las características de las propiedades físicas de bambú como el contenido de humedad, la densidad, los cambios dimensionales y el punto de saturación de la fibra. En el segundo aspecto del estado del arte se estudian temas como las propiedades mecánicas del bambú y la guadua y las principales fallas de las estructuras de guadua, y se muestran las principales construcciones de bambú y guadua en el mundo y en Colombia. También se analiza la producción del bambú a nivel mundial.

En el tercer capítulo se trata el estudio de las regiones naturales de Colombia, la caracterización de la Región Andina de Colombia, la definición de las principales variables climáticas tanto a nivel mundial como a nivel Colombia y la determinación de los parámetros de la clasificación de climas en el territorio colombiano.

En el capítulo cuarto se detalla el ambicioso trabajo experimental llevado a cabo, con la determinación del material de estudio, el planteamiento del número de ensayos realizados, la metodología para el corte e identificación de culmos y el procedimiento para el registro y elaboración de probetas. Se detallan también las expresiones matemáticas aplicadas para el cálculo de los diferentes parámetros necesarios en cada uno de los ensayos.

El resultado de los ensayos se presenta en el capítulo quinto, realizando el primer filtrado de resultados. En este filtrado, se eliminan aquellos ensayos que no cumplen los requisitos exigidos con la Norma Técnica Colombiana NTC 5525. A partir de aquí se realiza un estudio y análisis de los parámetros estadísticos escogidos para la interpretación y predicción de los esfuerzos últimos de tracción paralela a las fibras, de compresión paralela a las fibras, de corte paralelo a las fibras, de corte perpendicular a las fibras y de flexión.

En el capítulo sexto se determinan los esfuerzos últimos estudiados, a partir de las variables físicas y climáticas, con la utilización e implementación de modelos de predicción de resistencia basados en regresiones lineales múltiples.

El capítulo siete, finalmente, presenta las conclusiones, aportaciones originales de la tesis y un planteamiento de futuras líneas de investigación, así como el impacto y posible aplicación de la presente investigación.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Características del bambú

2.1.1 Introducción

El bambú pertenece a la familia *Poaceae*¹. Las plantas que pertenecen a esta familia son herbáceas y, en raras excepciones, leñosas, como es el caso del bambú. El bambú es una planta de rápido crecimiento que ha atraído la atención, no solo de biólogos, sino también de ingenieros y de arquitectos [17].

Los bambúes son nativos de todos los continentes, excepto de la Antártida y Europa, y tienen una distribución latitudinal de 47° S a 50° 30' N. Se pueden encontrar desde el nivel del mar hasta 4,300 msnm (metros sobre el nivel del mar) [18] y crecen en una amplia variedad de tipos de bosques, generalmente con una humedad moderada o alta. Tienen la capacidad de crecer tanto en regiones templadas como en regiones tropicales, e incluso en algunos casos se han adaptado a pastizales más abiertos o se encuentran en hábitats diferentes [19].

Los bambúes incluyen 1.482 especies clasificadas en aproximadamente 119 géneros, que a su vez se agrupan en tres tribus: la tribu *Arundinarieae*, formada por 546 especies y conocida como los bambúes leñosos de climas templados, aunque algunas especies se presentan en los trópicos en elevaciones altas; la tribu *Bambuseae*, formada por 812 especies y conocida como los bambúes leñosos de la zona tropical, aunque algunos bambúes se producen fuera de los trópicos; y la tribu *Olyreae*, formada por 124 especies y conocida como los bambúes herbáceos [20,21].

2.1.2. Definición

Los bambúes comprenden la subfamilia *Bambusoideae*, una de las 12 subfamilias reconocidas actualmente dentro de la familia de las gramíneas (*Poaceae*) [19,21]. A diferencia de las otras gramíneas, los bambúes son el linaje que se ha adaptado y diversificado en su hábitat natural. De hecho, los datos de la secuencia molecular apoyan firmemente a los bambúes como un linaje distinto [20,22–24]. Dentro de la subfamilia *Bambusoideae* pueden también diferenciarse dos subcategorías, los bambúes herbáceos y los bambúes leñosos, siendo estos últimos los de mayor interés para la ingeniería de la construcción y estructural.

En la Tabla 2.1, se especifica las diferencias entre los bambúes y los árboles (madera).

¹ Las poáceas (*Poaceae*) o gramíneas son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas, perteneciente al orden Poales de las monocotiledóneas.

Tabla 2.1. Comparación entre los bambúes y los árboles (madera) [25].

Bambú	Árbol (madera)
Bajo el suelo posee rizomas y raíces	Bajo el suelo posee solamente raíces
Culmo (tallo) usualmente hueco y segmentado	Tallo sólido y no segmentado
La parte más dura está en la periferia	La parte más fuerte está en el interior
No hay cambium vascular por lo que el culmo no aumenta de diámetro con la edad	El cambium vascular está presente por lo que el tallo aumenta de diámetro con la edad
Los tejidos conductores, el floema y xilema, están juntos dentro de cada haz vascular.	Los tejidos conductores, floema y xilema, están separados por el cambium vascular.
Culmos carecen de corteza	Los tallos tienen corteza
No hay comunicación radial (lateral) en los culmos, excepto en los nodos	Comunicación radial (lateral) en todo el tallo.
Los culmos crecen extremadamente rápido (hasta 36 m de altura a los 6 meses), alcanzando su altura máxima en una temporada de crecimiento	Los tallos crecen lentamente en altura y diámetro durante muchas temporadas
Los culmos crecen en una asociación de una red de rizomas, de modo que cada culmo depende de los demás y la cosecha de un culmo afecta directamente al resto de la comunidad.	Cada tallo generalmente crece como un individuo independiente, y la cosecha de un tallo no afecta directamente al resto de la comunidad.

2.1.3. Hábitat

Los bambúes son bien conocidos como pastos forestales, aunque algunas especies se han irradiado hacia hábitats abiertos y otras especies herbosas o arbustivas están a alturas elevadas en los sistemas montañosos de los trópicos. Se puede afirmar que los bambúes ocupan una amplia gama de tipos de hábitats, especialmente en bosques desde zonas climáticas templadas a zonas climáticas tropicales, siendo a menudo elementos dominantes o altamente visibles de la vegetación [19].

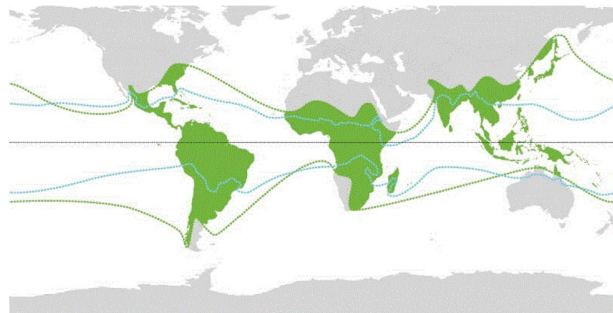


Fig. 2.1 Hábitat global del bambú

Muchos bambúes, especialmente los géneros de mayor porte como la *Bambusa*, el *Dendrocalamus*, el *Eremocaulon*, la *Guadua*, el *Gigantochloa* y el *Schizostachyum*, crecen en bosques húmedos tropicales de tierras bajas o en bosques montañosos² de tierras altas de hasta 2400 metros de

² El bosque montano o bosque de montaña es el bosque que se encuentra bajo la influencia del clima de montaña debido a su altitud.

elevación. También es común ver estos bambúes en los valles, a lo largo de ríos o arroyos, especialmente en bosques secundarios con exclusión, habitualmente, de otra vegetación [19].

Algunas especies o géneros de tierras bajas (p. ej., *Dendrocalamus strictus* en India, *Guadua paniculata*, *Guadua otatea* en México y *Guadua angustifolia* en Colombia, *Perrierbambus* en Madagascar) están bien adaptadas a los tipos de bosques más secos y algunas son tolerantes a la sequía y adaptadas al fuego para sobrevivir en sus hábitats de pastizales. El bosque más extenso de estos tipos son los bosques dominados por guadua en la cuenca del Amazonas [19,26–28].

Se puede concluir que los bambúes leñosos se adaptan a diferentes condiciones geográficas, llegando a ser dominantes en algunos sitios.

2.1.4. Taxonomía del bambú

Mientras que los primeros usos del bambú en las artes fueron documentados en China, los primeros estudios taxonómicos de los bambúes fueron realizados en el mundo occidental. Sin embargo, en el último siglo, el trabajo realizado por botánicos en aquellas regiones en donde el bambú es más diverso (Asia, América Central y América del Sur) han contribuido a una mejor comprensión de la diversidad y evolución del bambú [19].

De las primeras publicaciones conocidas aparece la de Munro en 1868 [29], quien publicó una monografía en la que incluyó únicamente los bambúes leñosos a nivel mundial, un concepto taxonómico de los bambúes leñosos que persistió durante casi un siglo. La década de 1960 fue un período de investigación activa del bambú en muchas partes del mundo con aportes de McClure en 1966 [30]. Este autor realizó un exhaustivo trabajo sobre la planta de bambú señalando que todas las partes de las estructuras vegetativas y florales deberían usarse para la clasificación del bambú.

La siguiente fase del estudio de la taxonomía del bambú fue dirigida por T. R. Soderstrom en 1985 [31], quien hizo importantes contribuciones con estudios de la evolución de las gramíneas. Este autor investigó la diversidad y la evolución del bambú, enfocándose especialmente en los bambúes leñosos estadounidenses y de Sri Lanka, y registrando datos citológicos y morfológicos sobre los bambúes en un contexto evolutivo. Esta clasificación y la de Keng [32] y Clayton y Renvoize [33] fueron los últimos estudios globales del bambú publicados antes del estudio de los datos de secuencia molecular en la taxonomía de las plantas.

Durante los años 80 y 90 del siglo XX, la investigación del bambú en China comenzó a tener auge, incluyendo la revisión genérica global de Keng [32] en el registro de todos los bambúes chinos [19,34].

Young *et al.*, en el año de 1992 [35], concluyeron que la *Guadua angustifolia* debe considerarse como una especie polimórfica que consta de dos subespecies, subespecie *angustifolia* y subespecie *chacoensis*, y que se diferencian por un mosaico de caracteres vegetativos y reproductivos. Montiel *et al.*, en el año 2006 [36], realizaron estudios de la microestructura de la *Guadua amplexifolia* de Costa Rica y en el mismo año caracterizaron la *Guadua macclurei* [37].

En 2005 se formó el Grupo Bamboo Phylogeny³, formado por un equipo internacional de 21 taxónomos de bambú, coordinados por LG Clark. La creación de este grupo tenía un doble objetivo: i) generar un árbol evolutivo global (filogenia) para bambúes basado en datos extensos de secuencias de cloroplastos⁴; ii) producir una clasificación tribal y genérica revisada basada en la filogenia. Todos los estudios con muestreo suficiente resolvieron la clasificación de tres linajes, que ahora se reconocen como tribus: los bambúes leñosos templados (*Arundinarieae*), los bambúes leñosos tropicales (*Bambuseae*) y los bambúes herbáceos (*Olyreae*) [20]. En la figura 2.2 se puede apreciar la clasificación adoptada.

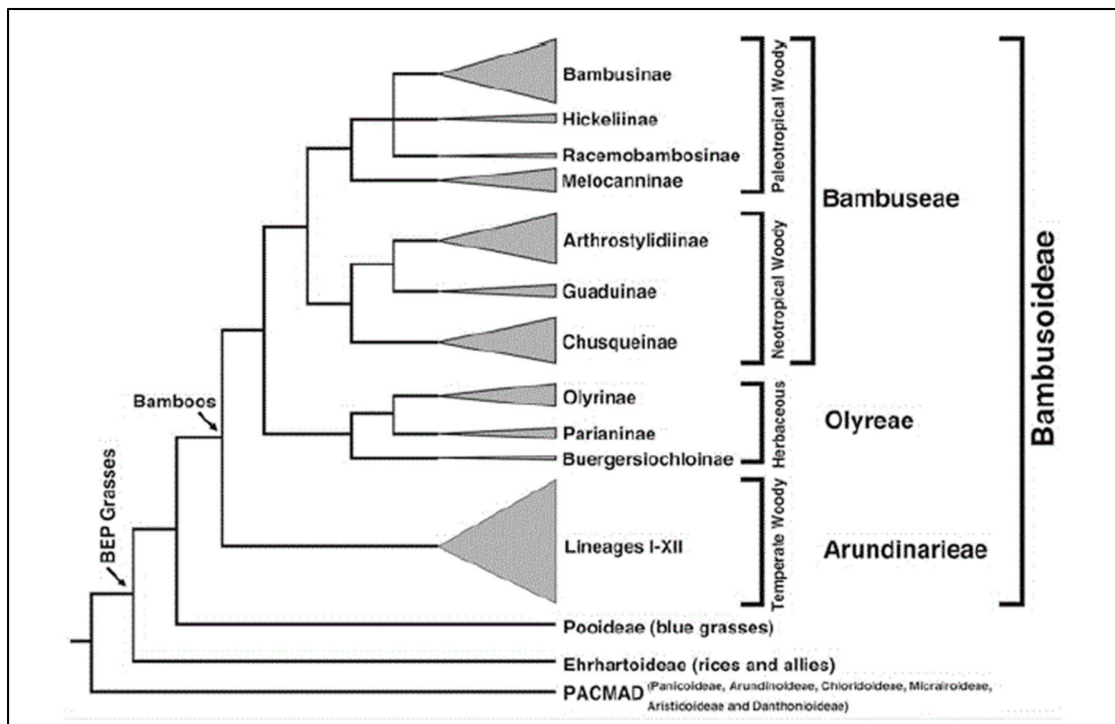


Fig. 2.2 Relación filogenética entre bambusoideae

³ Los miembros del grupo en orden alfabético son: Lynn G. Clark, Iowa State University, U.S.A.; Gilberto Cortés, Instituto Tecnológico de Chetumal, Mexico; Soejatmi Dransfield, Royal Botanic Gardens, Kew, England; Tarciso S. Filgueiras, Instituto de Botânica, São Paulo, Brazil; Amanda Fisher, Rancho Santa Ana Botanic Garden, California, U.S.A.; Trevor Hodgkinson, Trinity College, Dublin, Ireland; Emmet Judziewicz, University of Wisconsin – Stevens Point, U.S.A.; Scot Kelchner, Idaho State University, U.S.A.; Muktesh Kumar, Kerala Forest Research Institute, India; De-Zhu Li, Kunming Institute of Botany, Yunnan, China; Ximena Londoño, Colombian Bamboo Society, Colombia; M. Teresa Mejía-Saulés, Instituto de Ecología, Xalapa, Mexico; R. Patricia de Oliveira, Universidade Estadual Feira de Santana, Bahia, Brazil; Ana Paula Santos-Gonçalves, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil; Christopher Stapleton, Bamboo Identification, England; Sarawood Sungkaew, Kasetsart University, Bangkok, Thailand; Jimmy K. Triplett, Jacksonville State University, Alabama, U.S.A.; Elizabeth Widjaja, Indonesian Institute of Sciences, Indonesia; Khoon Meng Wong, Singapore Botanical Gardens, Singapore; Nian-He Xia, South China Institute of Botany, China.

⁴ Cloroplastos son dominios subcelulares ovoides, responsables de la fotosíntesis. El término cloroplastos sirve alternativamente para designar a cualquier plasto dedicado a la fotosíntesis, o específicamente a los plastos verdes propios de las algas verdes y las plantas.

2.1.5. Morfología anatómica del bambú

La estructura anatómica del bambú determina sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Estas propiedades se especialmente importantes en el culmo, que se define como el tallo aéreo (sobre el suelo) de una gramínea. El nombre proviene del latín *culmus*, palabra latina para "tallo", y originalmente se refería al tallo de cualquier tipo de planta [38]. La morfología anatómica del bambú ha sido estudiada exhaustivamente, siendo los estudios iniciales de Dietger Grosser como parte principal de su tesis doctoral [39], que fueron seguidos por Walter Liese [40].

La planta de bambú tiene tres componentes principales: raíz (adventicias), rizoma (tallo subterráneo) y culmo (tallo aéreo). El culmo ha sido estudiado con mayor profundidad, por ser la parte de la planta que posee las propiedades resistentes para la aplicación estructural del material.

2.1.5.1. Anatomía de un culmo

El culmo consiste en un tejido leñoso (pared de culmo) alrededor de un centro hueco. Solo unas pocas especies tienen un culmo sólido. El culmo de bambú está separado por bandas anulares (nodos). El espacio entre nodos se denomina entrenudos (véase Fig. 2.3). La longitud internodal difiere considerablemente entre las especies. El grosor de la pared de culmo muestra grandes diferencias entre los géneros⁵ y las especies⁶. Por ejemplo, el género *Guadua sp.* (género abundante en América) posee una pared gruesa en comparación con el género *Melocanna sp.* (género abundante en Asia) que posee una pared delgada [41].



Fig. 2.3. Detalle de bandas anulares y entrenudos en sección completa (izquierda) y corte transversal (derecha).

Cuando los culmos de bambú están bajo tensión de compresión, la rotura se produce frecuentemente en los nodos debido al acortamiento de las fibras y al engrosamiento simultáneo

⁵ Género, en taxonomía, es un término utilizado en la clasificación biológica y consiste en el agrupamiento de organismos vivos, formando un conjunto de especies con características morfológicas y funcionales que reflejan la existencia de ancestros comunes y próximos.

⁶ En biología y en taxonomía, la especie biológica es el conjunto o la población natural de individuos (seres humanos, animales, plantas, minerales) que tienen características semejantes o en común y son capaces de reproducirse entre sí, creando descendencia fértil y presentando antecesores comunes.

de la pared. Las bandas anulares o diafragmas tienen un bajo contenido de holocelulosa⁷, pero tienen más extractivos, más pentosanos, más lignina y ceniza que las paredes de los entrenudos. El diámetro del culmo disminuye con la altura del culmo aunque se presentan diferencias entre las especies [41]. El número de haces vasculares⁸ no cambia con la altura, mientras que el tejido parenquimático⁹ disminuye [25,41].

La estructura anatómica de un culmo de bambú es uniforme en comparación con la madera. La parte baja y media del culmo se utiliza generalmente para construcción. Existen pequeñas diferencias entre las aproximadamente 1,200 especies de bambú, aunque esto provoca que ciertas especies son preferidas para usos específicos [41].

2.1.5.2. Estructura del entrenudo

En los bambúes en general, el culmo está conformado en su 50% por células parenquimáticas, el 40% de fibras y el 10% de tejido vascular. En la guadua el porcentaje de área de fibra de la pared aumenta desde la base hasta la parte superior del culmo. En promedio, el culmo de *Guadua angustifolia* está formado por un 51% de parénquima, un 40% de fibra y un 9% de tejido vascular [25].

Una vista tridimensional de la sección transversal muestra los haces vasculares oscuros con sus haces de fibra dentro del tejido del parenquimático (Fig. 2.4), que contribuyen fuertemente al carácter estructural del culmo. Todos los culmos de bambú exhiben un patrón similar en la distribución de sus células (Fig. 2.5). El porcentaje de fibras disminuye de afuera hacia adentro, mientras que el tejido parenquimático aumenta. La base del culmo contiene más parénquima, y la parte superior tiene haces vasculares más pequeños con una alta porción de fibras, lo que proporciona una mayor esbeltez [39].

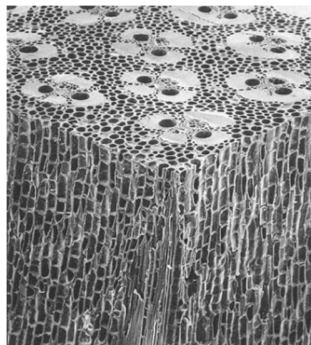


Fig. 2.4. Vista tridimensional tejido bambú [42]

⁷ Holocelulosa es el conjunto de polisacáridos estructurales de la madera, es decir, la celulosa más las hemicelulosas.

⁸ Haz vascular: En el tallo de las plantas vasculares la xilema y el floema primarios se presentan asociados formando cordones denominados haces vasculares.

⁹ El tejido parenquimático es el tejido vegetal fundamental que prevalece en la mayoría de los órganos vegetales y forma un todo continuo. Se localizan en todos los órganos vegetales y llena espacios libres que dejan otros órganos y tejidos.

Las células del parénquima son el tejido de base en el que están incrustados los haces vasculares que en forma conjunta contribuyen a la estabilidad y flexibilidad del culmo. En la parte exterior del culmo, las células del parénquima son pequeñas, pero se vuelven más grandes y largas hacia la parte interna. Las células del tejido parenquimático del culmo en la parte exterior (epidermis) contienen sílice, en proporciones variables dependiendo de la especie considerada [41].

Las fibras se caracterizan por ser largas, delgadas y con frecuencia se bifurcan en los extremos. Sus longitudes varían entre 1.3mm a 4.6mm y están presentes alrededor del haz vascular como conjunto de fibras o hebras aisladas. Son aproximadamente el 40% de la masa y el 60–70% del peso del culmo. El contenido y la longitud influyen en el peso específico y en la resistencia, así como en la elaboración de pulpa. La longitud de la fibra está fuertemente correlacionada con el diámetro de la fibra y el espesor de la pared celular, así como el Módulo de Elasticidad (MOE) y el Módulo Rotura (MOR) con el esfuerzo de compresión.

La parte externa del culmo, con su disposición más densa de fibras, tiene un peso específico mucho más alto que la parte interna [39]. La pared de la fibra consiste en tres capas:

- Pared primaria.
- Pared secundaria.
- Pared terciaria.

La microestructura de la pared celular contribuye a la flexibilidad de las fibras y, en combinación con el tejido parenquimático, a la excelente flexibilidad del culmo. También influye en el aspecto de la fractura tras la rotura [41].

El haz vascular consta de dos vasos de metaxilema, el metafloema acompañado con células de fibras en una vaina, siendo los componentes prominentes y claramente visibles en una sección transversal. En la figura 2.5 se muestra la variedad de las estructuras de haces vasculares de las distintas especies de bambú [41]. Los dos vasos grandes en los haces vasculares individuales realizan el transporte de agua (ascendente) dentro del culmo y el floema realiza el transporte descendente de asimilados que se almacenarán en el parénquima.

En la figura 2.6 se puede apreciar la forma de los haces vasculares desde el interior hasta el exterior.

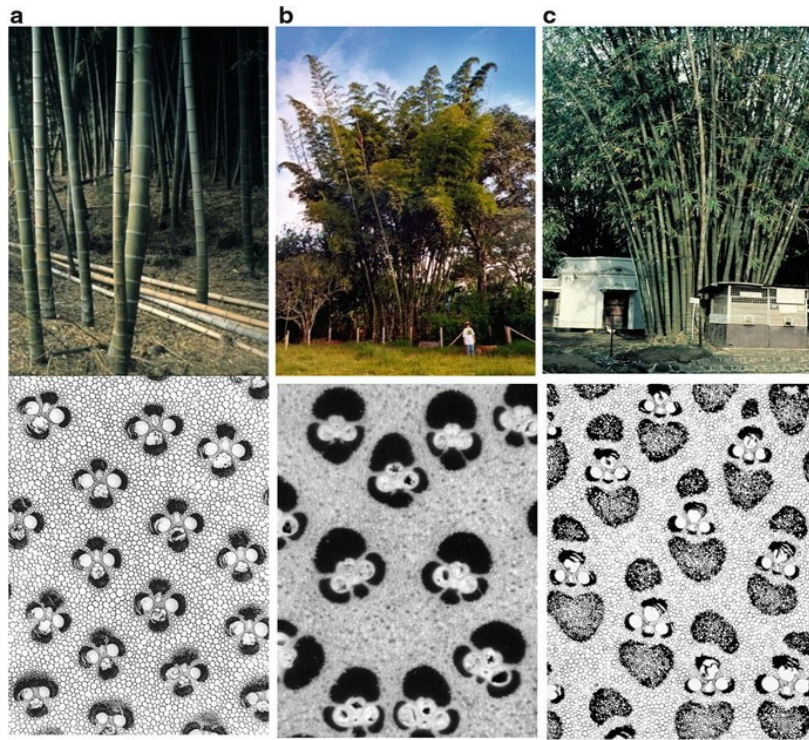


Fig. 2.5. Los diferentes hábitats de las plantas se reflejan en los diferentes tipos de haces vasculares: (a) *Phyllostachys* sp., (b) *Guadua* sp., (c) *Dendrocalamus* sp. [41]

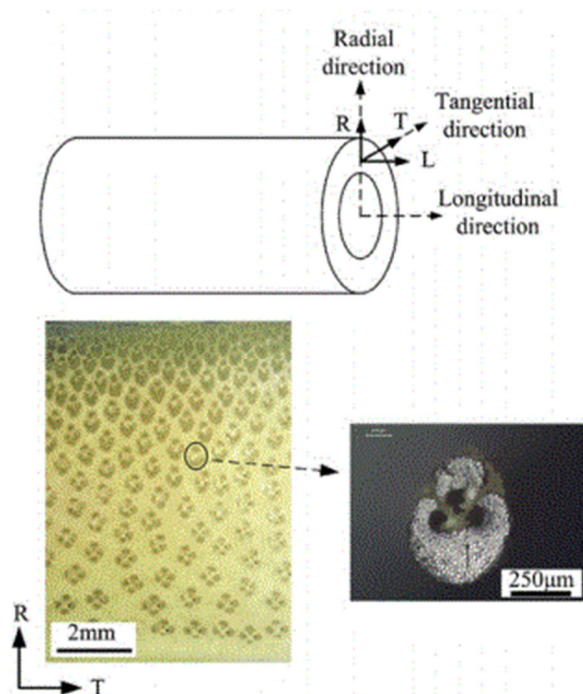


Fig. 2.6. Diagrama esquemático del entrenudo: sistema de coordenadas (arriba); corte transversal del bambú Mosso y haz vascular (abajo). Fuente: [43].

El bambú responde de forma eficiente ante fuerzas externas e internas. Los haces vasculares cercanos a la pared exterior son más fuertes y rígidos que los de la pared interior. Los haces vasculares de la parte media y superior del culmo tienen mayor resistencia y rigidez que la parte inferior [43].

La pared exterior del culmo está cubierta por un tejido especial, la epidermis. La epidermis presenta un sello hermético para evitar la pérdida de humedad del culmo vivo. La composición estructural de los haces de fibras compactas con paredes gruesas proporciona también una protección contra las heridas mecánicas o ataques de insectos (coleópteros) y, como consecuencia de la estructura compacta, se dificulta la pérdida de humedad durante el procesamiento de secado de los culmos, así como la impregnación de cualquier líquido conservante.

En el lado interno, hacia la cavidad central, las capas de células del parénquima forman un tejido especial, denominado capa terminal, sus paredes celulares a menudo están muy engrosadas y exhiben diferencias distintivas entre las especies [41].

La incidencia de la estructura interna de la *Guadua angustifolia* con respecto a sus propiedades físico-mecánicas está más relacionada con la resistencia a flexión y la resistencia a tracción. La resistencia a la flexión disminuye de la capa externa a la interna, debido a la reducción de la cantidad de células de fibras en ese sentido. Además, los valores de resistencia a flexión disminuyen con la presencia de los nodos debido a la discontinuidad de las fibras en esa parte del material. La resistencia a la tracción, al igual que la de flexión, disminuye de la capa externa a la interna, aspecto que se relaciona también con la disminución de las células de fibra hacia la capa interna [44].

2.1.5.3 Ciclo de vida del culmo

El culmo de bambú tiene tres fases en su ciclo de vida. La primera fase consiste en el rebrote en el cual el culmo está cubierto por hojas caulinares que protegen la pared del culmo contra ataques de insectos (coleópteros y hormigas). En esta fase el culmo logra su altura total, que varía según la especie. El culmo es de color verde intenso y las bandas anulares (diafragmas) son de color crema claro. Este es el período de crecimiento del culmo y se desarrolla en menos de un año, alcanzando una altura definitiva. Posteriormente, en el segundo y tercer año, se consolida el proceso de lignificación. La segunda fase se presenta cuando el culmo tiene una edad de entre tres años y cinco años. La epidermis posee manchas de líquen (combinación entre hongos y algas) y en muchas ocasiones musgo en las bandas anulares. Es la edad apropiada para hacer el corte, porque el tallo cuenta con las propiedades físico-mecánicas requeridas para su uso como material de construcción. La tercera y última fase corresponde con la muerte natural del culmo después de la florecencia. Esta fase ocurre aproximadamente a los ocho años.

Durante su vida, el culmo sufre un proceso de envejecimiento, especialmente durante su período de maduración de 3 a 4 años, pero también cuando tiene edades mayores entre 6 y 8 años [45], [46]. Este proceso cambia ciertas estructuras y en consecuencia influye en las propiedades mecánicas y su utilización. Las fibras y las células del parénquima exhiben un engrosamiento de

sus paredes por la deposición de laminillas adicionales en las capas de pared existentes por el proceso de lignificación (Fig. 2.7) [41]. El engrosamiento de la pared celular se expresa por un aumento de las propiedades de densidad y resistencia. Los culmos de entre 3 y 4 años de edad son los adecuados para cualquier utilización. Tras esta edad, la estructura del tejido se vuelve frágil y el culmo entero a menudo se dobla hacia abajo y se rompe [41].

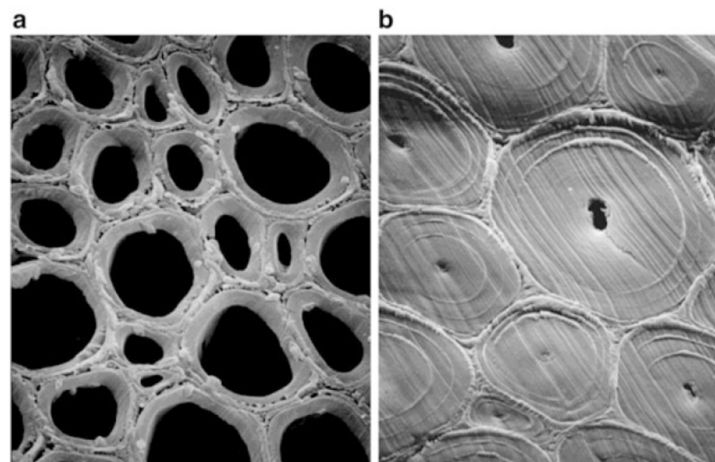


Fig. 2.7. Cortes transversales de fibras con engrosamiento de la pared: (a) 1 año, (b) 6 años. Tipo *Phyllostachys viridiglaucescens* [41].

Investigaciones realizadas en Bangladesh han encontrado que el peso específico aumenta con la altura y la edad, alcanzando la madurez a la edad de tres años en las especies de bambú *Melocanna baccifera* y *Bambusa balcooa* [47]. En dicho país, el bambú se utiliza en la construcción de vivienda y en la construcción de puentes lo que ha motivado investigar las propiedades físicas y mecánicas de los bambúes cultivados a diferentes alturas y edades de cuatro especies de bambú: *Bambusa balcooa*, *B. tulda*, *B. salarkhanii* y *Melocanna baccifera*, siendo los MOE y MOR más altos para el caso de *M. baccifera*. El contenido de humedad (CH) fue diferente para todas las especies y no cambió con la edad de estas. La densidad tuvo variación con la edad y la altura, mientras que el módulo de elasticidad MOE y el módulo de rotura (MOR) casi no se vieron influenciados con la edad y altura del culmo [48]. Estos resultados merecen especial atención porque otro estudio diferente afirma que la edad del bambú es un factor clave que afecta sus propiedades mecánicas [49].

Un estudio [50] realizado en Colombia con *Guadua angustifolia* concluye que: a) la densidad aumenta con la altura del culmo como se aprecia en la Fig. 2.8; b) el valor del módulo de rotura (MOR) o esfuerzo último a flexión y el valor del módulo de elasticidad (MOE) a compresión aumentan con la altura del culmo, como se aprecia en la tabla 2.2; c) la mayor resistencia mecánica está entre los tres y cuatro años (la tabla 2.3 muestra los resultados obtenidos).

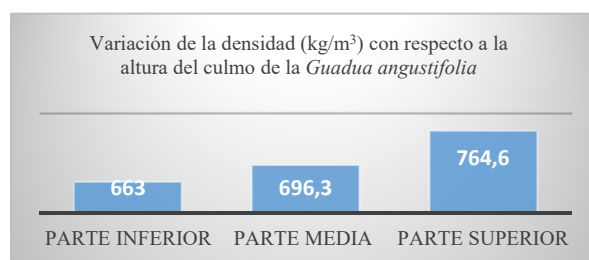


Fig. 2.8. Variación de la densidad con respecto a la altura del culmo. Densidad en Kg/m³ [50].

Tabla 2.2. Valores promedio de las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia* con respecto a la altura del culmo [50].

Altura del culmo	Compresión		Flexión		Corte τ (MPa)
	MOR σ (MPa)	MOEE(GPa)	MOE(GPa)	MOR(MPa)	
Inferior	36,8	16,3	17,2	88,6	7,1
Media	36,6	16,8	17,2	91,9	7,8
Superior	36,8	17,9	17,2	104,1	7,8

Tabla 2.3. Valores promedio de las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia* con respecto a la edad del culmo [50].

Edad culmo (años)	Compresión		Flexión		Corte τ (MPa)
	MOR(MPa)	MOE(GPa)	MOE(GPa)	MOR(MPa)	
2	28,6	16,4	16,9	95,8	7,3
3	41,0	17,2	17,1	92,7	7,9
4	40,4	17,2	17,4	98,5	7,7
5	35,2	16,8	17,4	93,4	7,3

Por último, la edad del culmo también incide en la variación de las fibras solubles e insolubles siendo las fibras solubles las de mayor variabilidad [51].

Echeverry *et al.* [52] ensayaron culmos procedentes de diferentes ubicaciones, cuya edad oscilaba entre 1 y 5 años. Los valores de las propiedades evaluadas tienden a ser más altos en edades mayores, pero no siempre estas diferencias son significativas.

2.1.6. Composición química del bambú

Los principales constituyentes del tejido del culmo son la celulosa, la hemicelulosa, y la lignina, mientras que los constituyentes menores consisten en varios polisacáridos solubles, proteínas, resinas, taninos, ceras, sílice y una pequeña cantidad de cenizas.

La composición química varía según la especie, las condiciones de crecimiento, la edad del bambú y la parte del culmo, debido a que el tejido del culmo del bambú maduro es duro y fuerte en comparación con el rebrote (primer año). Durante el rebrote, el tejido del culmo es suave y frágil como consecuencia de que la proporción de lignina y carbohidratos cambia durante este período. Sin embargo, después de la maduración completa del culmo, la composición química tiende a

permanecer constante [41,53] y el contenido de sílice varía entre el 1% y el 6%, aumentando de abajo hacia arriba. La mayor parte de la sílice se deposita en la epidermis [54].

El contenido de celulosa en el bambú se sitúa entre el 40% y el 60%, mientras que el contenido de celulosa en maderas blandas está entre el 40% y el 52% y el de maderas duras está entre el 38% y el 56% [41].

La Tabla 2.4 muestra el porcentaje promedio de varios componentes químicos principales en función de la especie.

Tabla 2.4. Valor promedio de la composición química de algunos bambués [41,51]

Especie	Holocelulosa ¹⁰ (%)	Lignina (%)	ASH (%)
<i>Bambusa sp.</i>	79.4	25.3	1.9
<i>Bambusa blumeana</i>	81.6	27.2	4.7
<i>Dendrocalamus asper</i>	79.5	27.5	1.4
<i>Dendrocalamus strictus</i>	78.3	27.7	2.0
<i>Gigantochloa albociliata</i>	80.0	26.0	1.8
<i>Phyllostachys pubescens</i>	54.0	24.4	1.2
<i>Guadua angustifolia</i>	58.5	25.0	

Después de la celulosa, la lignina representa el segundo constituyente más abundante en el bambú y es cualitativamente similar a la lignina de la madera dura. El bambú crece muy rápidamente y completa el crecimiento en altura en unos pocos meses para alcanzar el tamaño completo. El bambú en crecimiento muestra varias fases de lignificación desde las partes inferiores hasta las partes superiores del mismo culmo [41,55]. La lignificación dentro de cada entrenudo avanza desde arriba hacia abajo, mientras que transversalmente avanza desde dentro hacia fuera. Los extractivos, tanto orgánicos como inorgánicos, muestran una cierta relación con la especie, pero están más influenciados por la edad y ubicación de la planta [41].

Asimismo, los principales componentes químicos que tienen influencia en las propiedades mecánicas son la celulosa, hemicelulosa y lignina [56]. En un estudio reciente [51] para determinar la correlación entre el contenido de compuestos químicos y el MOR a flexión de la guadua se encontró que los principales componentes de la guadua eran: la lignina con una cantidad que se sitúa en el rango 23%-27%, la celulosa en el rango 37%-47% y la hemicelulosa en el rango 13%-20% [51].

La figura 2.9 [51] muestra la relación entre el comportamiento de contenido de celulosa y hemicelulosa con el MOR para culmos de bambú de guadua maduros. El MOR (el valor del módulo rotura a flexión fue calculado con la norma ASTM D143-94) está influenciado por el contenido de celulosa y hemicelulosa. La relación de distribución en estos dos compuestos principales muestra un efecto en el comportamiento a flexión [51].

¹⁰ la fracción total de polisacáridos de la madera, bambú y similares que se compone de celulosa y todas las hemicelulosas

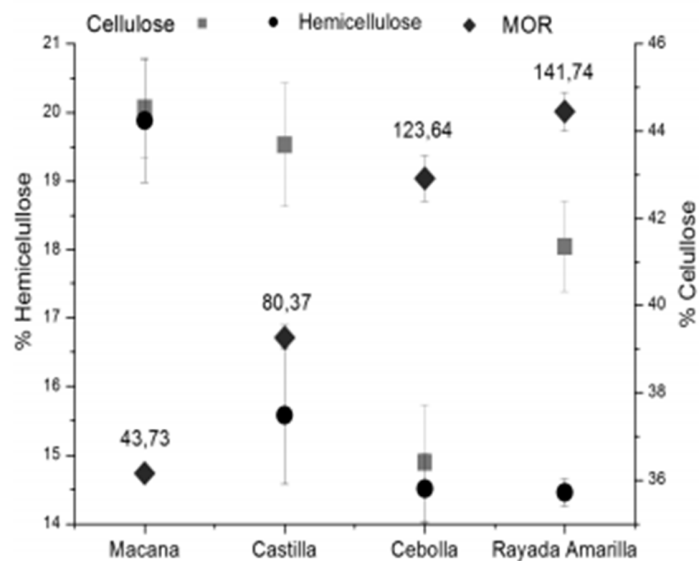


Fig. 2.9. Componentes químicos y módulo de rotura (MPa) para culmos maduros de *Guadua angustifolia* [51]

2.1.7. Silvicultura del bambú

Los bambúes son recursos renovables cuya gestión requiere la formulación de políticas dirigidas a gestión de datos e información fiables, tanto en lo referente al propio recurso, como a la situación de la explotación.

En Colombia se ha realizado un inventario de bosques de guadua en un área de estudio de aproximadamente 1 millón de hectáreas dentro de la región andina. Específicamente, el inventario se ha realizado en la zona cafetera donde la cobertura de guadua era aproximadamente del 3.9% de su extensión, aproximándose a 40.000 hectáreas [57]. La selección adecuada de especies de bambú y su edad, además de otros factores, como la ubicación y la estación, que influyen en las propiedades de resistencia, son de suma importancia [58].

Se han utilizado modelos de regresión lineal y no lineal para facilitar la estimación de las características de los bosques de guadua que son relevantes para el manejo silvícola y también para la evaluación de sus servicios ambientales (como el secuestro de carbono) [59]. La relación entre variables dendrométricas, propiedades físico-mecánicas del culmo, con la calidad de una zona respecto al número de rebrotes y culmos en crecimiento, mejoran la planificación de los bosques de guadua y permiten tomar decisiones sobre la gestión de bosques de guadua en Colombia [60].

2.1.7.1. Topografía y Suelo

Los suelos geológicamente más jóvenes son los más adecuados para el crecimiento de bambú. Los suelos ricos en N (nitrógeno), P₂O₅ (fósforo), K₂O (potasio), CaO (óxido de calcio) y SiO₂ (sílice) promueven el mejor crecimiento de los culmos de bambú. El contenido de nitrógeno (N) en el

suelo es el factor más importante que incide en el crecimiento del bambú, pero la materia orgánica, la textura, la aireación, la capacidad de intercambio del suelo de base y la profundidad también son factores significativos [61,62].

La fertilización afecta a la producción de brotes, el diámetro de la fibra y el espesor de la pared [54], pero, sin embargo, aparentemente no afectan a la composición anatómica [41].

La mayoría de los bambúes que forman masas crecen a una temperatura que varía entre los 7°C (a veces 2°–3°C) y los 40°C. En general, las altas temperaturas aceleran el crecimiento del bambú y las bajas temperaturas, en cambio, lo inhiben. La presencia de bambúes altos y majestuosos se forma en los trópicos húmedos, principalmente en lugares donde la temperatura promedio es superior a los 20°C. El bambú, en general, prefiere la luz para su crecimiento saludable.

Los factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa y la precipitación total son determinantes para el crecimiento del culmo [61]. Las condiciones de la ubicación influyen más en los caracteres morfológicos que en los parámetros anatómicos, que parecen bastante estables [46,54]. Un mayor contenido de fibra puede ocurrir en áreas más secas y en terrenos con pendientes, lo que resulta en una mayor densidad y propiedades mecánicas de mayor resistencia.

Culmos de la especie *Guadua angustifolia* obtenidos de bosques nativos dominados por esta especie y localizados en sitios con condiciones ecológicas diferentes, fueron evaluados para determinar cambios en las propiedades físico-mecánicas y el contenido de lignina, encontrando que aquellos culmos que provenían del sitio localizado a menor altitud, más cálido y seco mostraban valores significativamente mayores para las variables evaluadas.

Se puede concluir que las condiciones del lugar de extracción deben ser consideradas cuando se quiere hacer una selección de culmos con las características requeridas para su uso [52].

2.2. Propiedades físicas del bambú

Los bambúes presentan propiedades físicas muy variables. La variabilidad puede ser resultado de la especie, de la localización geográfica o de las condiciones climáticas. A continuación, se tratan diferentes factores que pueden afectar a las propiedades físicas de los bambúes.

2.2.1. Contenido de humedad

El Contenido de Humedad (CH) afecta a las propiedades físicas y mecánicas, además de provocar variaciones dimensionales significativas.

El contenido de humedad¹¹ (CH) en el bambú puede definirse como la relación que existe entre la diferencia en peso del bambú en estado verde con el peso del bambú en estado anhidro sobre el peso del bambú en estado anhidro. Se expresa en porcentaje, adoptando la siguiente expresión:

¹¹ ISO 22157-1:2004. Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties -- Part 1: Requirements

$$CH\% = \frac{P_i - P_o}{P_o} * 100$$

Ecuación 2.1 [63,64]

siendo:

CH = contenido de humedad expresado en %.

Pi = peso inicial o en estado verde.

Po = peso en estado anhidro.

El contenido de humedad varía dentro de un culmo y está influenciado por su edad, la temporada de tala y la especie. En la fase verde existen mayores diferencias dentro de un culmo, así como en relación con la edad, la estación y las especies. Los brotes jóvenes de 1 año tienen un alto contenido de humedad relativa (aproximadamente el 120%-130%), tanto en la parte inferior como en la superior. Los nodos, sin embargo, muestran valores más bajos que los entrenudos. Estas diferencias pueden llegar al 25% y son más grandes en la base que en la parte superior. En los culmos de 3 a 4 años, la base tiene un mayor contenido de humedad que la parte superior.

El contenido de humedad a través de la pared del culmo es más alto en la parte interna que en la externa. La temporada-estación tiene una gran influencia en el contenido de humedad del culmo, con un mínimo al final del período seco, seguido de un máximo en la temporada de lluvias. Durante este período, el culmo puede duplicar su contenido de humedad. La variación debida a la temporada es mayor entre la base y la parte superior, así como entre las diferentes especies. Entre las especies, el contenido de humedad varía incluso en la misma localidad. Esto se debe principalmente a la variación en la cantidad de células del parénquima, que corresponde a la capacidad de retención de agua [41].

El contenido de humedad disminuye significativamente a medida que aumenta la altura del culmo y disminuye desde el interior hacia el exterior [65]. La edad tiene un efecto sustancial para algunas especies de bambú. El contenido de humedad, así como la retracción, disminuyen con la edad [47].

El bambú, al igual que la madera, es un material higroscópico que absorbe o pierde humedad hasta estar en equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad relativa. A este contenido de humedad se le denomina Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE) y se expresa en porcentaje. Muchos estudios sobre propiedades físicas han mostrado que el CHE del bambú es muy similar a la madera. Por lo tanto, los datos de la madera que relacionan el CHE con la temperatura y la humedad relativa, también se pueden utilizar para el bambú [41,47,66,67].

2.2.2. Contenido de humedad y resistencia mecánica

Como otros materiales naturales utilizados en la construcción, el bambú guadua se ve afectado por diferentes factores que pueden modificar su resistencia. Un factor es el contenido de humedad de equilibrio (CHE), que es una propiedad física relacionada con la temperatura y la humedad relativa del área donde se encuentra el material.

Gutiérrez et al. [68] demostraron que la resistencia del material disminuye a medida que aumenta el contenido de humedad. En cambio, los resultados de investigaciones recientes han mostrado que la resistencia a la tracción de la fibra paralela a la guadua no disminuye a medida que aumenta el

contenido de humedad hasta un CH del 20%. Este CH del 20% es el valor máximo exigido por el Reglamento Colombiano de construcción sismoresistente (NSR-10) para estructuras de guadua [9].

En China, el bambú se usa ampliamente como andamiaje y los colapsos de estos son asociados con eventos de lluvia. A raíz de estos eventos se hizo un estudio para cuantificar el efecto en las propiedades mecánicas. Las muestras de bambú se saturaron con agua a través de un proceso de inmersión en un período de 1 a 7 días para, posteriormente, realizar pruebas de compresión y de corte. Se observó que las propiedades mecánicas se degradaban significativamente con el aumento del contenido de humedad (CH = 30%), siendo este un valor cercano al Punto de Saturación de la Fibra esperado (PSF), y que la inmersión en agua en un día era suficiente para llegar al PSF.

Para valores superiores, $CH > 30\%$, la degradación adicional, aunque aparente, fue menos significativa; bajo estas condiciones, la resistencia a la compresión era el 75% de la obtenida con las pruebas realizadas con $CH = 12\%$ y el bambú pasaba de un comportamiento relativamente frágil a un comportamiento dúctil [69].

2.2.3. Punto de saturación de la fibra y cambios dimensionales

El Punto de Saturación de la Fibra (PSF) se define como el contenido de humedad en el cual las paredes celulares presentan el máximo contenido de agua higroscópica y las cavidades celulares (lumen)¹² están totalmente libres de agua. El contenido de humedad de equilibrio (CHE) siempre es inferior al punto de saturación de la fibra PSF.

En el bambú, el PSF está influenciado por la composición del tejido y la cantidad de constituyentes químicos. Las referencias de los primeros estudios indican que el PSF media del bambú, en general, está alrededor al 17%-25% [67,70–72]. Aunque, debido al bajo contenido de extractivos hidrófobos que se encuentran en el bambú, se esperaría un PSF ligeramente superior, alrededor al 28%-32%, similar a las especies de madera que no forman duramen [41].

La contracción del bambú es la causa principal de muchos de los problemas que ocurren durante el secado de los culmos y durante su vida útil causan lesiones en las edificaciones. La contracción del bambú comienza a manifestarse con una disminución, tanto del grosor de la pared celular, como del diámetro de la célula. La contracción es causada por las fuerzas capilares que conducen al colapso celular tan pronto como la humedad comienza a disminuir. Esta aparente contracción no continúa con regularidad cuando el promedio del contenido de humedad disminuye entre un 40%–70%. La contracción se detiene porque la totalidad de las células están completamente saturadas. Tan pronto se desciende por debajo del PSF, la contracción se inicia nuevamente.

El tejido del parénquima se encoge menos en el bambú que en la madera. El tejido de bambú se contrae principalmente en dirección radial, mientras que la contracción longitudinal es mínima. La contracción tangencial es mayor en las partes exteriores de la pared que en las partes internas. La contracción de toda la pared parece estar gobernada por la retracción de la parte más externa, que posee también un mayor peso específico.

¹² Lúmen es el espacio interno de un componente o estructura celular.

Los culmos maduros retraen menos que los culmos menores de tres años. Cuando el contenido de humedad está por debajo del PSF, la dilatación debida a la absorción de agua es casi igual a la contracción debida a la adsorción. El porcentaje de dilatación disminuye con el aumento de la densidad básica [71,73].

En comparación con la madera, la anisotropía de la contracción o Índice de Estabilidad Dimensional (IED: relación entre la contracción tangencial y la contracción radial) del bambú es en algunas ocasiones menor a 1.0, pero en la mayoría de los casos el IED es menor en el bambú que en la madera.

La contracción del bambú en la dirección radial es mayor o igual que la contracción en la dirección tangencial. Esto se puede atribuir a dos efectos:

- El bambú no contiene ninguna célula orientada radialmente (como las células radiales en el caso de la madera) que podrían actuar como componentes estructurales que restringen la contracción en la dirección radial. El resultado es una contracción similar en dirección radial y tangencial.
- Cuando el culmo de bambú se seca, la humedad se dirige radialmente hacia la parte hueca del entrenudo y el colapso se hace visible principalmente en la dirección radial [41].

La *Guadua aculeata* presenta contracciones totales, en promedio, del 13.9% del espesor; 7.1% del diámetro y 0.1% de la longitud [74]. En otras especies de bambú con probetas cortadas en forma de listón, éstas se contraen más en dirección radial y tangencial que las secciones circulares [65]. El punto de saturación de la fibra PSF de la *Guadua angustifolia* está alrededor del 34% [75].

En la Tabla 2.5 podemos ver los datos de propiedades físicas de algunas especies de bambú de Malasia.

Tabla 2.5. Propiedades físicas de algunas especies de bambú de Malasia [76].

Especie	Contenido de humedad CH%	Densidad estado anhidro (g/cm ³)	Contracción	
			Radial (%)	Tangencial (%)
<i>Bambusa blumeana</i>	57 - 97	0.43 - 0.60	5 - 10	6 - 20
<i>B. vulgaris</i>	79 - 118	0.27 - 0.57	6 - 11	10 - 20
<i>B. heterostachya</i>	92 - 132	0.44 - 0.58	19 - 27	6 - 11
<i>Dendrocalamus asper</i>	28 - 105	0.55 - 0.78	4 - 9	6 - 11
<i>Gigantochloa levis</i>	30 - 77	0.65 - 0.94	5 - 14	2 - 10
<i>G. scortechinii</i>	79 - 108	0.47 - 0.60	7 - 14	14 - 19

2.2.4. Densidad

La densidad del bambú varía entre los 0.4 y los 0.9 g/cm³ (Tabla 2.6), dependiendo de la estructura anatómica y la cantidad y distribución de fibras alrededor de los haces vasculares [76-78]. En consecuencia, la densidad aumenta desde la capa interna hasta la parte exterior del culmo, y a lo largo del culmo desde la parte inferior hasta la parte superior [79,80].

Tabla 2.6. Propiedades físicas de algunas especies de bambú de Myanmar [81]

Especie	Densidad estado anhidro (g/cm ³)	Contracción (%)			
		Diámetro (%)	Espesor de pared (%)	Longitudinal (%)	Volumétrica (%)
<i>Bambusa longispiculata</i>	0.73	6.7	10.3	0.17	16.8
<i>B. burmanica</i>	0.76	12.4	14.8	0.20	25.1
<i>Dendrocalamus calostachyus</i>	0.77	9.0	8.1	0.26	23.5
<i>D. giganteus</i>	0.68	4.8	5.0	0.19	9.0
<i>D. hamiltonii</i>	0.72	6.9	11.4	0.12	20.3
<i>D. maclellandii</i>	0.83	7.3	10.2	0.12	17.7
<i>Melocanna baccifer</i>	0.61	7.9	11.9	0.14	26.8
<i>Thyrsostachys oliveri</i>	0.80	5.5	6.4	0.16	11.2
<i>T. siamensis</i>	0.81	7.2	9.9	0.13	20.6

n=108 (6 rodales por especie, 6 culmos por rodal, and 3 ensayos por culmo)

La variación de la densidad dentro de un culmo y entre especies tiene un efecto importante en la resistencia [4,65]. La resistencia paralela a la fibra al corte (a la compresión, a la tracción y el módulo de elasticidad (MOE)) se incrementa con la altura de los culmos.

La correlación negativa de MOR con la altura del culmo indica que la carga máxima a flexión de los culmos con una pared más delgada es mucho más baja que la de un culmo con una pared más gruesa, debido a un momento de inercia desfavorable [3]. Sin embargo, un estudio realizado en el año 2008 afirma que la altura y la edad casi no tuvieron efectos en el módulo de elasticidad (MOE) y el módulo de rotura (MOR) [48], lo que ratifica los estudios hasta esta fecha con respecto al MOE pero entra en discusión con respecto al MOR. El artículo no especifica en forma clara a qué tipo esfuerzo corresponde, aunque menciona el estudio de propiedades mecánicas para el esfuerzo de flexión, tracción, compresión, y corte.

Ghavami *et al.* [82] encontraron un incremento de las fibras con relación al espesor de la pared a lo largo del culmo de la *Guadua angustifolia* desde la parte inferior a la parte superior de acuerdo con la Figura 2.10.

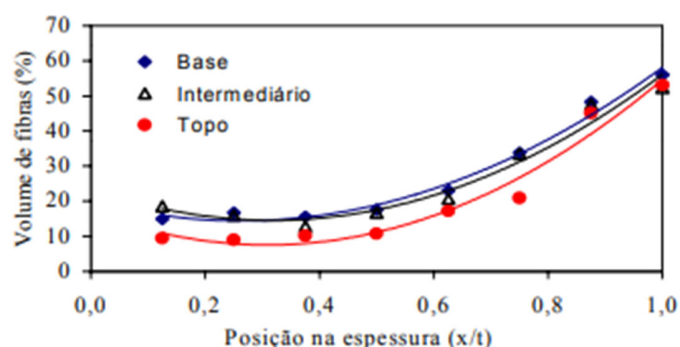


Fig. 2.10. Comparación del volumen de fibras en relación con el espesor de pared [82].

La densidad básica (peso anhidro/volumen verde) de la especie *Guadua aculeata* cultivada en México presenta valores promedio para las secciones inferior, media y superior que varían de los

560 a los 660 kg/m³, desde la base a la parte superior del culmo [74]. Otras investigaciones arrojan resultados, para la *Guadua velutina* y *Guadua amplexifolia*, de densidad básica entre 0,399 y 0,393 para la parte basal de los culmos, y de 0,514 y 0,506 para la parte superior. Para esta misma propiedad, la *Guadua aculeata* mostró valores ligeramente más altos, 0,429 en la parte basal y 0,653 para la parte superior de los culmos [83].

Dixon et al.[84] encontraron que a una determinada densidad, el MOE de la *Guadua angustifolia* es más alto que la de Bambú Moso (*Phyllostachys pubescens*) y Bambú Tre Gai (*Bambusa stenostachya*).

2.3. Propiedades mecánicas

2.3.1. Estudios realizados

Ningún estudio reportó antes de 1994 un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con probetas prismáticas respecto a probetas circulares o rollizas. Espinosa, en el año de 1930 [85], realizó pruebas con bambú redondo de corta longitud (longitud de 1500 mm) y muestras divididas (300 mm), aunque no reportó los resultados obtenidos.

Limay, en el año 1952 [86], probó el bambú para entender el efecto del secado, la edad, la disposición del nodo y la posición a lo largo de la longitud del culmo. Sin embargo, las pruebas solo se llevaron a cabo en muestras pequeñas.

Tanto Limay [86] Heek et al. [87] utilizaron la norma ASTM D198 [88] (*Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes*), con algunas modificaciones, para la evaluación de las propiedades mecánicas del bambú. Estos estudios sirvieron de referencia para la primera norma de ensayos de bambú.

Atrops, en el año de 1969 [89], realizó pruebas de flexión con carga en 4 puntos, en culmos completos (3600 mm de longitud) y con muestras divididas con especímenes de (300 mm), aunque tampoco reportó resultados.

En Colombia se han desarrollado también diferentes investigaciones. Merino *et al.*, en el año 1972 [90], empezaron a estudiar el hormigón armado con guadua. Posteriormente, otros investigadores desarrollaron diferentes estudios, destacando a: Hidalgo en 1978 [91,92]; Martín *et al.* en 1981 [93]; Carvajal *et al.* en 1981.[94]; Salazar *et al.* en 1983 [95]; Mejía *et al.* en el año 1985 [96]; García *et al.* en el año 1991 [97]; o González *et al.* en el año 1992 [98]. Sin embargo, los valores obtenidos de estos trabajos no pueden ser comparados ni analizados estadísticamente por diferentes razones: 1) la inexistencia de un protocolo de ensayos normalizados, que llevó a emplear procedimientos diferentes; 2) las edades del bambú eran muy variables (entre uno y siete años); y 3) el número de ensayos en muchos de estos trabajos fue muy reducido [8].

En el año 1973 se publicó la primera norma IS 6874 “*Method of tests for round bamboo*”, por parte de la Bureau of Indian Standards y se actualizó hasta el año 2008 para ensayos con culmos. En el año 1976 se publicó la norma IS 8242 “*Methods of tests for split bamboos*”, siendo actualizada en

el año 2004 para ensayos de bambú en probetas prismáticas. Sin embargo, estas normas no relacionan los resultados obtenidos siguiendo los dos procedimientos de prueba, haciendo imposible establecer conclusiones más amplias de los resultados obtenidos mediante los dos citados procedimientos.

Epiloy, en el año 1985 [99], correlacionó las propiedades físico-mecánicas con la estructura anatómica de la *Bambusa blumeana* y la *Gigantochloa levis*. Entre las propiedades mecánicas están:

- Densidad.
- Contracción.
- Contenido de humedad.
- Flexión.
- Compresión paralela a la fibra.

En la estructura anatómica están:

- Frecuencia del tejido fibro vascular.
- Dimensión de las fibras.
- Dimensión de los vasos.

Los resultados mostraron que hay un aumento en la resistencia a la compresión y flexión hacia la porción superior del culmo de ambas especies. En la Tabla 2.7 se pueden apreciar los resultados obtenidos.

Tabla 2.7. Valor promedio de las propiedades físico-mecánicas de la *B. blumeana* y *G. levis*

Propiedad	Especie							
	<i>B. blumeana</i> (Kauayan-tinik)				<i>G. levis</i> (Bole)			
	Inferior	Media	Superior	Promedio	Inferior	Media	Superior	Promedio
Contenido humedad (%)	194.7	114.0	98.8	135.8	143.0	115.1	93.8	117.3
Densidad relativa*	0.388	0.537	0.585	0.503	0.474	0.539	0.610	0.541
Contracción(%)								
Espesor	16.6	13.3	10.0	13.3	12.9	11.3	8.9	11.0
Diámetro	12.0	6.2	4.8	7.7	8.0	6.5	5.2	6.6
Compresión paralela								
Esfuerzo rotura (MPa)								
Nudo	34.7	37.2	37.3	36.4	37.7	41.9	44.3	41.3
Entrenudo	35.9	39.5	39.5	38.3	38.7	41.7	43.4	41.3
Esfuerzo de flexión**								
Límite proporcional(MPa)	29.5	20.2	18.2	22.6	17.6	14.9	18.6	17.0
Esfuerzo rotura(MPa)	43.2	28.4	24.7	32.1	25.4	19.6	26.1	23.7
Módulo elasticidad(1000 MPa)	8.9	8.8	9.2	9.0	8.9	10.4	11.0	10.1

*Ensayo con volumen en estado verde y peso en estado seco [103] Traducción del autor

** Ensayo en estado verde

La Tabla 2.8 muestra la correlación entre el diámetro exterior, la longitud y el espesor de la pared del culmo de los especímenes con los resultados de las propiedades mecánicas (esfuerzos de compresión y de flexión de dos especies).

Tabla 2.8. Coeficientes de la correlación de las características físicas de las muestras con los esfuerzos de compresión y esfuerzos de flexión.

Características físicas del espécimen	<i>B. blumeana</i> (Kauayan-tinik)						<i>G. levis</i> (Bole)					
	Compresión paralela		Esfuerzo de flexión			Compresión paralela		Esfuerzo de flexión				
	Esfuerzo último	Densidad relativa	Límite proporcional	Esfuerzo último	Módulo elasticidad	Densidad relativa	Esfuerzo último	Densidad relativa	Límite proporcional	Esfuerzo último	Módulo elasticidad	Densidad relativa
Diámetro exterior	-0.230	-0.208	0.081	0.081	-0.260	-0.293	-0.448*	-0.434*	-0.124	-0.230	-0.363	-0.789*
Longitud culmo	-0.290	-0.436	0.081	0.080	-0.261	-0.293	-0.668*	-0.441*	-0.125	-0.230	-0.362	-0.790
Espesor de pared	-0.290	-0.436*	0.617*	0.670	-0.175	-0.462	-0.668*	-0.441*	-0.120	0.163	-0.795*	0.615*

* Significancia del 95% de probabilidad [103] Traducción del autor.

Los coeficientes de correlación fueron negativos en la *B. blumeana* para la compresión paralela a la fibra entre el espesor de la pared y la longitud, y la densidad. Para la flexión y el módulo de rotura con el espesor de la pared, los coeficientes de correlación fueron positivos en la *B. blumeana*. Esto significa que como el espesor la pared del culmo disminuye hacia la parte superior, hay una disminución en la flexión y el módulo de rotura cuando se produce el aumento de la densidad.

En el bambú *Gigantochloa levis*, todos los coeficientes de correlación fueron negativos. Esto implica que una disminución de cualquiera de las características físicas de especímenes puede resultar en un correspondiente incremento en la densidad, el módulo de rotura y la resistencia a compresión [99].

Liese, en el año 1987 [58], presentó un estado del arte de la investigación en bambú. Mohmod *et al.*, en el año 1990 [49], correlacionaron las características anatómicas con las propiedades de resistencia de dos tipos de bambú, encontrando que el diámetro del lumen tiene la más fuerte correlación con las propiedades mecánicas, especialmente con la resistencia al corte, la tracción en el límite proporcional¹³, el MOR y MOE. También se observó que el espesor de la pared celular tiene correlación con la compresión paralela al grano.

Gnanaharan *et al.*, en 1994 [17], utilizaron culmos de *Guadua angustifolia* y evaluaron diferentes tipos de probetas. Para los ensayos utilizaron probetas redondas de 3000mm y 700 mm de longitud, y probetas prismáticas con dos tramos de longitud dependiendo del ancho y grosor de las probetas. Aplicaron carga por la cara exterior e interior. En la Tabla 2.9 se presentan los resultados que obtuvieron.

Tabla 2.9. Resistencia a la flexión del bambú *Guadua* [17].

Tipo de probeta	MOR (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)
Redondo largo (3.0 m)	72.6	17,608
Redondo corto (0.7m)	54.0	7,363
Lámina superior entrenado	82.1	9,194
Lámina inferior entrenado	113.9	11,996

MOR módulo rotura, MOE módulo de elasticidad, Indian Standard (BIS, 1976)

¹³ El límite proporcional se define como el esfuerzo requerido para solicitar el material hasta el límite elástico, siendo éste la carga máxima a la que puede someterse el material sin que sufra deformaciones permanentes.

Una conclusión importante de esta investigación fue que la correlación entre la densidad y el diámetro exterior del culmo pueden usarse para predecir el MOR y MOE de probetas redondas de 3000 mm [17].

El continente asiático tiene la mayor reserva de bambú leñoso, cuyo material ha sido ampliamente utilizado para la construcción de casas y puentes. Se realizaron estudios en China para determinar las propiedades físico-mecánicas de 61 especies con un número de 9000 muestras tomadas de 311 culmos extraídos de 26 distritos en un período de 15 años (1963-1978). Los resultados de las pruebas y análisis incluyeron el estudio de la influencia de los cortes en la sección transversal en la resistencia de compresión paralela al grano, el efecto del contenido de humedad en el mismo tipo de esfuerzo, el efecto de la edad en las propiedades físico-mecánicas, la resistencia con respecto a la altura del culmo, la influencia en las propiedades físico-mecánicas debido a las características por la clase de sitio de extracción y el tratamiento silvícola del rodal [77].

Janssen, en el año 1999 [100], con el impulso del INBAR (*International Network on Bamboo and Rattan*), publicó un manual bajo el título “*Laboratory Manual on Testing Methods for Determination of physical and mechanical properties of bamboo*”. Este documento sirvió como base para la actual Norma ISO 22157 “*Determination of physical and mechanical properties of bamboo (2004)*”, cuya primera edición se realizó en junio del 2004 y sirvió de base también para la Norma Técnica Colombiana NTC 5525: “*Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth*” [7].

Para que el bambú se utilice como material de ingeniería en aplicaciones estructurales, se deben generar datos de resistencia con altos niveles de fiabilidad. En la Tabla 2.10 se muestran valores obtenidos para diferentes especies [17].

Tabla 2.10. Mechanical properties of air-dried bamboos (12 % moisture content, according to standard ISO/TC 165 N315) [81].

Especie	Flexión		Compresión paralela		Corte	
	MS (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)	MS (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)	MS-N (N/mm ²)	MS-WN (N/mm ²)
<i>Bambusa longispiculata</i>	86.8	31,451	57.6	1,326	8.3	6.3
<i>B. burmanica</i>	137.0	36,096	56.9	1,946	15.2	18.2
<i>Dendrocalamus calostachyus</i>	71.9	24,392	48.4	2,110	10.5	10.8
<i>D. hamiltonii</i>	70.9	18,860	65.5	3,404	15.3	15.1
<i>D. giganteus</i>	32.1	6,556	60.9	2,117	13.3	14.4
<i>D. maclellandii</i>	126.0	41,899	60.0	1,824	25.0	21.6
<i>Melocanna baccifera</i>	58.9	20,330	44.9	2,124	15.2	13.5
<i>Thyrsostachys oliveri</i>	64.4	22,396	59.1	2,322	17.9	16.4
<i>T. siamensis</i>	119.6	30,033	64.0	2,349	21.7	19.0

N=108 (6 clumps per species, 6 culms per clump, and 3 replications per culm) MS maximum stress, MOE modulus of elasticity, N specimens with node, WN specimens without node

Marinho *et al.*, en el año 2001 [101], compararon dos especies de bambú la *Guadua* (*G. tigoara* y *G. angustifolia*) y *Dendrocalamus giganteus*. Amada *et al.*, en el año 2001 [102], investigaron la tenacidad a la fractura de los entrenudos y nudos del culmo de bambú.

Chung *et al.*, en el año 2002 [103], realizaron pruebas de compresión y flexión para establecer los valores característicos y los módulos de Young de dos especies de bambú utilizados en la construcción de andamios, *Bambusa Pervariabilis* (Kao Jue) y *Phyllostachys Pubescens*(Mao Jue).

Siguiendo el procedimiento descrito en el manual del INBAR, Durán *et al.*, en el año 2002 [104], con 45 probetas, determinaron la resistencia a compresión paralela a la fibra en *guadua angustifolia*; Prada *et al.*, en el año 2003 [105], con 13 probetas y Castrillón *et al.*, en el año 2004 [106], ensayaron probetas de guadua ante diferentes sollicitaciones; Acuña *et al.*, en el año 2005 [107], ensayaron 368 probetas a corte.

Yu *et al.*, en el año 2003 [108], estudiaron el comportamiento estructural a pandeo de las especies utilizadas en la construcción de andamios en China y Hong Kong con la *Bambusa pervariabilis* y la *Phyllostachys pubescens*. Establecieron un método de diseño por el método de esfuerzos admisibles para el pandeo de las columnas, calibrándolo con los datos de ensayos. Más tarde, Yu *et al.*, en el año 2005 [109], examinaron el comportamiento a pandeo axial de las columnas de bambú en los andamios a través de investigaciones tanto experimentales como numéricas con andamios a escala real.

Ghavami *et al.*, en el año 2005 [82], encontraron que en la *Guadua angustifolia*: existe una disminución gradual en el diámetro del culmo, en el grosor de la pared y en la longitud internodal; el MOR varía a lo largo del culmo; la resistencia a tracción es mayor que la resistencia a compresión a lo largo de todo el culmo; y las curvas de esfuerzo - deformación presentan un comportamiento lineal hasta la rotura. La resistencia media a la tracción del *Guadua angustifolia* fue de 86,96 MPa, presentando mayores valores en la parte central, es decir, 95,80 MPa en la probeta de ensayo sin nudo y de 82,61 MPa en las probetas de ensayo con nudo. El módulo de la elasticidad MOE promedio fue de 15,11 GPa en el sentido longitudinal a las fibras. El coeficiente de Poisson medio en el ensayo de tracción fue de 0,26, con los valores aumentando de la base hacia la parte superior. La resistencia a la compresión media fue de 29,48 MPa, con un valor máximo de 29,62 MPa y 34,52 MPa en la parte superior, con y sin nudo, respectivamente. En general, la resistencia a la compresión se vió poco afectada por la presencia del nudo. El módulo de elasticidad medio en el ensayo de compresión fue 12,58 GPa (dirección longitudinal a las fibras). La resistencia media al cizallamiento o corte interlaminar fue de 2,02 MPa, con los valores máximos en la parte superior del culmo. El MOR disminuyó de la parte superior a la parte basal del culmo. Este mismo parámetro, que es función del diámetro y de la el espesor de la pared, varió también a lo largo del culmo como se muestra en la Figura 2.11 [82].

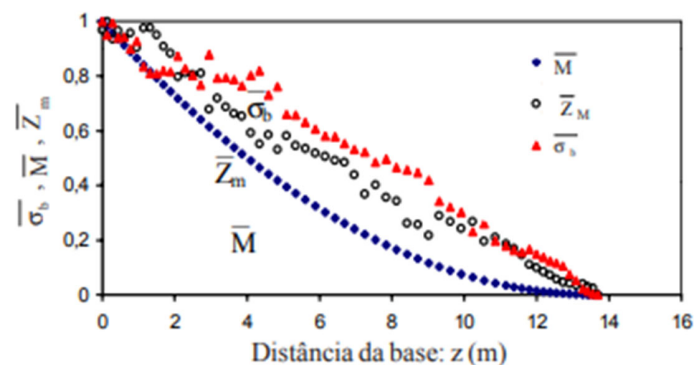


Fig. 2.11. Resistencia media al cizallamiento [82].

Según este estudio mencionado en el párrafo anterior, la *Guadua angustifolia* ha demostrado que resiste mejor los esfuerzos de tracción que los de compresión, con diferencia de valores superiores al 50% en todas las partes analizadas. Las curvas de tensión-deformación obtenidas en los ensayos de tracción y compresión indican que el *Guadua angustifolia* presenta un comportamiento casi lineal, hasta el punto de rotura, tal y como se muestra en la Figura 2.12. [82].

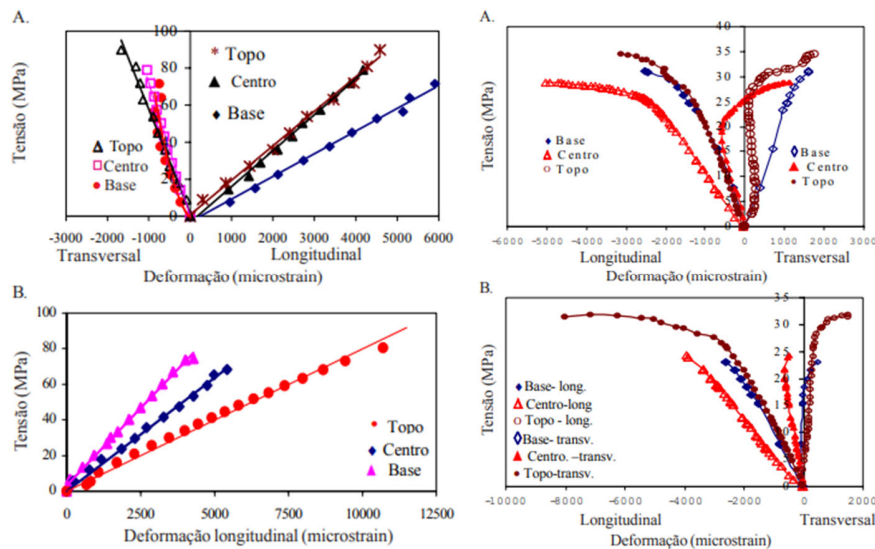


Fig. 2.12. Curvas tensión-deformación a tracción (izquierda) y a compresión (derecha) [82].

González *et al.*, en el año 2007 [110], presentaron los resultados obtenidos de resistencia a la compresión paralela a la fibra, el esfuerzo admisible para el diseño de elementos a compresión bajo diferentes combinaciones de carga y el módulo de elasticidad para la *Guadua angustifolia*.

En el año 2007 se publicó la Norma Técnica Colombiana NTC 5525 “*Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth*” [64].

Torres *et al.*, también en el año 2007 [111], propusieron una ecuación constitutiva isotrópica transversal como la ley más simple capaz de capturar las principales características anisotrópicas del bambú. En este estudio, realizaron pruebas de compresión diamétrica para determinar el módulo circunferencial de Young para la *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys pubescens*.

Beraldo *et al.*, en el año 2007 [112], utilizaron la técnica de sombras de Moiré para mapear las deformaciones en función de la presencia de entrenudos logrando observar las líneas de iso-deformación del *Guadua angustifolia*. En la Figura 4.4. se muestran los resultados.

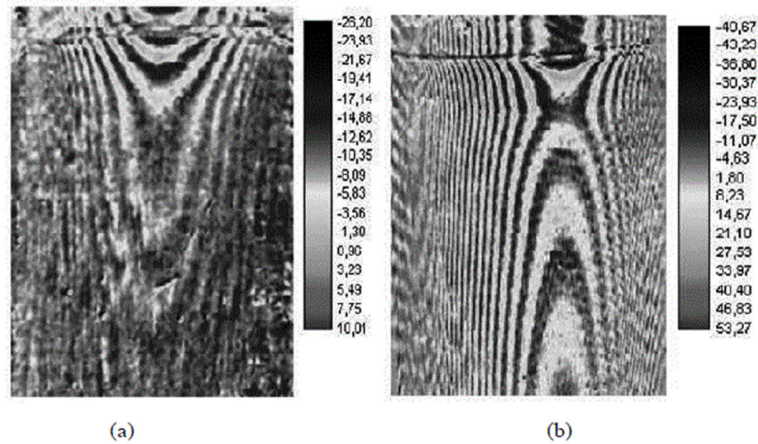


Fig. 2.13. Mapas de isodeformaciones con nudo en el extremo superior. a) saturado, b) seco.

Lo *et al.*, en el año 2008 [113], utilizaron el análisis microscópico de la fibra de esclerénquima de la sección de bambú como una medida alternativa para conocer la resistencia del bambú para uso en la construcción [113].

Lozano *et al.*, en el año 2008, con los trabajos englobados en el proyecto de validación de *Guadua angustifolia* como material estructural para el diseño por el método de esfuerzos admisibles, permitió dar soporte técnico en la redacción del Título G-12 del Reglamento colombiano de construcción sismoresistente de la *Guadua angustifolia* [9]. El reglamento establece la metodología para el diseño estructural de edificaciones de un máximo de siete metros de altura y con áreas iguales e inferiores a 2000 metros cuadrados. El método de diseño por esfuerzo admisible y el protocolo de control de calidad se basan en la mecánica estructural y los diferentes proyectos de investigación realizados en la Universidad Nacional de Colombia [6,8]. Uno de los objetivos del proyecto fue establecer los valores de esfuerzos admisibles de la *Guadua angustifolia* tomando muestras en tres Departamentos de Colombia en donde se establecieron los esfuerzos admisibles para compresión paralela a la fibra, para compresión perpendicular a la fibra, para corte paralelo a la fibra, para flexión y torsión. Las muestras se tomaron de las parte inferior, media y superior del culmo, siguiendo la NTC 5525. Se determinaron las propiedades físico-mecánicas y los valores característicos de sus propiedades mecánicas y módulos elásticos del *Guadua angustifolia* de los departamentos del Valle, Quindío, Risaralda y Cundinamarca [7,8] realizando un total de 2020 ensayos de laboratorio de la *Guadua angustifolia* en estado verde.

Saraz *et al.*, en el año 2009 [114], utilizaron modelos matemáticos para materiales compuestos encontrando algunas ecuaciones que permiten predecir la resistencia del material en función de la resistencia de la fibra. Tan *et al.*, en el año 2011 [115], presentaron los resultados de un estudio experimental, teórico y computacional del crecimiento de grietas y los mecanismos de endurecimiento en el bambú de la especie Moso (*Phyllostachys pubescens*). Villalobos *et al.*, en el 2011 [116], estudiaron a través de elementos finitos el patrón de rotura de *Guadua angustifolia* durante el proceso de secado. Li *et al.*, en el año 2011 [43], encontraron que el MOE o módulo de Young de un culmo de bambú se incrementa cúbicamente en la dirección radial.

Sharma *et al.*, en el año 2013 [117], buscaron desarrollar un método de prueba práctico para la evaluación in situ de las propiedades del material de bambú, así como explorar el efecto de la gradación de la fibra en la prueba a compresión perpendicular. Estrada *et al.*, en el año 2013 [118], aplicaron modelos probabilísticos para implementar modelos de falla progresiva con haces de fibra paralelos y así determinar el tamaño mínimo de una sección transversal que tenga una respuesta mecánica con un coeficiente de variación controlado. Archila *et al.*, en el año 2014 [119], plantearon la mejora de las resistencia y la disminución de la dispersión de los diferentes resultados buscando el aumento de la densidad a través de la aplicación de sistemas termo hidromecánicos.

Ordoñez *et al.*, en el año 2014 [83], presentaron valores de resistencia de la *Guadua aculeata* en condición verde. Presentaron valores de resistencia a flexión MOR de 59.7 MPa a 89.2 MPa. Para otras especies del mismo género como la *Guadua velutina* y la *Guadua amplexifolia* los valores de resistencia en flexión, en condición verde, presentaron valores más bajos en la parte basal y más altos en la parte superior. Los valores para *Guadua velutina* estaban entre 75.5 MPa y 88.3 MPa y los valores para *Guadua amplexifolia* entre 77.0 MPa y 102.1 MPa.

Orozco *et al.*, en el 2014 [120], determinaron la fuerza y el módulo de Young de *Guadua angustifolia* a lo largo del culmo en la dirección radial. Cárdenas *et al.*, en el 2014 [121], estudiaron el valor del módulo elástico de la sección radial de *Guadua angustifolia* Kunth, mediante una técnica de propagación de ondas acústicas. Lee *et al.*, en el año 2014 [122], plantearon la distribución del módulo elástico en la dirección radial de muestras de bambú a través de un ensayo de cilindro hueco y su formulación analítica.

Gottron *et al.*, en el 2014 [123], estudiaron el comportamiento de la fluencia del bambú *Bambusa stenostachya* bambú *Tre Gai* con la norma ASTM D6815 para madera, concluyendo que el bambú cargado con la pared exterior del culmo a tracción (OT, pared externa sometida a tracción) exhibe: (a) un módulo de ruptura mayor; (b) un módulo de elasticidad aparente más bajo; y (c) una resistencia residual más baja en comparación con los especímenes con su pared de culmo exterior en compresión (OC, pared externa sometida a compresión). Los resultados obtenidos se compararon con los valores de diseño comunes para la madera y se concluyó que el bambú *Tre Gai* es capaz de soportar cargas sostenidas más altas que la madera.

Zaragoza *et al.*, en 2015 [74], estudiaron las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua aculeata* arrojando resultados similares a la *Guadua angustifolia*. El esfuerzo máximo cortante varió de 6.0 a 10.5 MPa; el esfuerzo máximo en compresión paralela a la fibra se incrementó de la sección inferior a la superior de 28.2 a 56.7 MPa y su módulo de elasticidad de 13.7 a 20.7 GPa. El módulo de rotura MOR en flexión de 51.9 a 79.6 MPa y su módulo de elasticidad MOE de 15.1 a 24.1 GPa. La resistencia a tracción paralela a la fibra se incrementó de 58.5 a 92.2 MPa y el módulo de elasticidad en ese esfuerzo de 8.2 a 9.8 GPa.

Keogh *et al.*, en el año 2015 [124], estudiaron la fatiga de dos especies de bambú: el *Phyllostachys pubescens* y el *Dendrocalamus gigantea*. Se evidenció que las secciones de culmo de bambú cargadas paralelamente al eje de culmo no sufrieron roturas por fatiga. La fatiga era evidente en las muestras cargadas en compresión perpendicular a la fibra del culmo. El número de ciclos aumentó a medida que el rango de carga cíclica disminuía de una manera similar a la que se

encuentra en muchos materiales de construcción. La fatiga del bambú ocurrió incluso con cargas de apenas el 40% de la resistencia final.

Trujillo *et al.*, en el año 2016 [125], elaboraron un resumen del estado del arte del proceso de caracterización de materiales del bambú con fines estructurales.

Ribeiro *et al.*, en el año 2017 [126], plantearon la utilización de métodos no destructivos para determinar las propiedades mecánicas a flexión utilizando sistemas de vibración sónica axial. Utilizaron un Stress Wave Timer SWT para la evaluación no destructiva de la resistencia y rigidez de los culmos de bambú.

Nurmadina *et al.*, en el año 2017 [127], demostraron que el diámetro, la masa lineal y su combinación eran buenas propiedades indicadoras en la clasificación de la capacidad del culmo de bambú. Moran *et al.*, en el año 2017 [128], plantearon nuevos métodos para buscar el módulo elástico circunferencial utilizando simulaciones con elementos finitos.

Trujillo *et al.*, en el año 2017 [129], realizaron más de 200 ensayos a flexión de la *Guadua angustifolia* con el objetivo de determinar si las propiedades mecánicas se pueden medir de forma no destructiva. Encontró que propiedades como la rigidez a la flexión (establecida a partir de la técnica de onda dinámica de esfuerzo), la capacidad de flexión y la masa por unidad de longitud, que dependen menos de las propiedades geométricas, proporcionan correlaciones más fiables.

Sapuyes *et al.*, en el año 2018 [130], evaluaron el MOR y MOE a la flexión en estado verde en muestras de *Guadua angustifolia Kunth* del Departamento del Huila, encontrando valores de esfuerzo admisible y módulo de elasticidad MOE promedio de 13.85 MPa y 15.48 GPa, respectivamente.

García *et al.*, en el año 2018 [131], utilizaron varios culmos para soportar esfuerzos en diferentes elementos estructurales, especialmente en vigas. Plantearon la reformulación del cálculo del momento de inercia efectivo en vigas compuestas de múltiples culmos.

2.3.2. Valores de resistencia *Guadua angustifolia Kunt*

En América Central y Sudamérica se ha reconocido a la *Guadua angustifolia* como material con capacidades mecánicas aceptables para su uso en el ámbito de la construcción. En la Tabla 2.11 se registran los valores de los esfuerzos admisibles que aparecen en las normas o reglamentos de construcción de México, Perú, Ecuador y Colombia.

Tabla 2.11. Valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de *Guadua angustifolia*.

Norma	Esfuerzos Admisibles (MPa)				
	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte	Flexión
México	36.4	23.7	Sin valor	1.9	25.6
Perú	16.0	13.0	1.3	1.0	5.0
Ecuador	19.0	14.0	1.4	1.2	15.0
Colombia	18.0	14.0	1.4	1.2	15.0

Colombia tiene una larga tradición en el uso estructural de la guadua, y dispone de importantes investigaciones a nivel estructural [132].

2.4. Fallas de Guadua angustifolia como material estructural

La guadua está conformada por fibras longitudinales, que están pegadas simplemente por pectina, conformando una matriz de lignina débil, lo que hace que la resistencia a la tracción perpendicular de la guadua sea muy pequeña. A su vez, esta estructura limita la resistencia a la compresión paralela a las fibras en columnas cortas porque, al aplicar la fuerza vertical, se presenta una fuerza radial horizontal hacia afuera que separa las fibras [133].

También la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras (aplastamiento) es muy baja, ya que, al aplicar carga a un cilindro hueco, este se deforma y, debido a su poca resistencia a la tracción perpendicular a las fibras, termina abriéndose. Cuando el elemento se somete a compresión paralela a las fibras, el comportamiento mejora si la guadua se confina [133].

Para el diseño de estructuras en guadua se debe tener especial cuidado con las uniones, ya que el fallo de estas puede ocasionar importantes daños al conjunto estructural. Aunque los elementos bajo diferentes solicitaciones de carga (compresión, tracción paralela a las fibras, flexión, torsión) tienen un buen comportamiento, las uniones pueden tener esfuerzos de tracción perpendicular o de corte paralelo a la fibra [133].

2.5. Principales construcciones en el mundo y Colombia

La construcción en bambú ha tenido ejemplos representativos a nivel mundial. Las principales edificaciones se encuentran en Asia por ser un material muy tradicional en este continente. Países como China, Vietnam, Tailandia, Taiwán o Indonesia sobresalen con varias construcciones en bambú.

Se ha escogido una lista de construcciones que destacan por su morfología estructural, dimensiones, área cubierta y planteamiento arquitectónico. En la Figura 2.14. se muestra la ficha de registro de las principales construcciones en bambú y guadua. En el Apéndice 6 se pueden apreciar 20 construcciones seleccionadas principalmente por su morfología arquitectónica y estructural.

THE NOMADIC MUSEUM

<p>ARQUITECTOS Simón Vélez</p> <p>CONSTRUCTORA GIGAGRASS</p> <p>AÑO 2008</p> <p>ÁREA 5.130 m²</p> <p>LOCALIZACIÓN Cuauhtémoc -México</p> <p>MATERIAL Angustifolia kunt</p> <p>DESCRIPCIÓN</p> <p>Simon Velez diseñó el Museo Nómada para albergar la exposición de Gregory Colbert "Ashes and Snow" en 2008 para el Zócalo, Ciudad de México. Fue la estructura de bambú más grande jamás creada; la estructura ocupaba 5,130 metros cuadrados y contenía dos galerías y tres teatros distintos.</p> <p>Por primera vez, el Museo Nómada incorporó el agua como elemento de diseño para recordar la historia única de la Ciudad de México, que una vez estuvo rodeada de canales. Esta elección arquitectónica honró el significado simbólico del Zócalo como el centro de México-Tenochtitlán, una ciudad fundada por los aztecas en una pequeña isla en medio del lago Texcoco en 1325 [1].</p> <p>BIBLIOGRAFÍA</p> <p>[1] "The Nomadic Museum on Architizer." [Online]. Available: https://architizer.com/projects/the-nomadic-museum/. [Accessed: 01-Nov-2019].</p>	 <p style="font-size: small; color: white; background-color: #8B4513; padding: 2px;">En el año 2010 fue parte del equipo del pabellón de la India en la EXPO 2010 de Shanghai, China, junto a Sanjay Prakash y Pradeep Sachdeva [1].</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fig. 2.14. Modelo de registro de principales construcciones del mundo y Colombia

2.6. Producción de bambú a nivel mundial

2.6.1. Una visión internacional

Existe un creciente interés y demanda del bambú como producto natural alternativo [134]. Como ejemplo, Brasil produce regularmente una cantidad considerable de pulpa de papel, teniendo al bambú como materia prima. Los países que exportan las mayores cantidades de pulpa de bambú para la fabricación de papel son los que realizan los cultivos más importantes: Bangladesh, Brasil, China, India, Tailandia y Vietnam [134].

Por otro lado, Filipinas ha buscado, con el bambú, una alternativa para diversificar cultivos que permita mantener una cierta estabilidad económica, basados en las condiciones de su territorio y el mercado nacional e internacional. En Europa y Estados Unidos, hasta el momento, el principal interés por el bambú se centra en ornamentación. En el mercado austriaco se está produciendo tableros de aglomerado de viruta de bambú, duelas y parquets para pisos y tableros contrachapados [134].

China se ha tomado muy en serio la explotación del bambú y ha desarrollado procesos industriales de dos niveles: primario y secundario. El nivel industrial primario incluye productos para la construcción de viviendas y puentes, mientras que el sector secundario pertenece a la cadena industrial. De la misma manera, la industria del bambú ha alcanzado un valor de producción anual

de 13,8 mil millones de dólares al año y ofrece oportunidades de empleo para más de 5,6 millones de personas [135].

El principal país exportador de guadua es China, aglutinando el 60% del total de las exportaciones mundiales, siendo Vietnam su más inmediato perseguidor [136].

2.6.2. Producción de *Guadua angustifolia* en Colombia

La producción de guadua en Colombia sigue siendo baja, a pesar que cuenta con 9 géneros y 70 especies reportadas, siendo 24 especies endémicas. La región andina tiene la mayor cantidad y diversidad en población de especies de árboles (89%). La cordillera oriental es la más rica, con el 55% de bosques de bambú. Los departamentos de Colombia con mayor diversidad de bosques de bambú son Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Nariño y Quindío. La mayoría de especies pertenecen al género *Chusquea* (30%), y el resto pertenecen a los géneros *Neurolepis*, *Arthrostylidium*, *Aulonemia*, *Elytrostachys*, *Merostachys*, *Rhipidocladum*, *Guadua* y *Otatea* [137].

2.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 2

Este capítulo ha presentado el estado del arte relativo al bambú como material de construcción. Se han definido los aspectos biológicos más importantes para, a partir de ellos, poder comprender su comportamiento estructural. Una parte clave de este capítulo ha sido definir las propiedades físicas y mecánicas principales del bambú como material de construcción. La parte relativa a las propiedades mecánicas ha ido acompañada de una amplia revisión bibliográfica sobre las principales contribuciones científicas asociadas a a la temática. El capítulo ha finalizado con datos relativos a la producción de bambú a nivel mundial. El estudio realizado en este capítulo es la base para orientar los próximos capítulos de la Tesis Doctoral.

CAPÍTULO 3. REGIÓN ANDINA DE COLOMBIA

3.1. Introducción

Este breve capítulo tiene por objetivo caracterizar la región colombiana objeto de la investigación, la región Andina, especialmente en sus aspectos climáticos que son los analizados en la propia investigación como objeto causal de las características de la guadua que en ella se cultiva y que es, a su vez, el objeto fundamental de la investigación.

Colombia es un país que se caracteriza por su diversidad natural y su geografía. La superficie de Colombia es de 2.129.748 km², de los cuales 1.141.748 km² corresponden a su territorio continental y los restantes 988.000 km² a su extensión marítima, en especial los archipiélagos con las islas de San Andrés y de Providencia.

Por el Norte, Colombia llega hasta los 12°26'46'' de latitud norte en el sitio denominado Punta Gallinas, en la península de la Guajira, que constituye el extremo septentrional del continente suramericano. Por el Sur, el territorio llega hasta los 4°12'30'' de latitud sur, en el sitio donde la quebrada San Antonio vierte sus aguas al caudaloso río Amazonas. El extremo Oriental se localiza a los 60°50'54'' de longitud oeste de Greenwich, sobre la isla de San José en el río Negro (En Colombia denominado río Guainía), frente a la Piedra del Cocuy, límite común entre las repúblicas de Colombia, Brasil y Venezuela. Por el Occidente llega hasta los 79°02'33'' de longitud oeste de Greenwich, que corresponden al Cabo Manglares en la desembocadura del río Mira en el Océano Pacífico.

Colombia limita al este con Venezuela y Brasil, al sur con Perú y Ecuador y al noroeste con Panamá; en cuanto a límites marítimos, colinda con Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Jamaica, Haití, República Dominicana y Venezuela en el mar Caribe, y con Panamá, Costa Rica y Ecuador en el océano Pacífico.

Colombia se caracteriza por una abrupta geografía especialmente en la zona occidental donde la cordillera de Los Andes se divide en tres líneas montañosas claramente definidas camino del Caribe. Otra de sus características es la de su gran diversidad natural debido a su situación geográfica cerca del ecuador al sur y también del trópico de Cáncer al norte, y, al mismo tiempo, a causa de la diversidad de gradientes geográficos, de alturas diferentes, que le permiten tener una de las faunas y de las floras más rica y diversa del mundo. Y, por supuesto, dentro de las primeras, la existencia de inmesos bosques con diversidad de tipologías de arbolado, y, muy especialmente de guadua, siendo uno de los países más relevantes de América en cuanto a su cultivo y su uso en aplicaciones muy diversas, también en la Construcción.

3.2. Las seis regiones de Colombia

Se designa Región Natural a cada zona geográfica de un país o continente que cuenta con las mismas características en cuanto a relieve, clima, vegetación y clases de suelo. En Colombia, estas diferencias regionales se definen por una serie de factores muy claros tales como las características del relieve (ya sea montañoso o llano), la distancia al mar, el promedio de lluvias y las condiciones del suelo (tipo y vegetación).

De acuerdo con estos factores, en Colombia se pueden diferenciar seis regiones naturales, cinco continentales y una insular (así denominada), denominadas:

- Amazonía.
- Andina.
- Caribe.
- Insular.
- Orinoquía.
- Pacífica.

En la figura 3.1 se muestran las regiones naturales colombianas. La región objeto de esta investigación es la Región Andina, la que acoge casi el 90 % de la producción de guadua en Colombia.

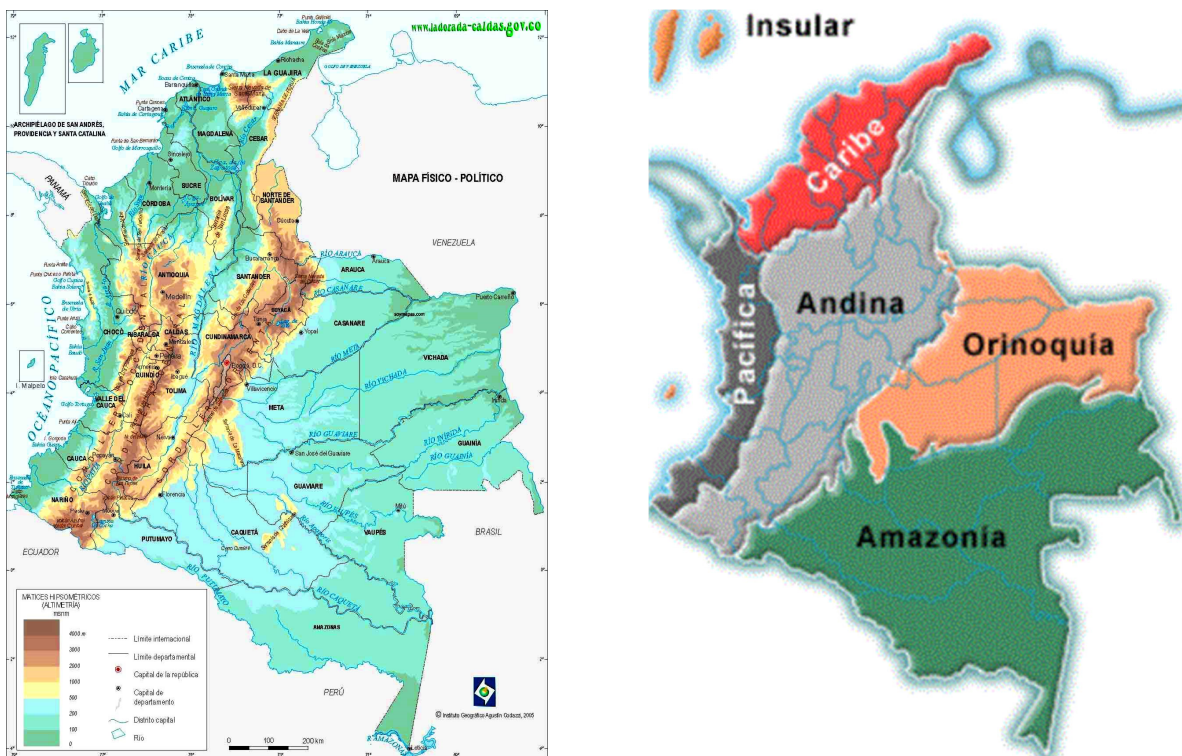


Fig. 3.1. Departamentos y regiones de Colombia

3.3. Caracterización geográfica de la Región Andina

La región Andina recibe este nombre porque está recorrida por las tres sub cordilleras en las que, de sur a norte, se divide la cordillera de los Andes. Comprende tanto las montañas como los valles interandinos del Magdalena, más al este, y del Cauca, al fin afluyente del río Magdalena, con una superficie aproximada a los 305.000 km². Se extiende desde el Sur, en los límites con Ecuador, hasta las estribaciones de las cordilleras en la llanura del Atlántico en el norte. Transversalmente se extiende desde el occidente, donde limita con la región Pacífica, al Oriente con la Orinoquía y Amazonía.

En la región Andina se concentra el 70% de la población del país, asentada en los principales centros económicos y urbanos. Abarca territorios de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Huila, Tolima, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander (figura 3.1 anterior).

Esta región también comprende los grandes centros hidrográficos del país como el Macizo Colombiano, el Nudo de los Pastos, el Páramo de Sumapaz y los nudos de Paramillo y Santurbán, donde nacen importantes ríos como el Magdalena, Cauca, Caquetá, Patía, Sinú, San Jorge, Sumapaz, Putumayo y Lebrija.

La región Andina se caracteriza por su amplia diversidad climática, la cual es ocasionada por la altura sobre el nivel del mar, generando los llamados pisos térmicos, los cuales le proporcionan a la región diferentes niveles de humedad y pluviometría, radiación solar y temperatura.

3.4. Variables climáticas y su aplicación al caso de Colombia

3.4.1. Definición de clima

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define el clima como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados.

El clima es, además, uno de los instrumentos de la planificación que se tiene en cuenta para la proyección espacial de las políticas ambientales, y así garantizar un nivel de vida adecuado y la conservación del ambiente.

El clima está formado por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático: atmósfera, hidrosfera, litosfera, criosfera, biosfera y antroposfera.

Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, éste se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático.

La zonificación climática se realiza con distintos niveles y rangos, desde muy generales a específicos, y desde un nivel macroclimático a un nivel microclimático. Se puede realizar en función de sus caracteres básicos o considerándolos aisladamente o combinados: temperatura, viento, humedad, precipitación, etc. Estas combinaciones conducen a parámetros tan importantes como la evapotranspiración y a índices climáticos más o menos complejos, cuyos valores son utilizados como base para establecer zonas climáticas.

Además, el clima determina en alto grado el tipo de suelo y la vegetación, e influye, por lo tanto, en la utilización de la tierra.

El clima no se puede caracterizar con base en observaciones aisladas, sino que es necesario disponer de series históricas del comportamiento de los eventos a analizar. Un comportamiento aislado de elementos del clima no tiene ningún valor desde el punto de vista climatológico [138].

3.4.2. Clasificaciones de clima

Entre las aplicaciones de la clasificación y de los modelos climáticos se encuentran:

- Que son un elemento caracterizador de la fisiografía y de la zonificación ecológica.
- Que definen algunas potencialidades de la región:
 - Hidrológicas.
 - Fitogeográficas.
 - Caracterizador de los Sistemas de Producción.
 - Elemento fundamental para la valoración de algunas amenazas naturales.

La Fig. 3.2 muestra la interrelación entre los factores del clima y todos sus elementos.

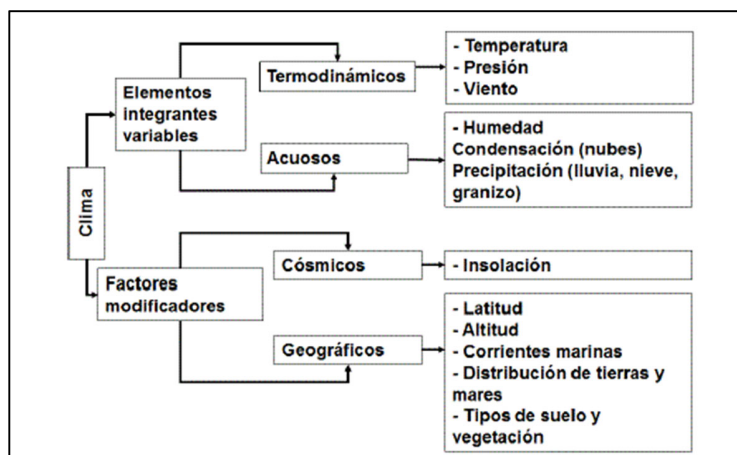


Fig. 3.2. Elementos y factores de clima. Fuente: IGAC¹⁴

Los parámetros o variables básicas de cualquier clasificación climática son la temperatura y la precipitación, y en menor grado la humedad relativa, la evaporación y el brillo solar. Existen dos tendencias principales de clasificación. La clasificación genética, por un lado, fundamentada en

¹⁴ IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

los factores que generan la diversidad climática (como radiación solar, circulación de la atmósfera y masas de aire), y las llamadas clasificaciones empíricas, por otro, basadas en elementos del clima combinados en índices (grado de humedad y temperatura, por ejemplo).

En general, los climatólogos han empleado las siguientes bases para la clasificación de los climas:

- Los procesos atmosféricos que forman el clima (clasificación genética).
- La relación entre el clima y la distribución observada de la vegetación (Clasificación empírica).
- El balance hidrológico (Clasificación hidrológica – basada en los valores de la precipitación y de la evaporación, o evapotranspiración, en cada uno de los meses del año).
- El bienestar humano (Clasificación biológica – indica el grado de bienestar o incomodidad que el hombre experimenta en una zona determinada).

Para agrupar los climas del mundo se han desarrollado varios tipos de clasificación. Muchos de estos tipos se basan en los elementos climáticos fundamentales como son la temperatura y la precipitación. A continuación, se citan algunas de estas clasificaciones (A) y se desarrollan aquellas (B) que nos permiten, tras su definición, exponer su aplicación al caso de Colombia, a la caracterización de las Regiones Climáticas de Colombia a partir de las variables desarrolladas en estos modelos y clasificaciones.

A) Modelos (sólo) citados

Citamos estos tres por su relevancia teórica, si bien no se tienen resultados de su aplicación al caso de Colombia:

- La clasificación de PAPADAKIS [145] distingue diez grupos fundamentales de climas y cada grupo se caracteriza por regímenes específicos de temperatura y humedad. Se consideran 10 climas principales: tropicales, tierra fría, desérticos, subtropicales, mediterráneos, marítimos, continentales húmedos, esteparios, alpino y polar. Combinándolos con los regímenes hídricos se obtienen los distintos tipos de clima. En la siguiente tabla se muestra para cada tipo de clima las regiones del planeta en que se encuentra, y para cada región, su fórmula climática.
- La clasificación de KÖEPPEN se basa en las medias mensuales y anuales de temperatura y precipitación, escogidas por su función de valores críticos para la vegetación, determinando 12 tipos climáticos [139].
- La clasificación propuesta por HOLDRIDGE incluye un nuevo elemento climático, la evapotranspiración [141], también utilizada, como se verá más adelante, en otros modelos o clasificaciones.

B) Modelo Climático de Caldas

En 1802 se reunieron en Quito los investigadores Alejandro Von Humboldt (alemán), Aime Bonpland (francés) y Francisco José de Caldas (colombiano) quien disponía de información relativa a las alturas sobre el nivel del mar y su influencia en la variación de las temperaturas.

Expuesta y analizada la información por Caldas, se determinaron los pisos térmicos para la región Andina Tropical. Entre 1882 y 1884, Hettner comprobó la teoría de Caldas al realizar un estudio de climas de altura en la cordillera oriental, confirmando el gradiente de la temperatura con la altitud. Estos límites se pueden apreciar en la Tabla 3.1. Caldas estableció una relación empírica entre la altitud y la temperatura:

- 1000 m corresponde a una temperatura media de 23.8°C.
- 2000 m corresponde a una temperatura media de 18.0°C.
- 3000 m corresponde a una temperatura media de 12.7°C.
- 4000 m corresponde a una temperatura media de 7.0°C.

Tabla 3.1. Modelo Climático de Caldas

Piso térmico	Altitud (rango en altura m)	Temperatura °C	Variación altitud por condición local
Cálido	0 – 1000	$T \geq 24^{\circ}\text{C}$	Límite sup. \pm 400 m
Templado	1001 - 2000	$24^{\circ}\text{C} \geq T > 17.5^{\circ}\text{C}$	Límite sup. \pm 500 m Límite inf. \pm 500 m
Frio	2001 - 3000	$17.5^{\circ}\text{C} > T \geq 12^{\circ}\text{C}$	Límite sup. \pm 400 m Límite inf. \pm 400 m
Páramo bajo	3200 - 3700	$12^{\circ}\text{C} > T \geq 7^{\circ}\text{C}$	
Páramo alto	3700 - 4200	$7^{\circ}\text{C} > T$	

Fuente: Clasificación temática IDEAM¹⁵

C) Modelo Climático de Lang

En el año 1915, Richard Lang estableció una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) por la temperatura media anual (T, en °C). este cociente se llama también Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang.

Tabla 3.2. Clases de clima según Lang

COCIENTE P/T	CLASE DE CLIMA
0.0 – 20.0	Desértico
20.1 – 40.0	Árido
40.1 – 60.0	Semiárido
60.1 – 100.0	Semihúmedo
100.1 – 160.0	Húmedo
Mayor a 160.1	Superhúmedo

Fuente: Clasificación climática IDEAM¹⁶

¹⁵ IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

¹⁶ IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

D) Modelo Climático de Caldas - Lang

Ninguno de los dos sistemas antes mencionados, por sí solos, tiene aplicabilidad o funcionalidad aceptables, por lo que Schaufelberger propuso su unificación e implementó el sistema de clasificación CALDAS-LANG. Fue utilizada, entre otros autores, por Tiria [138], para caracterizar la cuenca de Rionegro, en Colombia.

Como es evidente, este modelo utiliza la variación altitudinal de la temperatura, que indica los pisos térmicos, y la efectividad de la precipitación, que muestra la humedad [138]. Esta clasificación aplicada al trópico americano se basó en los valores de temperatura con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal.

En la Tabla 3.3. se muestran los tipos climáticos Caldas – Lang con su respectiva nomenclatura. Estos tipos climáticos se representan en la Fig. 3.3 para el caso de Colombia.

Tabla 3.3. Tipos climáticos Caldas – Lang

	Número	Tipo climático	Símbolo
Tipos de clima según Caldas - Lang	1	Cálido Súper Húmedo	CSH
	2	Cálido Húmedo	CH
	3	Cálido semihúmedo	Csh
	4	Cálido semiárido	Csa
	5	Cálido Árido	CA
	6	Cálido Desértico	CD
	7	Templado Súper Húmedo	TSH
	8	Templado Húmedo	TH
	9	Templado semihúmedo	Tsh
	10	Templado semiárido	Tsa
	11	Templado Árido	TA
	12	Templado Desértico	TD
	13	Frío Súper Húmedo	FSH
	14	Frío Húmedo	FH
	15	Frío semihúmedo	Fsh
	16	Frío semiárido	Fsa
	17	Frío Árido	FA
	18	Frío Desértico	FD
	19	Páramo bajo Súper Húmedo	PBSH
	20	Páramo bajo Húmedo	PBH
	21	Páramo bajo semihúmedo	PBsh
	22	Páramo bajo semiárido	PBsa
	23	Páramo alto Súper Húmedo	PASH
	24	Páramo alto Húmedo	PAH
	25	Nieves perpetuas	NP

Fuente: Metodología de zonificación ambiental de cuencas hidrográficas, Ministerio de Medio Ambiente Colombia

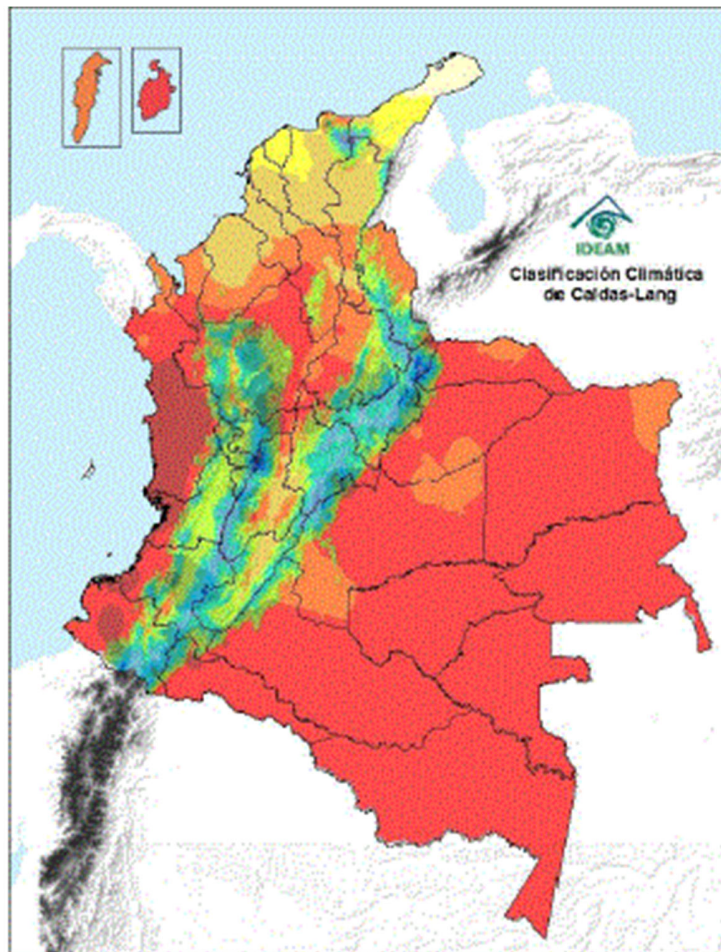


Fig. 3.3. Clasificación Climática de Caldas-Lang: el caso de Colombia

E) Modelo Climático de Martonne

La clasificación de MARTONNE se basa en criterios geográficos, teniendo en cuenta el reconocimiento de los climas astronómicos clásicos [140].

Se basa en el hecho de que la clasificación climática no debe establecerse exclusivamente sobre el régimen térmico ni sobre el régimen de humedad, sino que también debe tenerse en cuenta, entre otras cosas, las zonas comprendidas entre los trópicos [140]. El modelo, debido a que tiene en cuenta más el concepto de humedad que el de temperatura, es útil en asuntos agrometeorológicos en donde la humedad es un factor fundamental. La fórmula para la clasificación climática de Martonne es:

$$IM = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12 \cdot P_s}{T_s + 10} \right)$$

En donde:

- IM= índice de aridez.
- P= precipitación anual.
- T= temperatura anual.
- P_s= precipitación del mes más seco.
- T_s= temperatura del mes más seco.

Los rangos de clasificación se encuentran en la siguiente tabla, mientras que la Fig. 3.4 muestra gráficamente los resultados del modelo en Colombia.

Tabla 3.4. Clasificación climática de Martonne

ÍNDICE DE ARIDEZ	CLASES DE CLIMA	SÍMBOLO
0 – 5.0	Árido	F
5.1 - 10	Semiárido	E
10.1 - 20	Subhúmedo	D
20.1 – 35.0	Húmedo	C
35.1 - 100	Húmedo lluvioso	B
>100	Húmedos lluviosos sin diferencias estacionales todo el año	A

Fuente: Instructivo clasificación climática IGAC¹⁷.

¹⁷ IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi

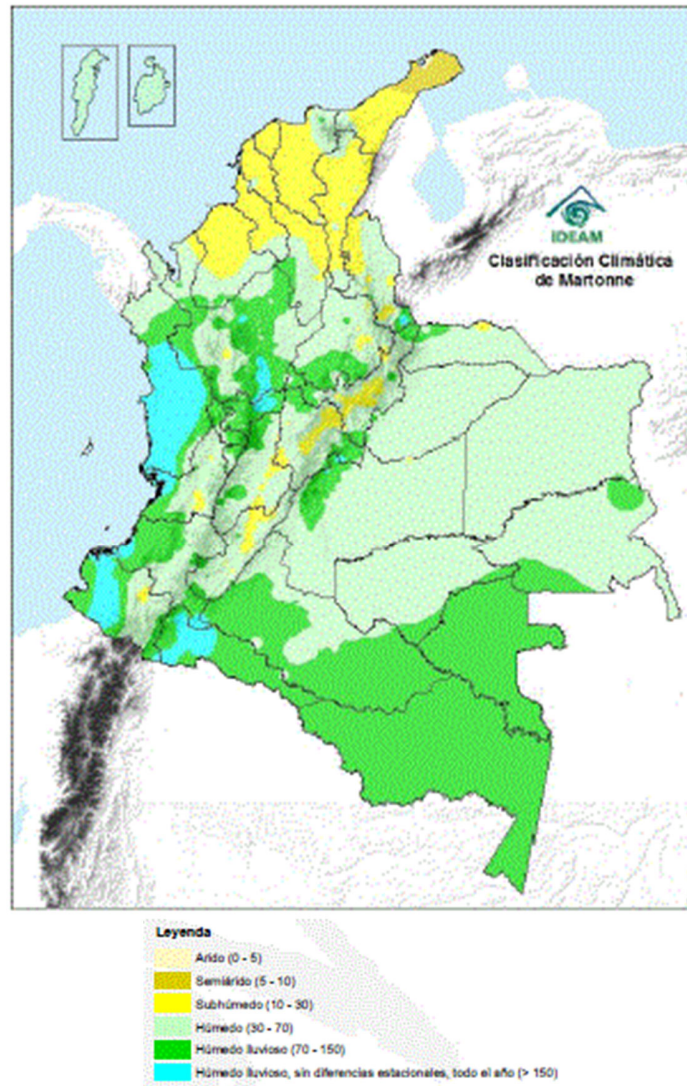


Fig. 3.4. Clasificación Climática de Martonne: el caso de Colombia

F) Modelo Climático del IGAC

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi aporta un modelo ecléctico de los anteriores y considera la clasificación del clima considerando tanto la precipitación anual, como la relación ETP/precipitación, más la altitud y la temperatura (siendo la ETP la evapotranspiración potencial que es la evapotranspiración máxima realizable por el conjunto planta-suelo en el supuesto de que el único factor limitante fuera la energía necesaria para realizar el proceso, es decir, cuando no hubiera ninguna limitación hídrica. Se representa en la Tabla 3.5 y la Fig. 3.5.

Tabla 3.5. Clasificación climática IGAC

TIPO DE CLIMA			Precipitación anual (mm)	Relación ETP/precipitación ¹⁸	Altitud (m)	Temperatura (°C)
CGO	Símbolo	Denominación				
Z	c-A	Cálido árido	<250	>8		
Y	c-SA	Cálido semiárido	250-500	8-4		
X	c-MS	Cálido muy seco	500-1000	4-2		
W	c-S	Cálido seco	1000-2000	2-1	0-1000	>24
V	c-H	Cálido húmedo	2000-4000	1-0.5		
U	c-MH	Cálido muy húmedo	4000-8000	0.5-0.25		
T	c-P	Cálido pluvial	>8000	0.25-(-1.25)		
S	m-MS	Medio, muy seco	<500	>2		
R	m-S	Medio, seco	500-1000	2-1		
Q	m-H	Medio, húmedo	1000-2000	1-0.5	1000-2000	18-24
P	m-MH	Medio, muy húmedo	2000-4000	0.5-0.25		
O	m-P	Medio, pluvial	>4000	0.25-(-1.25)		
N	f-MS	Frío, muy seco	<500	2		
M	f-S	Frío, seco	500-1000	2-1		
L	f-H	Frío, húmedo	1000-2000	1-0.5	2000-3000	12-18
K	f-MH	Frío muy húmedo	2000-4000	0.5-0.25		
J	f-P	Frío, pluvial	>4000	0.25-(-1.25)		
I	mf-S	Muy frío, seco	<500	2-1		
H	mf-H	Muy frío, húmedo	500-1000	1-0.5	3000-3600	8-12
G	mf-MH	Muy frío, muy húmedo	1000-2000	0.5-0.25		
F	mf-P	Muy frío, pluvial	>2000	0.25-(-1.25)		
E	ef-H	Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo	500-2000	1-0.25	3600-4200	4-8
D	ef-P	Extremadamente frío, pluvial	>2000	0.25-(-1.25)		
C	s-MH	Subnival, muy húmedo	250-500	0.5-0.25	4200-4700	1.5-4
B	s-P	Subnival, pluvial	500-1000	0.25-(-1.25)		
A	N	Nival	-	-	>4700	<1.5

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

¹⁸ ETP: Este balance sólo considera los aportes de lluvia. Los aportes de agua subterránea o pérdidas por percolación no se tienen en cuenta. Las demandas siempre están dadas por la evapotranspiración potencial – ETP media.

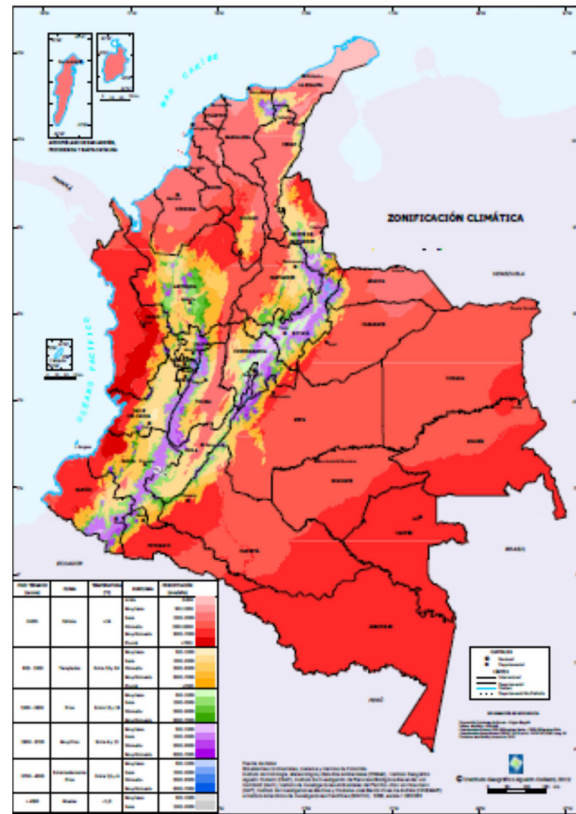


Fig. 3.5. Clasificación Climática del IGAC: el caso de Colombia

3.5. Resumen y conclusiones del Capítulo 3

Este capítulo tenía como objetivo caracterizar la región colombiana objeto de la investigación, la región ANDINA, especialmente en sus aspectos climáticos principales causantes de las características de la guadua, objeto fundamental de la investigación.

Para ello, tras describir brevemente las zonas geográficas de Colombia y más detalladamente la denominada Región ANDINA, se ha realizado un resumen de la revisión bibliográfica de la clasificación del clima y de los modelos climáticos para, finalmente, aplicar dichos modelos a la descripción climática de las citadas regiones climáticas de Colombia, a partir de las variables desarrolladas en estos modelos y clasificaciones.

En resumen, dichos modelos y clasificaciones analizados permiten, a grandes rasgos, prever la caracterización del clima, en función de las variables que conforman las condiciones climáticas, de las diferentes zonas de Colombia y, especialmente, de su Región Andina objeto de la presente investigación.

CAPÍTULO 4. TRABAJO EXPERIMENTAL

4.1. Introducción

Los primeros estudios sobre las propiedades físico-mecánicas del bambú tuvieron en consideración las normas técnicas de ensayos para madera, a pesar de las diferencias existentes entre la guadua y la madera. El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 permite la construcción de estructuras de guadua-Colombia, empleando este material como elemento estructural. La guadua es un material con alta dispersión en los valores de sus propiedades físico-mecánicas. Por ello, se hace necesario investigar y caracterizar su resistencia en varios Departamentos de la Región Andina de Colombia.

Antes del año 2007 (año de aparición de la NTC5525, norma que se tratará posteriormente), en Colombia se habían desarrollado múltiples investigaciones sobre las propiedades físico-mecánicas de la guadua. Sin embargo, estos estudios se realizaron empleando metodologías muy diferentes, lo que impedía comparar cuantitativamente los resultados obtenidos. Esta Tesis Doctoral nace con el objetivo cubrir las lagunas existentes en la actualidad, estudiando las propiedades físico-mecánicas de la guadua en la Región Andina. Se ha escogido esta región por ser la que provee a la práctica totalidad del mercado colombiano al mercado y contiene los mayores bosques naturales de guadua.

El objetivo principal del presente capítulo es mostrar el trabajo experimental llevado a cabo, que servirá de base para elaborar el trabajo analítico planteado en posteriores capítulos.

La fase experimental fue planeada y desarrollada de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC5525 titulada “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2007.

Es a partir del año de 2004 cuando se publica la norma ISO 22157 que hace posible la comparación de los resultados obtenidos en la caracterización de las propiedades físico-mecánicas de los culmos de bambú. La publicación de dicha norma llevó a la actualización de la IS 6874 “*Method of tests for round bamboo*” por parte de la Bureau of Indian Standards en el año 2008. La norma ISO 22157 es el documento de referencia de la NTC 5525. La importancia de la NTC5525 fue la de unificar la metodología de los ensayos de propiedades físico-mecánicas de la guadua y así poder determinar los valores de los esfuerzos de tracción paralela a las fibras, compresión paralela a las fibras, corte longitudinal a las fibras, compresión perpendicular a las fibras y flexión de la guadua.

El trabajo experimental mostrado en este capítulo define los protocolos de trabajo, los formatos para el corte del culmo en el rodal, el registro y caracterización del culmo, la elaboración de

probetas, el proceso de saturación, el diseño de los formatos de registro de resultados de los ensayos y la depuración de los resultados (fallos fuera de la NTC5525, valores atípicos). La Figura 4.1 muestra el desarrollo metodológico seguido en toda la fase experimental.

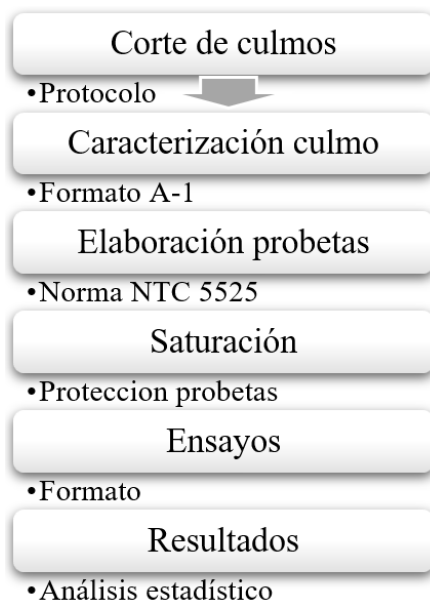


Fig. 4.1. Desarrollo metodológico.

En los siguientes apartados se profundiza en cada uno de los puntos del desarrollo metodológico. La presentación de los resultados y el análisis estadístico se presentan en los capítulos 5 y 6.

4.2. Corte e identificación de culmos

El procedimiento para el corte de los culmos de guadua fue formulado con ayuda de la Sociedad Colombiana del Bambú. Para ello, se tuvieron en cuenta aspectos como la edad del culmo, la procedencia, el corte del culmo con respecto a la localización en el rodal y el entrenudo.

Para la identificación de la procedencia exacta de cada culmo usado en los ensayos mecánicos, se registró el lugar de procedencia del culmo, el número y la parte correspondiente (inferior, media o superior). El protocolo establecido es el presentado a continuación:

FASE 0 – Selección de culmos de guadua: La guadua es un material natural y, por lo tanto sus propiedades físicas y mecánicas varían de acuerdo con su edad [50]. Las guaduas con edades superiores a 3 años y menores de 5 años tienen su resistencia completamente desarrollada y son aptas para su uso en elementos estructurales. La selección es realizada gracias a la experiencia y conocimiento de los trabajadores (guadueros)¹⁹ de cada departamento.

¹⁹ Guadueros: persona dedicada al corte y comercialización de los culmos y esterillas de guadua.

FASE 1 – Codificación y marcado de cada culmo de guadua, seleccionado de la siguiente forma (véase también Figura 4.2):

- B Departamento de origen
- A Municipio de origen
- 1 número de culmo
- I, M, S parte del culmo (Inferior, Media, Superior)

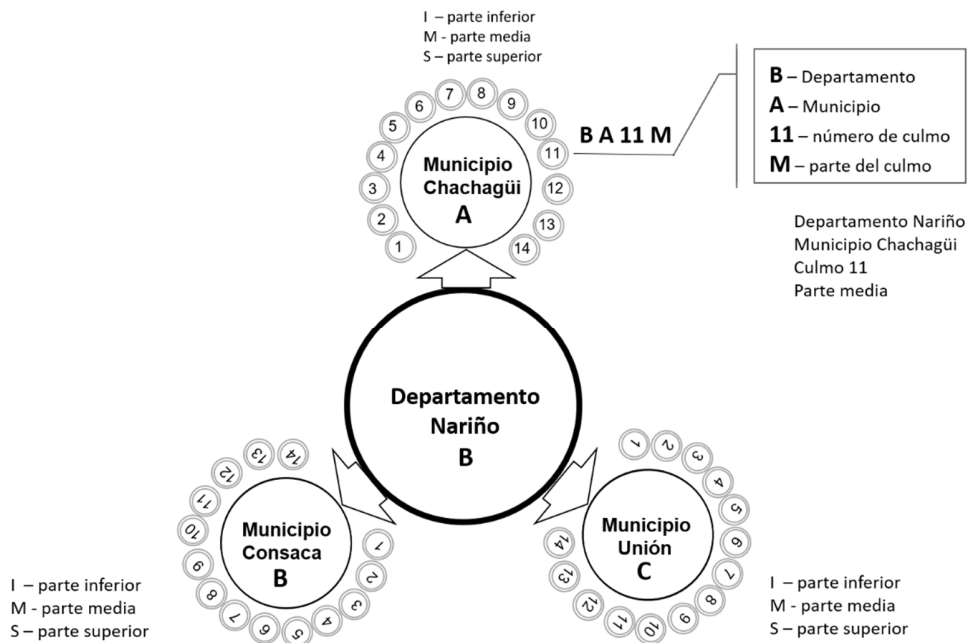


Fig. 4.2. Esquema de codificación de culmos de guadua.

FASE 2 – Identificación del cuello de la guadua, que corresponde al punto de unión entre el rizoma y el culmo.



Fig. 4.3. Cuello de la guadua.

FASE 3 – Marcado de un anillo a 1 metro de altura a partir del cuello de la guadua con pintura roja, para así facilitar la identificación de los culmos a cortar dentro del rodal.



Fig. 4.4. Anillo con pintura roja para facilitar la identificación de culmos a cortar.

FASE 4 – Medición del diámetro y longitud de los cinco primeros entrenudos de cada culmo, con el objetivo de tener una completa caracterización física del culmo y dejar los primeros entrenudos en el guadual para que nazca un nuevo rebrote.



Fig. 4.5. Medición del diámetro y longitud de los cinco primeros entrenudos.

FASE 5 – Corte del culmo.



Fig. 4.6. Corte del culmo.

FASE 6 – División de cada culmo en tres partes con las siguientes longitudes: 1.50 m, 4.50 m y 3.00 m aproximadamente, las cuales corresponden a la parte inferior, media y superior, respectivamente.



Fig. 4.7. División del culmo de guadua.

FASE 7 – Transporte de los culmos a la Universidad Nacional con sede en Bogotá.

4.3. Procedimiento para la caracterización y obtención de probetas para ensayos de resistencia mecánica

Una vez llegaron las muestras a la Universidad Nacional, se realizó una segunda caracterización para elaborar los esquemas de corte de probetas. Este procedimiento se describe a continuación:

FASE 0 – Identificación de cada parte del culmo, de acuerdo con la codificación usada en el momento del corte en el rodal, así como el departamento de origen de este. De igual forma, se identifica que cada parte de la guadua corresponda al culmo que pertenece:

- Inferior (cepa) corresponda al culmo 1.
- Media (basa) corresponda al culmo 1.
- Superior (sobrebasa) corresponda al culmo 1.

FASE 1 – Conteo del número de entrenudos constituyentes de cada parte del culmo.

FASE 2 – Medición de dos diámetros perpendiculares para la sección transversal inferior y superior del culmo, identificadas a partir del sentido de crecimiento de la guadua.

FASE 3 – Medición de 4 espesores por cada sección transversal, en los mismos puntos donde fue medido el diámetro

FASE 4 – Marcado y medición de cada entrenudo.

FASE 5 – Digitalización de la información de longitudes de entrenudos, diámetro superior e inferior, espesores de pared e identificación de la posición de cada probeta para la determinación de las resistencias mecánicas ante las diferentes sollicitaciones. La distribución de las probetas se realiza de forma aleatoria y siguiendo la nomenclatura mostrada en la figura 4.8.

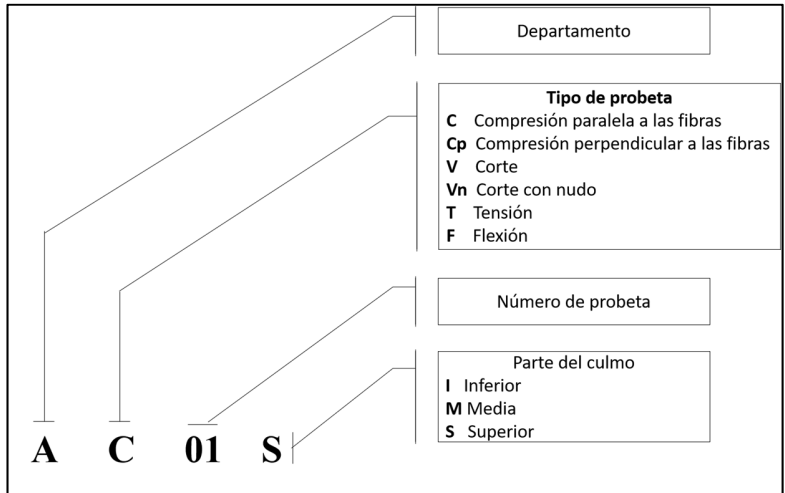


Fig. 4.8. Nomenclatura para la identificación de probetas

	INSTITUTO INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS LABORATORIO DE GUADUA Y MADERA FORMATO DE CARACTERIZACIÓN DE CÚLMOS Y ESQUEMA DE CORTE DE PROBETAS		IIT_LGM_FCEC
			VERSION 2.0
			PAGINA 2 DE 2
PROYECTO	DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE E SFUERZOS RESISTENCIALES DEL MADERO GUADUA ANQUESTRAL DE LOS DEPARTAMENTOS DE CAUCA, TOLIMA, NARIÑO Y GUAVIARE		
RESPONSABLE	ARQ. JORGE ENRIQUE LOZANO PEÑA		CÓDIGO QUIPU 20 30 100 16238
LABORATORISTA	ARQ. DIANA CAROLINA OVALLE OVALLE		CÓDIGO INTERNO DE PROYECTO CIP_001
FECHA	27/09/2011	MUNICIPIO (T) TORIBIO	No. CULMO AC5M
RESPONSABLE	E. APIO GUEGIA M. ORBANDO BURBANO	LONG. TOTAL UTL. (mL) 4.47	ORIGEN (M) MEDIA
ORIGEN	(A) CAUCA	No. ENTRENUDOS 20	POSICION (M) MEDIA

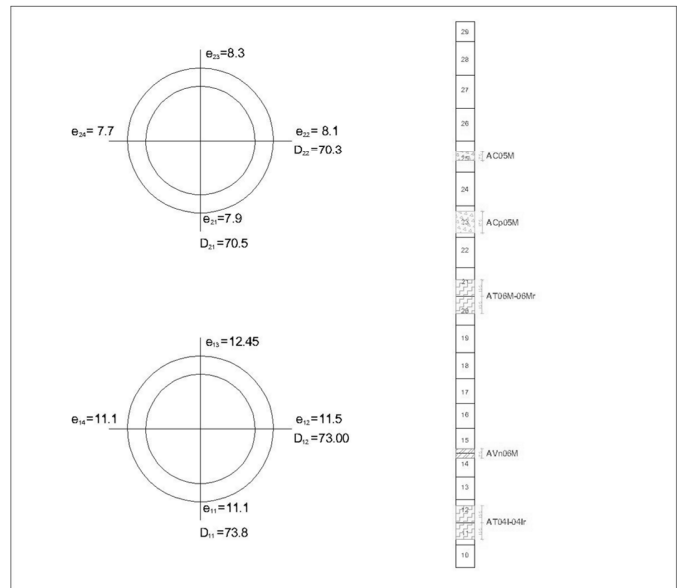


Fig. 4.9. Formato de caracterización del culmo y esquema de corte y registro de probetas

FASE 6 – Marcado de cada parte del culmo de acuerdo con el esquema de corte realizado en la fase anterior, identificando plenamente cada probeta de acuerdo con la nomenclatura registrada en el formato de la figura 4.9.

FASE 7 – Corte de cada probeta. Las probetas que son usadas en los ensayos de corte y compresión paralela a la fibra pasan por el proceso de afinado de cada extremo para garantizar un ángulo recto respecto a su longitud. La Figura 4.10 muestra un ejemplo de probetas cortadas y afinadas.



Fig. 4.10. Probetas de ensayo. Procedentes del municipio de Oiba, Departamento de Santander.

FASE 8 – Inmersión de cada probeta en agua por un periodo mínimo de dos semanas antes de cada ensayo, con el objetivo de disminuir la resistencia del material y aportar un valor conservador de esfuerzo admisible para cada sollicitación, de acuerdo con las guías de diseño actuales.

4.4. Ensayos

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Madera y Guadua de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia, con sede en Bogotá.

Los ensayos físico-mecánicos que se realizaron fueron los siguientes:

- Ensayo de tracción paralelo a las fibras.
- Ensayo de compresión paralelo a las fibras.
- Ensayo de corte paralelo a las fibras.
- Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- Ensayo de flexión.

Se ensayaron 75 probetas para cada una de las siguientes sollicitaciones: tracción paralela a las fibras, compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras, corte paralelo a las fibras con nudo, y corte paralelo a las fibras sin nudo. De estas 75 probetas, 15 probetas representaban la parte inferior, 30 la parte media y 30 la parte superior. Para flexión, el número de probetas fue de 12. De este modo, para cada departamento, se realizaron un mínimo de 312 probetas, con sus correspondientes ensayos.

De acuerdo con la NTC 5525, el 50% de las probetas ensayadas a corte paralelo a las fibras presentaba nudo y el otro 50% no; el 100% de las probetas a tracción presentaba un nudo en el

centro y el 100% de las probetas a compresión no presentaba ningún nudo. A cada probeta se le hizo el ensayo de contenido de humedad (CH).

Una vez realizados los ensayos para cada sollicitación y el posterior análisis estadístico de los resultados experimentales, los esfuerzos admisibles fueron obtenidos usando la ecuación G.12.7-2 del Título G-12 de la NSR-10.

$$F_i = \frac{FC}{F_s * FDC} f_{ki} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Donde:

- F_i = esfuerzo admisible en la sollicitación **i**
- f_{ki} = valor característico del esfuerzo en la sollicitación **i**
- FC = factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura (véase Tabla 4.1)
- F_s = factor de seguridad (véase Tabla 4.1)
- FDC = factor de duración de la carga (véase Tabla 4.1)
- i = subíndice que depende del tipo de sollicitación (**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)

Tabla 4.1. Factores de reducción NSR-10

actor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F _s	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

La determinación del valor característico para cada sollicitación (f_{ki}) se realiza de acuerdo con la fórmula G.12.7-1 establecida en la misma norma NSR-10, presentada en la ecuación (4.2).

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left(1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right) \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Donde:

- f_{ki} = valor característico en la sollicitación **i**
- $f_{0.05i}$ = valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación **i**
- s = desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
- m = valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
- n = número de ensayos.
- i = subíndice que depende del tipo de sollicitación (**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)

4.4.1. Contenido de humedad CH

El contenido de humedad se determinó mediante el pesaje de la pérdida de masa de la probeta durante el secado hasta una masa constante. Las probetas se deben pesar con una exactitud de 0,01 g y luego se deben secar en un horno a temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Después de 24 h se debe registrar la masa a intervalos regulares no inferiores a 2 h. Se debe tener mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre la retirada del horno y las determinaciones posteriores de la masa. El secado se considera terminado cuando la diferencia entre las medidas sucesivas de la masa no excede 0,01 g. El contenido de humedad (CH) de cada probeta se calcula como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno, usando la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100 \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Donde:

- CH** = contenido de humedad expresado en porcentaje
- m** = masa de la probeta antes del secado
- m_o** = masa de la probeta después del secado

El CH se debe calcular con una exactitud de un décimo de porcentaje.

4.4.2. Densidad

La densidad se define como la relación entre la masa de la probeta seca en horno, mediante pesaje, y la de su volumen húmedo verde, mediante inmersión.

La densidad (masa, seca en horno, por unidad de volumen) de cada probeta se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V} \times 10^6 \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

Donde:

- ρ** = es densidad, en kg/m^3
- m** = es la masa de la probeta seca en horno, en g.
- V** = es el volumen húmedo (verde) de la probeta, en mm^3

Los resultados se expresan en kg/m^3

4.4.3. Tracción paralela a las fibras

Este ensayo determina la resistencia última a la tracción, paralela a las fibras, aplicando una carga gradualmente creciente sobre la probeta.

La carga se aplicó continuamente durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento del cabezal móvil de 0,01 mm/s. Para determinar el módulo de elasticidad E se usaron deformímetros eléctricos y mecánicos. La resistencia máxima de tensión se determinó con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Donde:

σ_{ult} = es el esfuerzo último de tensión, en MPa

F_{ult} = es el valor de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N

A = es el área media de la sección transversal de la porción de ensayo, expresada en mm²

El módulo de elasticidad E se calculó a partir del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult} .

4.4.4. Compresión paralela a las fibras

Con este ensayo se determina el esfuerzo último de compresión de las probetas provenientes de los culmos de *Guadua angustifolia* y el módulo nominal de elasticidad.

Se verifica que las superficies de los extremos de la probeta estén en ángulo recto con el eje longitudinal de esta, con una desviación máxima de 0,2 mm. La carga se aplicó continuamente durante el ensayo a una velocidad constante de 0,01 mm/s. Para la determinación del módulo de elasticidad E se utilizaron deformímetros eléctricos y mecánicos.

El esfuerzo último de compresión se determinó con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

Donde:

σ_{ult} = es el esfuerzo último de compresión, en MPa

F_{ult} = es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N

A = es el área de la sección transversal, en mm²

El módulo de elasticidad E se obtuvo del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult} .

4.4.5. Corte paralelo a las fibras

Este ensayo determina la resistencia última al esfuerzo cortante paralelo a las fibras en probetas de culmos de *Guadua angustifolia*.

El 50 % de las probetas para los ensayos de corte paralelos a la fibra presentaban nudo y el 50 % restante no. Las superficies de los extremos de la probeta son planas y están en ángulo recto con la longitud de ésta. El espesor de pared t y la altura L de la probeta se calcularon en las cuatro áreas de corte. La carga se aplicó continuamente durante el ensayo para lograr que el cabezal móvil de la máquina universal se desplazase a una velocidad constante de 0,01 mm/s.

La resistencia última de corte se calcula con la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t \times L)} \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Donde:

τ_{ult} = es la resistencia última al corte, en MPa

F_{ult} = es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N

$\Sigma(t \times L)$ = es la suma de los cuatro productos de t y L .

4.4.6. Compresión perpendicular a las fibras.

Este ensayo es también conocido como prueba de soporte de borde [125]. El ensayo no viene regulado en la norma NTC 5525 ni en la norma ISO 22157. Para su ejecución se siguió el procedimiento utilizado por Lamus en el año 2008 [144], dentro de los ensayos realizados en el Departamento de Ingeniería civil de la Universidad Nacional de Colombia.



Fig. 4.11. Esquema general del ensayo de compresión perpendicular a las fibras.

Para todos los ensayos de compresión perpendicular se midieron los desplazamientos del plato de carga con el objetivo de realizar gráficos carga-desplazamiento, como el que se muestra en la figura 4.12.

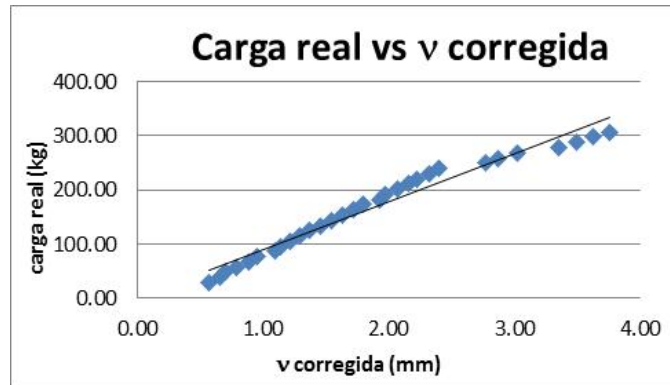


Fig. 4.12. Gráfico carga vs desplazamiento en el ensayo de compresión perpendicular a las fibras.

El esfuerzo último a compresión perpendicular se determinó usando la ecuación (4.8).

$$\sigma_{ult} = \frac{3 \times D \times F}{2 \times L \times t^2} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

Donde:

- σ_{ult} = es el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras, expresado en MPa
- D = valor promedio del diámetro, expresado en mm
- F = es la carga máxima aplicada, expresada en N
- L = es el valor de la longitud de la probeta, expresada en mm
- t^2 = es el valor promedio del espesor de pared, expresada en mm

El módulo de elasticidad circunferencial (E_{ϕ}) de la guadua es determinado con la ecuación (4.9)

$$E_{\phi} = \left[\frac{\pi \times R}{4A} + \frac{R^3}{I} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right] \times S \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Donde:

- E_{ϕ} = módulo de elasticidad circunferencial, expresado en MPa
- R = valor promedio del radio de la probeta, expresado en mm
- I = momento de inercia, expresado en mm^4
- A = valor del área calculada con L (valor promedio de la longitud de la probeta) $\times t$ (valor promedio del espesor de la pared de la probeta), expresada en mm^2
- s = pendiente de la curva carga vs desplazamiento

4.4.7. Flexión

Con este ensayo se determina la resistencia a flexión, la curva de carga frente a al desplazamiento vertical y el módulo de elasticidad nominal del culmo.

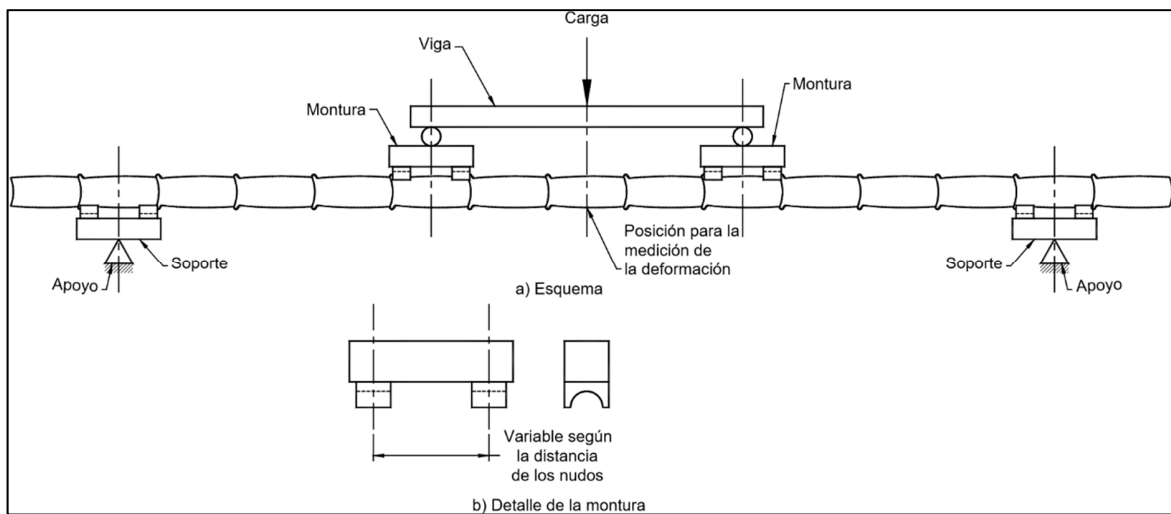


Fig. 4.13. Esquema del ensayo a flexión. Tomado de la NTC 5525

La aplicación de la carga al culmo se hizo uniformemente a una velocidad constante de 0,5 mm/s. Las probetas no tuvieron defectos visibles. Para lograr el fallo en flexión, el espacio libre fue de 30 diámetros.

Se determinó el valor medio del diámetro externo D y del espesor de la pared t . Para el cálculo del momento de inercia se utilizó la ecuación 4.10.

$$I_B = \frac{\pi}{64} \times [D^4 - (D - 2t)^4] \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Donde:

- I_B = momento de inercia, expresado en mm^4
- D = valor medio del diámetro, expresado en mm
- t = valor medio del espesor de pared, expresado en mm

La resistencia última a flexión se determinó con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{ult} = \frac{F \times L \times \frac{D}{2}}{6 \times I_B} \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Donde:

- σ_{ult} = resistencia última, expresada en MPa
- F = es la carga máxima aplicada, en N (la carga total aplicada en los dos puntos de carga)
- L = es la luz, en mm (o espacio de separación)
- D = es el valor medio del diámetro externo, en mm
- I_B = es el momento de inercia, expresado en mm^4

El módulo de elasticidad (módulo de Young) se determinó por la pendiente de la parte lineal del diagrama de deformación frente a la carga. El módulo de elasticidad E , en MPa, se calculó usando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{23 \times F \times L^3}{1296 \times \delta \times I_B} \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

Donde:

- E = es módulo de elasticidad, expresado en MPa
- F = es la carga máxima aplicada, en N (la carga total aplicada en los dos puntos de carga)
- L = es la luz, en mm (o espacio de separación)
- δ = es la deflexión en el punto medio de la luz, expresada en mm
- I_B = es el momento de inercia, expresado en mm⁴

4.5. Determinación del material de estudio

La Región Andina de Colombia está formada por 12 departamentos: Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Huila, Tolima, Quindío, Risaralda, Caldas, parte de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander.

El aprovechamiento y corte de la guadua está muy controlado en Colombia. Por ello, en ocasiones resulta complicado adquirir los culmos debido a la necesidad de gestionar los permisos especiales expedidos por las entidades encargadas del control ambiental de cada Departamento. Siete Departamentos otorgaron el permiso para el corte de culmos para la presente investigación: Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Tolima, Cundinamarca y Santander.

A continuación, se relacionan los municipios de donde se extrajeron los culmos para la presente investigación:

- Departamento de Quindío:
 - Municipio Quimbaya.
 - Municipio Circasia.
 - Municipio Montenegro.
- Departamento de Cundinamarca:
 - Municipio Pacho.
 - Municipio Guaduas.
 - Municipio Yacopí.
- Departamento de Valle del Cauca:
 - Municipio de Buga.
- Departamento de Nariño:
 - Municipio de Chachagüí.
 - Municipio de Consacá.
 - Municipio La Unión.

- Departamento del Cauca:
 - Municipio Corinto.
 - Municipio Miranda.
 - Municipio Toribio.
- Departamento del Tolima:
 - Municipio Palocabildo.
 - Municipio Junín.
 - Municipio Villahermosa.
 - Municipio de El Líbano.
- Departamento de Santander:
 - Municipio Oiba.
 - Municipio El Socorro.

4.6. Relación de ensayos planeados y realizados

Con los permisos de corte otorgados, se planificó el número de ensayos a realizar por cada tipo de esfuerzo físico-mecánico en cada Departamento, siguiendo la metodología descrita en apartados anteriores. Para los ensayos de tracción paralela a las fibras, compresión paralela a las fibras, corte paralelo a las fibras y compresión perpendicular a las fibras, se programaron 75 ensayos de la siguiente manera:

- 15 probetas de la parte inferior del culmo
- 30 probetas de la parte media del culmo
- 30 probetas de la parte superior del culmo

El número de probetas para el ensayo a flexión fue de 12 por Departamento, a excepción del Departamento de Quindío en el que inicialmente se plantearon 32 probetas de la parte media del culmo y 33 probetas de la parte superior del culmo. Ante las dificultades para el transporte y corte del culmo, se determinaron 12 probetas de la parte media por Departamento. En la Tabla 4.2. se relaciona el número total de probetas por Departamento por cada tipo de esfuerzo. La cantidad total de probetas preparadas y ensayadas ascendió a un total de 2861.

Tabla 4.2. Relación de probetas para ensayo por Departamento.

Departamento	Tracción	Compresión	Corte	Compresión \perp	Flexión	Total
Nariño	75	75	75	75	12	312
Cauca	75	75	75	75	12	312
Valle	75	75	90	75	12	327
Quindío	75	75	95	75	65	385
Tolima	75	75	75	75	12	312
Cundinamarca	150	150	160	150	24	634
Santander	150	150	161	150	24	635
Totales	675	675	731	675	161	2917

Los resultados y análisis de los mismos se presentan en los siguientes capítulos.

4.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 4

Este Capítulo describe la ambiciosa campaña experimental llevada a cabo para determinar las propiedades mecánicas de la Guadua procedente de diversos departamentos de la Región Andina. El procedimiento de trabajo, que va desde el corte de los culmos a su ensayo en laboratorio, ha seguido los protocolos internacionalmente reconocidos.

Se han llevado a cerca de 3000 ensayos mecánicos sobre probetas de Guadua, incluyendo:

- Ensayo de tracción paralelo a las fibras.
- Ensayo de compresión paralelo a las fibras.
- Ensayo de corte paralelo a las fibras.
- Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- Ensayo de flexión.

Los resultados de los ensayos han quedado ordenados por el departamento en el cual se ha extraído el culmo, y en función de la propiedad mecánica ensayada (ver Tabla 4.2). Estos resultados son la base para el estudio estadístico realizado en el Capítulo 5 que, a su vez, se emplea para definir los modelos de predicción de esfuerzos últimos del Capítulo 6.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL Y ESTUDIO ESTADÍSTICO

5.1. Introducción

El objetivo del presente capítulo es la caracterización del esfuerzo último de tracción paralelo a las fibras, de compresión paralelo a las fibras, de corte paralelo a las fibras, de compresión perpendicular a las fibras y de flexión, junto con la metodología y los parámetros estadísticos descriptivos en base a los resultados obtenidos en la campaña experimental.

Para este estudio se realizaron 2917 ensayos, como se muestra en la Tabla 5.1., de los cuales se descartaron 266 ensayos debido a fallos en las probetas en zonas no permitidas por la norma NTC 5525. Los fallos registrados fueron principalmente debidos a roturas por fuera del nudo en caso de tracción, desprendimiento de los deformímetros eléctricos por exceso de humedad en la superficie o por el deslizamiento de las probetas durante el ensayo. Después de esta depuración se registraron 2651 valores que cumplían con los requisitos de la NTC 5525. En la Tabla 5.1. se discriminan los ensayos válidos por Departamento.

Tabla 5.1. Total de ensayos admitidos y válidos en la Región Andina por Departamento.

Departamento	Ensayos
Cauca (C)	296
Cundinamarca (Cu)	558
Nariño (N)	280
Quindío (Q)	344
Santander (S)	628
Tolima (T)	269
Valle (V)	276
Total	2651

Para el análisis estadístico se utilizó el software R versión 3.5.3 (2019) y R – Commander versión 2.5-2 (2019). R es un entorno de software libre para computación y gráficos estadísticos que ofrece una amplia variedad de estadísticas (modelos lineales y no lineales, tests estadísticos, análisis de series temporales, clasificación, agrupamiento, etc.).

Los parámetros estadísticos descriptivos que se proponen en esta sección son para determinar si los datos obtenidos y los parámetros analizados son estadísticamente significativos. Este análisis contempla los siguientes parámetros estadísticos:

-
- **Parámetros de posición central:**
 - Media aritmética: Es la suma de todos los valores dividido por el número de observaciones.
 - Mediana: Valor central de todos los valores tras ser ordenados, es una medida más robusta que la media aritmética para valores extremos y muestras asimétricas.
 - Moda: Es el valor más frecuente en las observaciones.
 - **Parámetros de posición relativa:**
 - Percentil de orden r : Es el valor de la variable que deja por debajo el $r\%$ de la muestra.
 - Cuartiles y percentiles Q_0 = Valores comprendidos entre el valor mínimo de la muestra aleatoria y el percentil 25; $P_{25} = Q_1$; $P_{50} = Q_2$ = mediana; $P_{75} = Q_3$; Q_4 = valores comprendidos entre el percentil 75 y el valor máximo de la muestra aleatoria.
 - Intervalo Intercuartílico: $Q_3 - Q_1$ equivale al 50% de los valores centrales de la muestra.
 - **Parámetros de dispersión:**
 - Rango: Diferencia entre el mayor y el menor de los datos.
 - Varianza: Es el promedio de los cuadrados de las desviaciones de los datos respecto a su media.
 - Desviación típica: Es la raíz cuadrada de la varianza (raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las desviaciones de los datos respecto de su media aritmética).
 - Error típico de la media: Es el cociente entre la desviación estándar y la raíz cuadrada del número de datos.
 - Coefficiente de variación: Es el cociente entre la desviación típica y la media aritmética.
 - Intervalo cuartílico IQR: Es la diferencia entre el tercer y primer cuartil (Q_3 y Q_1).
 - Desviación cuartil: Es la mitad del intervalo intercuartílico.
 - **Parámetros de forma:**
 - Coefficiente de asimetría (skewness): Es el promedio de los cubos de las desviaciones respecto a la aritmética dividido por el cubo de la desviación típica.
 - $CA=0$ la distribución es simétrica.
 - $CA>0$ Existe cola a la derecha.
 - $CA<0$ Existe cola a la izquierda.
 - Coefficiente de apuntalamiento (curtosis): Es el promedio de las cuartas potencias de las desviaciones respecto a la media aritmética dividido por la cuarta potencia de la desviación típica menos el factor de corrección que es igual a tres ($FC=3$).
 - $CC=0$ distribución mesocúrtica.
 - $CC>0$ distribución apuntada (leptocúrtica).
 - $CC<0$ distribución aplanada (platicúrtica).
 - **Parámetros muestrales unidimensionales:**
 - Covarianza: Es el cociente entre el sumatorio de los productos de las diferencias respecto de las medias aritméticas y los grados de libertad $N-1$.
 - Covarianza > 0 Relación lineal creciente (cuadrantes 1 y 3).
 - Covarianza < 0 Relación lineal decreciente (cuadrante 2 y 4).
-

Coefficiente de correlación lineal: Es el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas.

$r \{0 \text{ a } 1\}$ Relación lineal creciente.

$r \{-1 \text{ a } 0\}$ Relación lineal decreciente.

Coefficiente de determinación: Es el cuadrado del coeficiente de correlación. Mide la proporción de la variabilidad de Y que puede explicarse a partir de X.

$R^2 \{0 \text{ a } 1\}$

Para la lectura de los diferentes parámetros se utilizó la representación gráfica de variables mediante las siguientes técnicas de representación gráfica:

- Diagrama de barras: Muestra la altura de las barras proporcional al número de observaciones.
- Histograma: Muestra el área proporcional al número de observaciones.
- Curva de densidad.
- Diagrama de Box-Whisker o Diagrama de caja y bigotes: muestra la mediana, el cuartil Q1 y el Q3, y los valores atípicos.
- Gráfico diagnóstico de residuales: Caracteriza la normalidad de distribución de los datos.
- Gráfico de intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias: Muestra la significancia de las medias entre los datos.

Para determinar si los datos obtenidos se distribuyen normalmente se utilizó el Test de Kolmogorov-Smirnov [145]. Dentro de la población, algunos datos se encuentran con valores atípicos o fuera de rango, por lo cual para lograr una distribución normal se eliminan los datos atípicos calculados por el software R.

Al final de cada análisis se realiza una comparación por medio de la prueba t-student para determinar que muestra es la que se asemeja más a la realidad que se desea; y adicionalmente, se darán unas conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el esfuerzo final correspondiente.

5.2. Esfuerzo último de tracción paralelo a las fibras (MPa)

Cada ensayo del esfuerzo último a tracción realizado tiene un formato de registro para su verificación y trazabilidad. Tras la realización de los ensayos correspondientes al esfuerzo último de tracción en la *Guadua angustifolia* se encontraron 533 resultados válidos, que cumplían las condiciones de aceptación de la norma NTC 5525. Se descartaron 142 ensayos de los 675 debido a fallos de rotura fuera del entrenudo o por aplastamiento o desplazamiento de la probeta en la mordaza. En la Tabla 5.2. se relacionan los ensayos admisibles entre los 7 Departamentos para el presente estudio.

Tabla 5.2. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 relativos al esfuerzo último a tracción.

Departamento	Tracción
Cauca (C)	68
Cundinamarca (Cu)	107
Nariño (N)	49
Quindío (Q)	61
Santander (S)	146
Tolima (T)	54
Valle (V)	48
Total	533

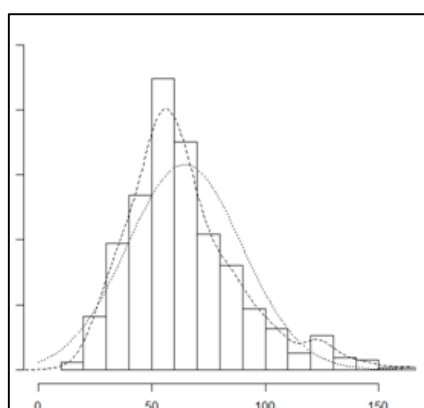
En la Figura 5.1. se muestra el formato de registro del ensayo a tracción. En la casilla del código interno se describe el municipio del Departamento de Nariño (B), el tipo de ensayo (T), el número de la probeta (02) y la parte del culmo, en este caso la parte superior (S).

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS				IIT_LGM_FREICUCU	
LABORATORIO DE GUADUA Y MADERA				VERSION 2.0	
REGISTRO ENSAYO DE TRACCIÓN A CARGA ULTIMA Y CONTENIDO HUMEDAD				PAGINA	
PROYECTO	DETERMINACIÓN VALORES DE ESFUERZOS ADMISIBLES DEL BAMBO GUADUA ANGUSTIFOLIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, NARIÑO Y CAUCA			CDIGO QUIPU	20 30 100 16238
RESPONSABLE PROYECTO	ARQ. JORGE ENRIQUE LOZANO PEÑA			CDIGO INTERNO	CIP_001
LABORATORISTA ENCARGADO	ARQ. DIANA CAROLINA OVALLE			FECHA	22/08/2012
ESPECIE A ENSAYAR	BAMBO GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH			HOJA No.	
FUENTE	NARIÑO	FINCA	Unión	MUESTRA	BT02S
TEMP AMBIENTE (°C)	21	HUMEDAD AMBIENTE (%)	42	TIPO DE ENSAYO	Carga Última
Área sección transversal (cm²):		0,61			
CARGA ÚLTIMA (kg)		595,48			
ESFUERZO ÚLTIMO		(kg/cm²)	979,69		
		(MPa)	97,97		
REGISTRO CONTENIDO DE HUMEDAD					
FECHA	HORA	MASA	CH (%)		
22/08/2012	0:00	15,5	12%		
	1	14,04			
	1:2	14,00			
	1:4:00:00:00	13,99			
	1:6	13,81			
	1:8:00:00:00	13,82			
OBSERVACIONES					
Todas las medidas de las secciones transversales están en mm.					
ANEXOS					
Fotos:					

Fig. 5.1. Formato de registro de resultados para el ensayo de tracción paralela a las fibras.

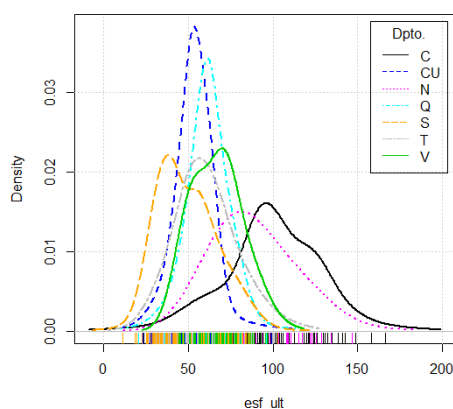
5.2.1. Histograma y estadística descriptiva

Las variables del presente análisis toman valores positivos en los puntos de recorrido. En la Figura 5.2. se presenta el histograma de los 533 datos obtenidos para el esfuerzo tracción junto con la estadística descriptiva de los mismos, donde se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.



La función de densidad discreta toma valores positivos únicamente en los puntos del recorrido y se interpreta como la probabilidad de que la variable tome ese valor: $f(x)=P(X=x)$.

En la Figura 5.3. se observa que las curvas de densidad, por Departamento para los 533 ensayos, son similares a una distribución normal. Para los departamentos de Cundinamarca, Tolima, Nariño, Santander y Cauca, las curvas tienden a la simetría; los ensayos del Departamento del Valle presentan asimetría positiva, con una cola mayor a la derecha. Es notorio el apuntamiento de la curva leptocúrtica en los Departamentos de Cundinamarca y Quindío, mientras que en Nariño la curva es platicúrtica porque es la más aplanada. Cauca muestra una mayor dispersión de datos.



En la Tabla 5.3. se muestran los resultados obtenidos de la muestra aleatoria de la Región Andina de Colombia.

Tabla 5.3. Estadística Descriptiva Región Andina – Esfuerzo último de tracción (Mpa).

Estadísticos	
Media	64,54 MPa
Desviación estándar	25,25 MPa
Error típico de la media	1,09MPa
IQR	29,68MPa
Coefficiente de variación	0,39
Coefficiente de asimetría	0,99
Coefficiente de apuntamiento	1,18
Q0	11,55MPa
Q1	47,50MPa
Q2	59,92MPa
Q3	77,18MPa
Q4	166,56MPa
N	533

5.2.2. Diagramas de Caja

De acuerdo con el histograma y la estadística descriptiva existe evidencia estadística que hay datos atípicos en la muestra de los ensayos válidos con el esfuerzo último de tracción en los siete Departamentos; razón por la cual se verifican por medio de dos diagramas de caja: i) en su conjunto completo que se aprecia en la Figura 5.4.; y, ii) por Departamento como lo muestra la Figura 5.5.

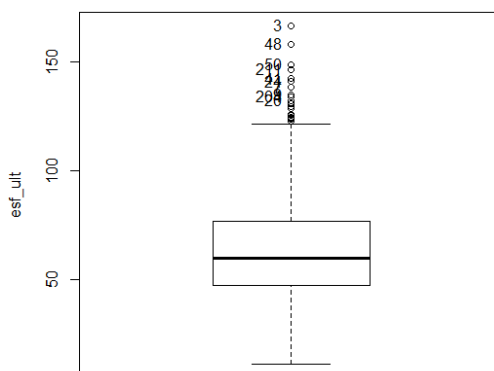


Fig. 5.4. Box-whisker Región Andina N= 533 – Esfuerzo. Último de tracción (MPa).

Al analizar la Figura 5.4., se observa que: i) la línea continua de mayor grosor dentro del rectángulo es el valor de la mediana; ii) la distribución de datos son mayores al Q4 que significa que la cola de la curva es hacia la derecha confirmando la asimetría positiva; iii) el límite superior e inferior del rectángulo son los valores contenidos entre el cuartil (Q1) y el cuartil tres (Q3); iv) la altura

del rectángulo es el valor correspondiente al intervalo cuartílico (IQR); v) Las líneas delgadas horizontales en la parte inferior y superior son los valores límite del cuartil cero (Q0) y cuartil cuatro (Q4); y, vi) los círculos pequeños muestran los valores atípicos de la muestra y el número que acompaña cada círculo es el código del registro.

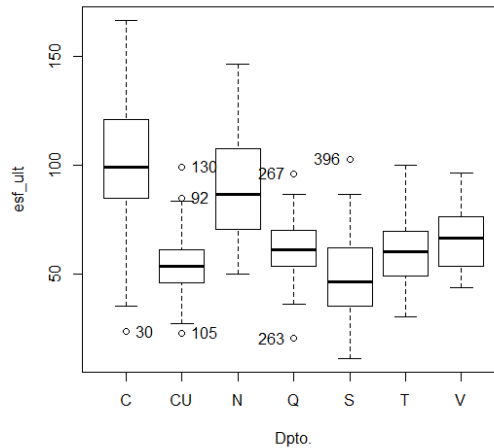


Fig. 5.5. Box-whisker por Departamento 533 datos– Esfuerzo último de tracción (MPa)

5.2.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Se realiza el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se distribuyen normalmente, tal y como se muestra a continuación:

$$H_0: X_i \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Obteniendo,

```
Test de normalidad de Lilliefors(Kolmogorov-Smirnov)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.10375, p-value = 4.469e-15
```

Donde, se puede observar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.2.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes que aparecen en la Figura 5.6., podemos deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos al proporcionar un esfuerzo último de tracción.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos; adicionalmente, infieren la existencia de datos atípicos que conllevan a que no se presente una regresión lineal.

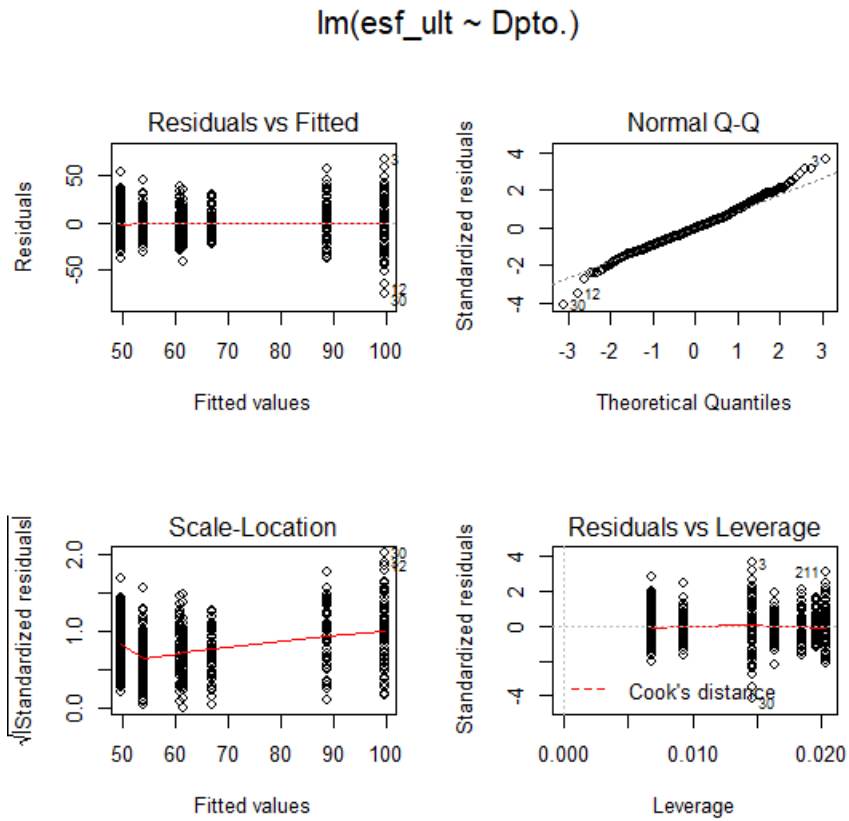


Fig. 5.6. Diagnóstico de residuales Región Andina 533 datos – Esfuerzo último de tracción (MPa).

5.2.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

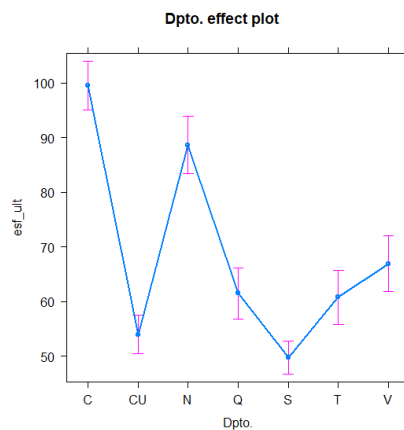


Fig. 5.7. Intervalos LSD – Esfuerzo último de tracción (MPa).

De acuerdo con la Figura 5.7. se puede observar que los Departamentos del Quindío, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos; mientras que en los demás Departamentos si existe diferencias significativas entre ellos.

5.2.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 21 valores que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Datos fuera de rango	21
Tamaño muestra aleatoria	N=512

5.2.6.1. Histograma y estadística descriptiva para N=512

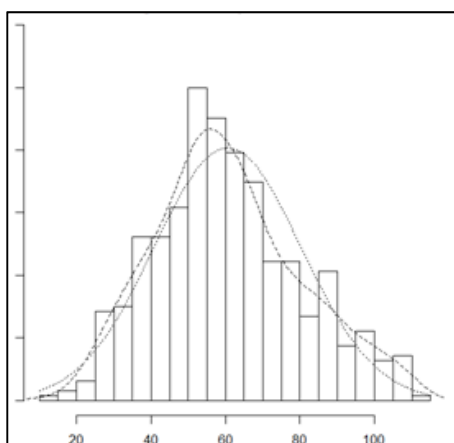


Fig. 5.8. Histograma con las curvas de densidad y normal de N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

Por medio del histograma de la Figura 5.8. se puede inferir que hubo un ajuste en la asimetría positiva normalizando la distribución que presenta la nueva muestra. Adicionalmente, hubo una reducción en la media como en la desviación estándar en comparación a la muestra inicial.

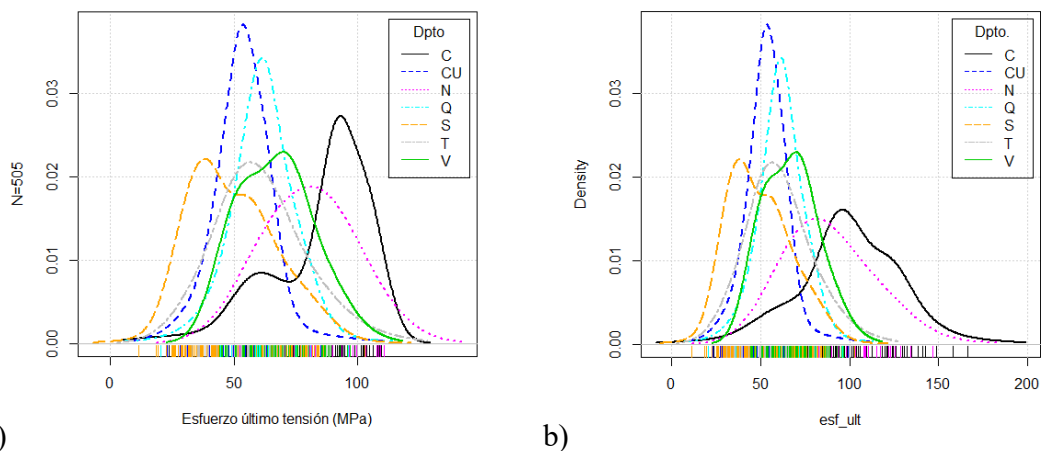


Fig. 5.9. a) Curva de densidad por Departamento de N=512 – b) Curva de densidad por Departamento de N=533 - Esfuerzo último de tracción (MPa).

Comparando las gráficas de la Figura 5.9. se puede apreciar que hubo un apuntamiento en las curvas de densidad de los Departamentos de Cauca y Nariño. Las curvas de los Departamentos de Valle, Tolima, Quindío, Cundinamarca y Santander tuvieron una distribución de los datos más aplanada (platicúrtica). La Tabla 5.5 presenta diferentes valores estadísticos de esta muestra reducida.

Tabla 5.4. Estadística Descriptiva N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

Estadísticos	
Media	60,49 MPa
Desviación estándar	19,43 MPa
Error típico de la media	0,87 MPa
IQR	25,41 MPa
Coefficiente de variación	0,32
Coefficiente de asimetría	0,38
Coefficiente de apuntamiento	-0,23
Q0	11,55 MPa
Q1	46,92 MPa
Q2	58,48 MPa
Q3	72,33 MPa
Q4	110,69 MPa
N	512

5.2.6.2. Diagramas de Caja o Box-whisker

En la Figura 5.10. se puede apreciar la diferencia de los diagramas de caja de la Región Andina sin datos atípicos (Figura 5.10.a) en el cual la distribución de los datos tiende a regularizarse y acercarse a la distribución normal de los datos en donde el coeficiente de asimetría se acerca a

cero. En la Figura 5.10.b se aprecian los datos atípicos generando una cola más larga hacia la derecha por la presencia de valores mayores.

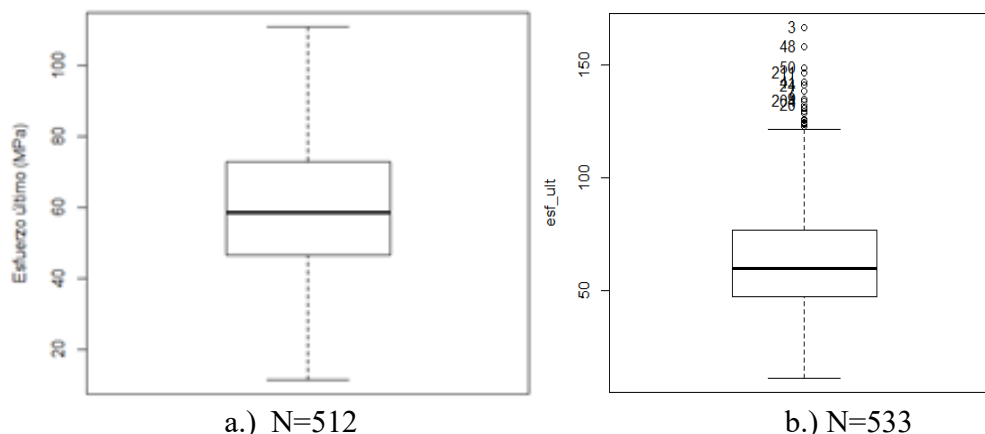


Fig. 5.10. Box-whisker Región Andina a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos

Si analizamos la Figura 5.11. en donde se muestra el diagrama de caja por Departamento se puede observar que aún existen datos atípicos en la población en cada Departamento, por lo que será necesario ajustar de nuevo la muestra por medio del criterio de Chauvenet.

El ajuste de eliminar los datos atípicos por Departamento busca ver la incidencia de éstos, en los valores estadísticos con respecto a la Región Andina.

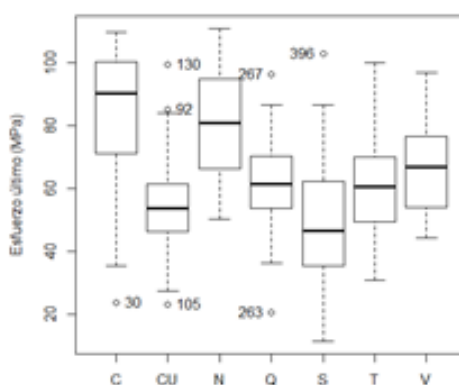


Fig. 5.11. Box-whisker por Departamento N=512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

5.2.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba de nuevo, se obtuvo:

Test de normalidad
 Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
 data: esf_ult
 D = 0.054406, p-value = 0.001131

Donde, se puede observar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.2.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística para concluir que se asimilan a una distribución normal.

De los cuatro gráficos resultantes que aparecen en la Figura 5.12. podemos deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de tracción.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, inferen aún en la existencia de datos atípicos, aunque en menor número, que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

$\text{lm}(\text{esf_ult} \sim \text{Dpto})$

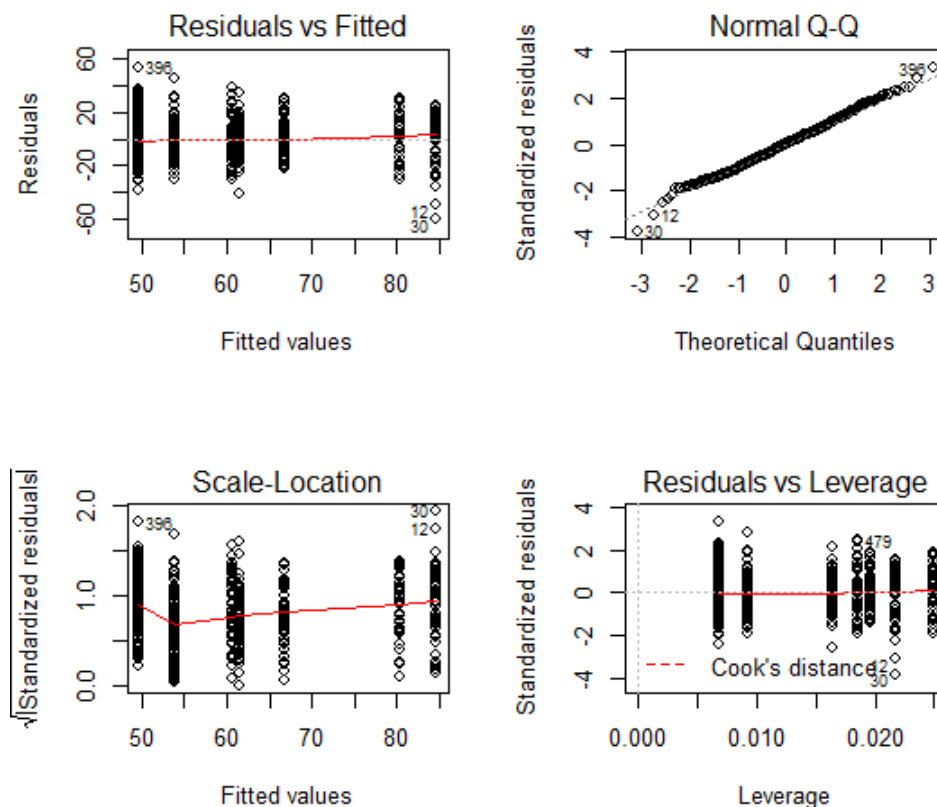


Fig. 5.12. Diagnóstico – N= 512 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

5.2.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento

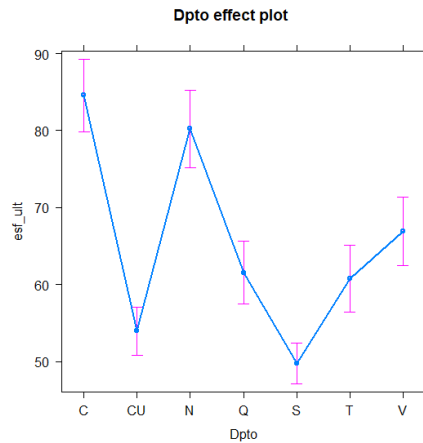


Fig. 5.13. Intervalos LSD – N=512 – Esfuerzo último de tracción.

De acuerdo con Figura 5.13. se observa que los Departamentos del Quindío, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos, mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos. En el resto de Departamentos se presenta un solapamiento y aparece un pequeño solapamiento entre Santander y Cundinamarca. Se evidencia que si existen diferencias significativas entre los tres grupos de Departamentos.

5.2.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 14 valores que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	14
Tamaño muestra aleatoria	N=498

5.2.7.1. Histograma y estadística descriptiva para N=498.

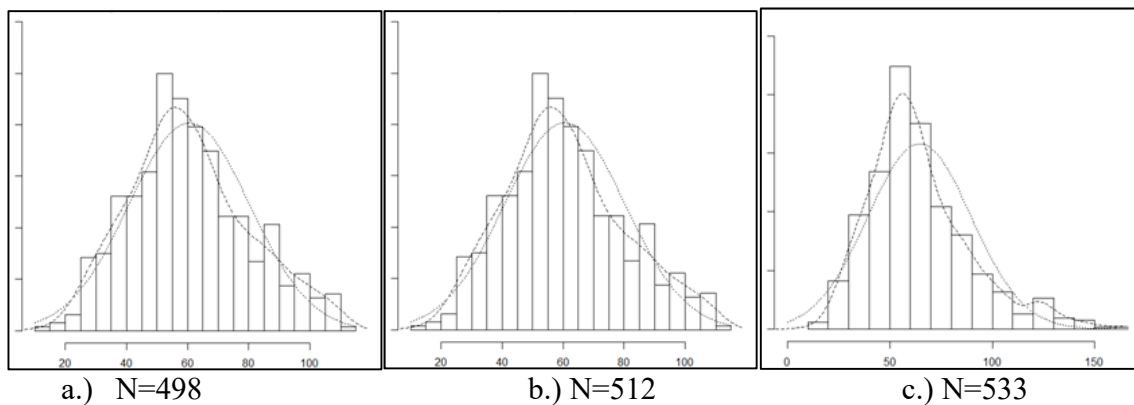


Fig. 5.14. Histograma con las curvas de densidad y normal – Esfuerzo último de tracción (MPa).

En la Figura 5.14. se observa que el rango entre los datos se ha acortado en las poblaciones N=498 y N=512 con respecto a N=533. Se observa también que las gráficas a.) y b.) se aplanan con respecto a la gráfica c.) e igualmente la curva de densidad se asemeja a la curva normal.

A partir del histograma se puede apreciar que hubo una leve asimetría menor y un aumento en la media y desviación estándar con relación a la población N=512.

En la Figura 5.15. Se evidencia que no existe diferencia aparente entre la población de N= 498 y N= 512. En la gráfica c.) con N= 533 se puede ver que hay mayor apuntamiento de las curvas.

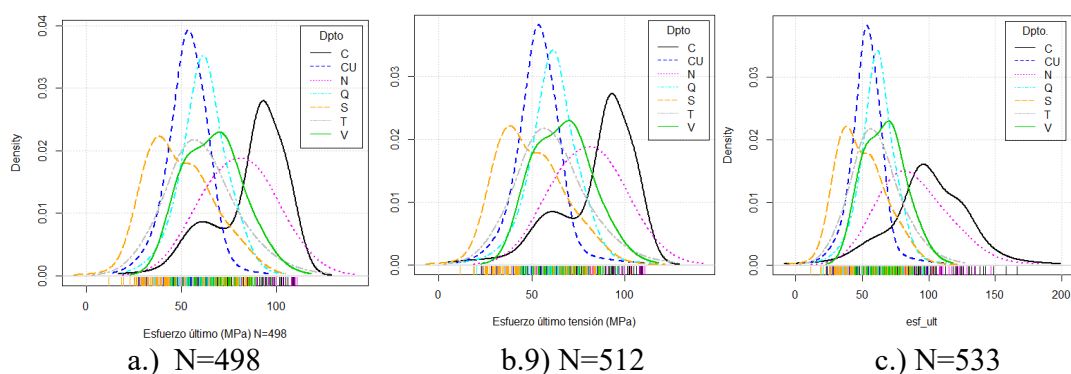


Fig. 5.15. Curva de densidad por Departamento – Esfuerzo último de tracción (MPa).

En la Tabla 5.6. se muestran los estadísticos de la población de datos de N= 498, valores que se van a comparar con las poblaciones N=512 y N= 533.

Tabla 5.5. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último de tracción (MPa)

Estadísticos	
Media	60,55 MPa
Desviación estándar	19,78 MPa
Error típico de la media	0,88 MPa
IQR	26,13 MPa
Coefficiente de variación	0,33
Coefficiente de asimetría	0,36
Coefficiente de apuntamiento	-0,28
Q0	11,55 MPa
Q1	46,65 MPa
Q2	58,49 MPa
Q3	72,78 MPa
Q4	110,69 MPa
N	498

5.2.7.2. Diagramas de Caja

Al hacer el diagrama de caja de la población N= 498 de la Región Andina no aparecen datos atípicos, como se puede apreciar en la figura 5.16. Se puede apreciar que la mediana es cercana a la media aritmética y la longitud de los datos entre Q0 y Q4 es muy similar, lo que se puede inferir estadísticamente que la población tiende a una distribución normal de datos.

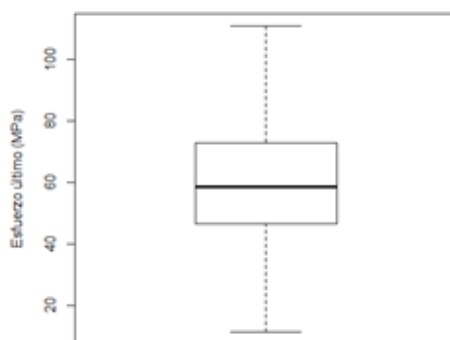


Fig. 5.16. Box-whisker Región Andina – N= 498 Esfuerzo último de tracción (MPa).

Al analizar el diagrama de caja por Departamentos se evidencia que no existen datos fuera de rango. En la Figura 5.17. es notorio el número de datos entre el cuartil Q0 y Q1 del Departamento de Cauca lo que evidencia una asimetría negativa en la curva de densidad y una dispersión mayor de la población.

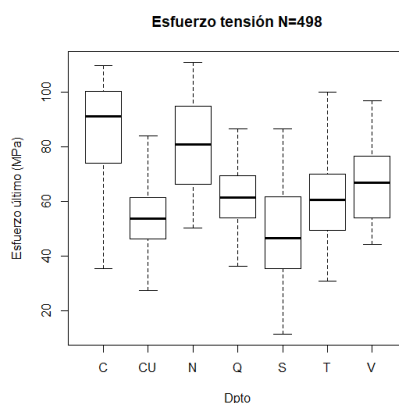


Fig. 5.17. Box-whisker Departamento – N=498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

Es importante resaltar que tanto el diagrama de caja de Región Andina como el diagrama de caja por Departamento no presentaron datos atípicos.

5.2.7.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

Test de normalidad
 Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
 data: esf_ult
 D = 0.054704, p-value = 0.001158

Donde se puede observar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.2.7.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los gráficos de diagnóstico de residuales de la figura 5.18 se extraen las siguientes consideraciones:

1. Los datos presentan un modelo lineal para el esfuerzo último de tracción paralela a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, infieren aún en la existencia de datos atípicos en menor número que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

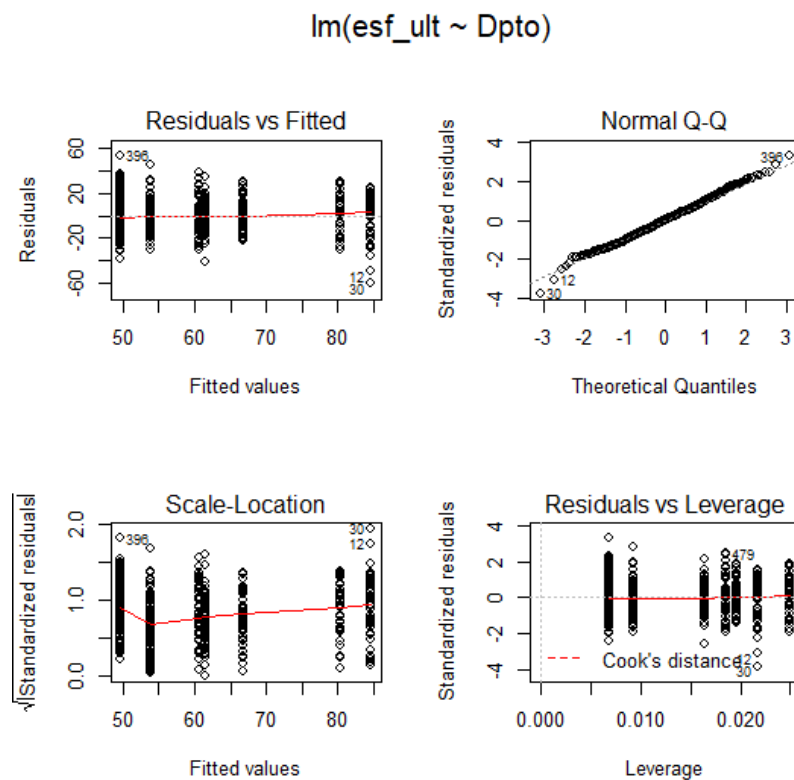


Fig. 5.18. Diagnóstico – N=498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

En la Figura 5.18. los residuales de esta última muestra presentan una dispersión controlada, pero sin alterar el comportamiento que tienden a una distribución normal.

5.2.7.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento

Como en los análisis anteriores, se puede observar que no existe distinción alguna en el comportamiento de los intervalos de las medias de cada uno de los departamentos.

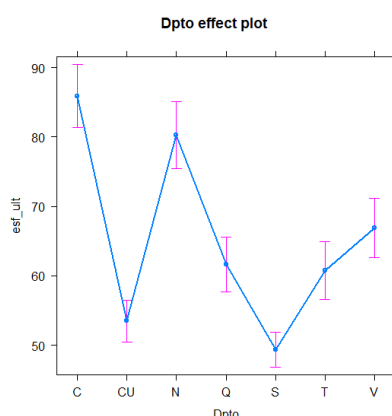


Fig. 5.19. Intervalos LSD – N= 498 – Esfuerzo último de tracción (MPa).

En la Figura 5.19. se puede apreciar los tres tipos de solapamiento, los cuales, los podemos agrupar en tres categorías:

- Categoría 1 Departamentos de Cauca y Nariño.
- Categoría 2 Departamentos de Quindío, Tolima y Valle.
- Categoría 3 Departamentos de Cundinamarca y Santander.

Las tres categorías presentan diferencias importantes de las medias con significancia estadística.

5.2.8. Análisis comparativo

Tras realizar al análisis estadístico a cada una de las muestras estudiadas, se determina cuál de las tres muestras anteriores es la más estadísticamente significativa para la presente memoria. En la tabla 5.7 se muestran los resultados de los parámetros estadísticos descriptivos de la muestra aleatoria del esfuerzo último de tracción paralela a las fibras. La población de N=533 es el análisis de la totalidad de datos incluyendo los valores atípicos de toda la Región Andina; la muestra N=512 es la población de análisis de los parámetros estadísticos excluyendo los datos atípicos de la muestra total de la Región Andina y la muestra N=498 es la población analizada retirando los datos atípicos encontrados en las muestras aleatorias de cada Departamento.

Los valores de los parámetros estadísticos obtenidos entre los datos de la Región Andina y los datos por Departamento excluyendo los valores atípicos de estos, son similares, por lo tanto, se opta por tomar los datos de la Región Andina. Se puede inferir que los datos atípicos de las muestras de cada Departamento no afectan de manera notoria los resultados obtenidos para la Región Andina.

Tabla 5.6. Análisis comparativo – Esfuerzo último de tracción (MPa).

Estadísticos	N=533	N=512	N=498
Media	64,54 MPa	60,49 MPa	60,55 MPa
Desviación estándar	25,25 MPa	19,43 MPa	19,78 MPa
Error típico de la media	1,09 MPa	0,87 MPa	0,88 MPa
IQR	29,68 MPa	25,41 MPa	26,13 MPa
Coefficiente de variación	0,39	0,32	0,33
Coefficiente de asimetría	0,99	0,38	0,36
Coefficiente de apuntamiento	1,18	-0,23	-0,28
Q0	11,55 MPa	11,55 MPa	11,55 MPa
Q1	47,50 MPa	46,92 MPa	46,65 MPa
Q2	59,92 MPa	58,48MPa	58,49 MPa
Q3	77,18 MPa	72,33 MPa	72,78 MPa
Q4	166,56 MPa	110,69 MPa	110,69 MPa
N	533	512	498

5.2.9. Prueba t-student

Se puede definir la prueba t-student como una función de probabilidad con respecto a la varianza, que estima el valor de la media de una muestra aleatoria. La distribución t es simétrica con respecto al origen y la función de densidad tiene su valor máximo cuando $t = 0$. La forma de la función de densidad t de student es muy similar a la función de densidad normal estándar y con los extremos de la distribución t menos pronunciados que los de la distribución normal.

Para confirmar la no afectación de los datos atípicos por Departamento se efectúa la prueba t-student para $N= 498$, con el valor \bar{X} de $N= 512$, para probar que la hipótesis nula es verdadera.

```

data: esf_ult
t = 0.0010486, df = 497, p-value = 0.9992
alternative hypothesis: true mean is not equal to 60.49 MPa
95 percent confidence interval:          58.78 MPa    62.20 MPa
sample estimates: mean of x              60.49 MPa
    
```

En virtud de los resultados anteriores se observó que al aplicar la prueba t – student se obtuvo una confiabilidad del 99,92%. Por tanto, la muestra con $N=512$ es la más significativa a pesar de que presente datos atípicos. Sin embargo, estos datos atípicos no representan cambios importantes en el comportamiento de los ensayos válidos que se realizaron en los siete Departamentos de la Región Andina de Colombia.

Se puede inferir que el **rango del esfuerzo último medio de la resistencia a tracción paralela a las fibras está entre 58.78MPa y 62.20MPa** con nivel de confianza de 95%.

5.3. Esfuerzo último de Compresión Paralela a las fibras (MPa)

Cada ensayo del esfuerzo último a compresión paralelo a las fibras realizado tiene un formato de registro para su verificación y trazabilidad. Tras realizar los ensayos correspondientes al esfuerzo de compresión paralelo a las fibras se encontraron 664 resultados válidos que cumplían las condiciones de aceptación de la norma NTC 5525. Se descartaron 11 ensayos por fisuras en la probeta. La Tabla 5.8 muestra los ensayos admisibles para el presente estudio.

Tabla 5.7. Ensayos válidos N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralelo a las fibras (MPa).

Departamento	Compresión paralela
Cauca (C)	73
Cundinamarca (Cu)	152
Nariño (N)	75
Quindío (Q)	76
Santander (S)	151
Tolima (T)	61
Valle (V)	76
Total	664

En la Figura 5.20 se muestra el formato registro del ensayo a compresión paralela a las fibras. En el ejemplo presentado, la casilla del código interno describe el municipio del Departamento de Cauca (A), el tipo de ensayo (C), el número de la probeta (29) y la parte del culmo, en este caso la parte media (M).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA		INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS		IIT_LGM_FRECIUCUH	
		LABORATORIO DE GUADUA Y MADERA		VERSION 2.0	
		REGISTRO ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A CARGA ÚLTIMA Y CONTENIDO HUMEDAD		PAGINA	
PROYECTO	DETERMINACIÓN VALORES DE ESFUERZOS ADMISIBLES DEL BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, NARIÑO Y CAUCA			CODIGO QUIPU	20 30 100 16238
RESPONSABLE PROYECTO	ARQ. JORGE ENRIQUE LOZANO PEÑA			CODIGO INTERNO	CIP_001
LABORATORISTA ENCARGADO	ARQ. DIANA CAROLINA OVALLE - ING. CESAR ARDILA			FECHA	9/8/20
ESPECIE A ENSAYAR	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA KUINTH			HOJA No.	
FUENTE	CAUCA	FINCA	Tarbio	MUESTRA	AC29M
TEMP AMBIENTE (°C)	22	HUMEDAD AMBIENTE (%)	43	TIPO DE ENSAYO	Carga Última

$\phi_{13} = 6,74$
 $6,77 = \phi_{14}$
 $\phi_{12} = 6,66$
 $D_{12} = 68,65$
 $\phi_{11} = 6,47$
 $D_{11} = 68,47$
 $\phi_{23} = 6,86$
 $6,50 = \phi_{24}$
 $\phi_{22} = 6,99$
 $D_{22} = 69,14$
 $6,71$
 $68,29$
 $\phi_{21} = 6,66$
 $D_{21} = 66,90$

P
1
2
L

Área sección transversal (cm ²):	12,97	Longitud L (mm):	75,93
CARGA ÚLTIMA (kg)	2899,94	ESFUERZO ÚLTIMO (kg/cm ²)	223,51
		ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)	22,35
REGISTRO CONTENIDO DE HUMEDAD			
FECHA	HORA	MASA	CH (%)
8/09/2020	0:00	23,57	80%
	1	13,13	
	1:2	13,13	
	1:4:00:00:00		
	1:6		
	1:8:00:00:00		
OBSERVACIONES			
ANEXOS			
Fotos: -			

Fig. 5.20. Formato de registro de resultados para el ensayo de compresión paralela a las fibras.

5.3.1. Histograma y estadística descriptiva

Las variables del presente análisis son discretas por tomar valores positivos en los puntos de recorrido. En la Figura 5.21 se presenta el histograma de los 664 datos obtenidos para el esfuerzo de compresión paralela a las fibras. También se presenta la estadística descriptiva de los mismos, donde se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos, indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.

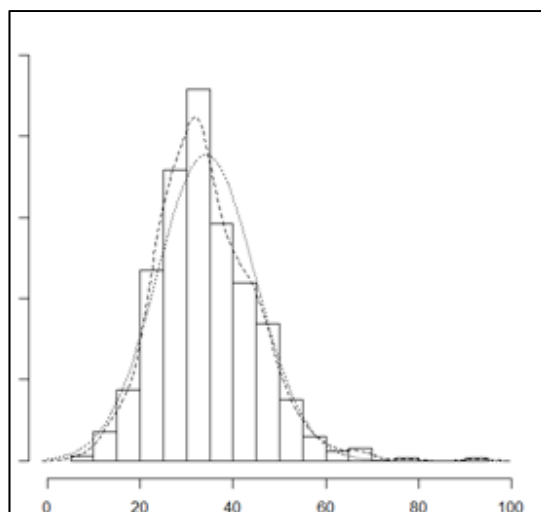


Fig. 5.21. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 664 – Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).

En la Figura 5.22 se observa las curvas de densidad por Departamento para los 664 ensayos. Se puede apreciar que estas curvas son similares a una distribución normal. Para los Departamentos de Valle, Santander, Cauca, Quindío y Cundinamarca, las curvas tienden a la simetría. En cambio, las curvas de los Departamentos del Tolima y Nariño presentan asimetría positiva, presentando una cola mayor a la derecha. Es notorio el apuntamiento de la curva leptocúrtica en los Departamentos del Valle, Santander, Cundinamarca y Quindio; mientras que en el Tolima la curva es platicúrtica porque es la más aplanada. Cauca muestra una mayor dispersión de datos.

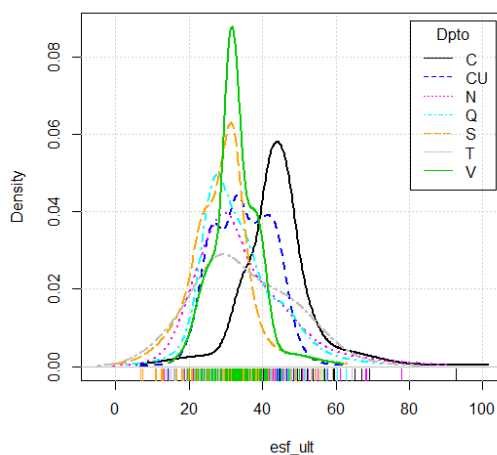


Fig. 5.22. Curva de densidad por Departamento - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).

En la Tabla 5.9 se muestran los resultados obtenidos de la muestra aleatoria de la Región Andina de Colombia.

Tabla 5.8. Estadística Descriptiva N= 664- Compresión paralela (MPa).

Estadísticos	
Media	34.19 MPa
Desviación estándar	10.56 MPa
Error típico de la media	0.41 MPa
IQR	14.14 MPa
Coefficiente de variación	0.31
Coefficiente de asimetría	0.72
Coefficiente de apuntamiento	1.76
Q0	6.77 MPa
Q1	26.85 MPa
Q2	32.82 MPa
Q3	40.99MPa
Q4	92.67MPa
N	664

5.3.2. Diagramas de Caja

De acuerdo con el histograma y la estadística descriptiva (véase apartado anterior) existe evidencia estadística de que existen datos atípicos en la muestra. Por esta razón se verifica esta hipótesis por medio de dos diagramas de caja: i) en su conjunto completo como se presenta en la Figura 5.23; y ii) por departamento como lo muestra la Figura 5.24.

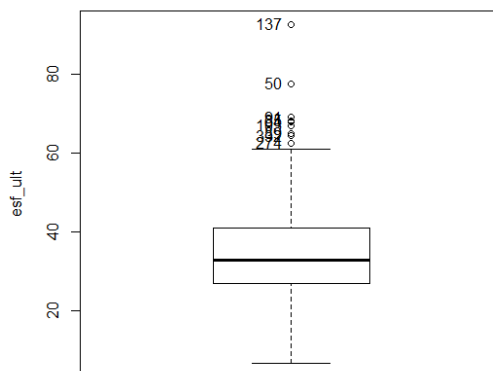


Fig. 5.23. Box-whisker Región Andina N= 664- Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).

Al analizar la Figura 5.23 se observa que: i) la línea continua de mayor grosor dentro del rectángulo es el valor de la mediana; ii) la distribución de datos son mayores al Q4, aspecto que significa que la cola de la curva es hacia la derecha, confirmando la asimetría positiva; iii) el límite superior e inferior del rectángulo son los valores contenidos entre el cuartil (Q1) y el cuartil tres (Q3); iv) la altura del rectángulo es el valor correspondiente al intervalo cuartílico (IQR); v) Las líneas delgadas horizontales en la parte inferior y superior son los valores límite del cuartil cero (Q0) y

cuartil cuatro (Q4); y, vi) los círculos pequeños muestran los valores atípicos de la muestra y el número que acompaña cada círculo es el código del registro.

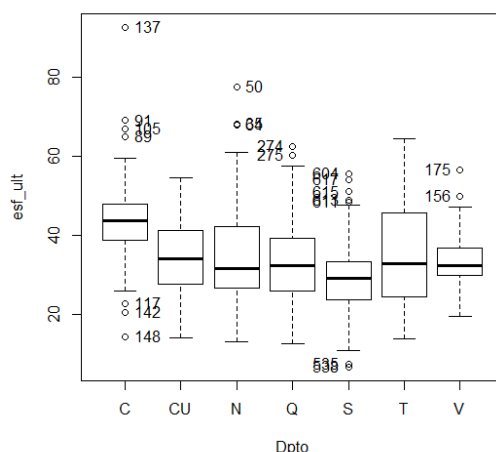


Fig. 5.24. Box-whisker por Departamento N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

5.3.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Se realiza el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se distribuyen normalmente, obteniendo:

$$H_0: X_i \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Obteniendo,

```
Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.066481, p-value = 0.0000002339
```

Donde se puede observar que el p-value = 0.0000002339 obtenido es menor a 0.05, por lo que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, lo que conlleva a afirmar que los datos no se distribuyen normalmente.

5.3.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes (véase Figura 5.25) se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal para el esfuerzo de compresión paralela a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los residuos inferen la existencia de datos atípicos que conllevan a que no se presente una regresión lineal.

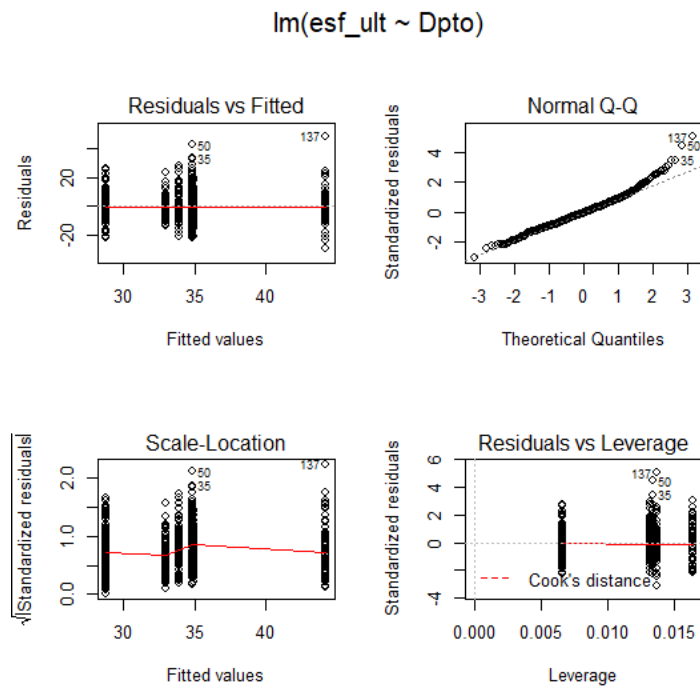


Fig. 5.25. Diagnóstico de residuales Región Andina N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

5.3.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

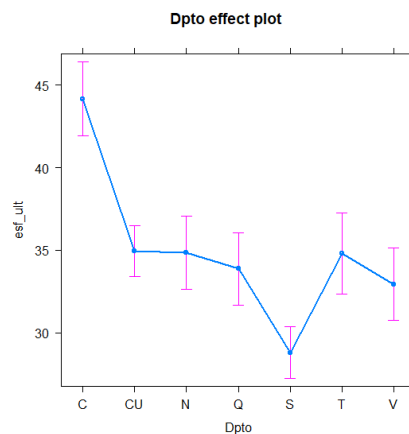


Fig. 5.26. Intervalos LSD N= 664 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

De acuerdo con la Figura 5.26, se puede observar que los departamentos de Cundinamarca, Nariño, Quindio, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos, mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos. En el resto de los Departamentos sí existen diferencias significativas.

5.3.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 13 valores que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	13
Tamaño muestra aleatoria	N=651

5.3.6.1 Histograma y estadística descriptiva para N= 651

En la Figura 5.27 se presenta el histograma de los 651 datos obtenidos para el esfuerzo de compresión paralelo a las fibras junto con la estadística descriptiva de los mismos. En esta figura se puede observar que existe similitud entre la curva de densidad y la curva normal, indicando que los datos pueden estar distribuidos normalmente.

A partir del histograma se puede apreciar que hubo una asimetría positiva menor y una disminución en la media y desviación estándar con relación a la muestra inicial (N=664).

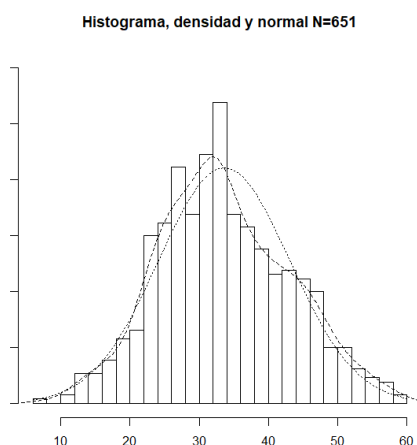


Fig. 5.27. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

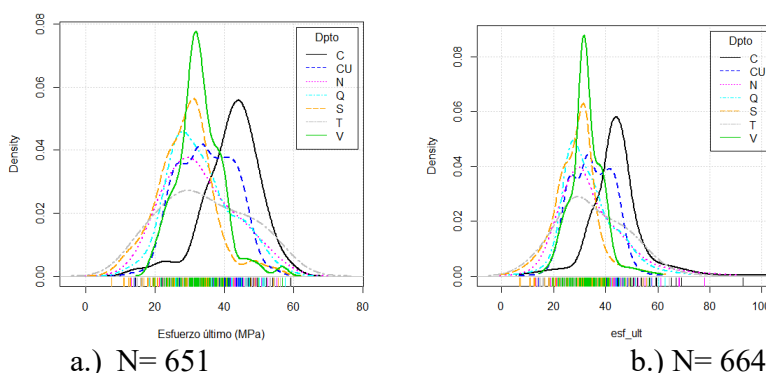


Fig. 5.28. Curva de densidad por Departamento - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Comparando las gráficas, en la Figura 5.28a se puede apreciar que hubo un aplanamiento de las curvas en todos los Departamentos. Los rangos del esfuerzo último se reducen. La curva de densidad del Departamento del Cauca pasa de una asimetría positiva a una asimetría negativa.

Tabla 5.9. Estadística Descriptiva N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Estadísticos	
Media	33,61 MPa
Desviación estándar	9,48 MPa
Error típico de la media	0,37 MPa
IQR	13,15 MPa
Coefficiente de variación	0,28
Coefficiente de asimetría	0,20
Coefficiente de apuntamiento	-0,27
Q0	7,41
Q1	26,81 MPa
Q2	32,58 MPa
Q3	39,96 MPa
Q4	59,23 MPa
N	651

5.3.6.2. Diagramas de Caja

En la Figura 5.29 se puede apreciar la diferencia de los diagramas de caja sin y con datos atípicos (Figura 5.29a y Figura 5.29b, respectivamente). Con la eliminación de los datos atípicos, la distribución de los datos tiende a regularizarse y acercarse a la distribución normal de los datos, en donde el coeficiente de asimetría se acerca a cero. Con la muestra que incluía los datos atípicos, se aprecia una cola más larga hacia valores más elevados.

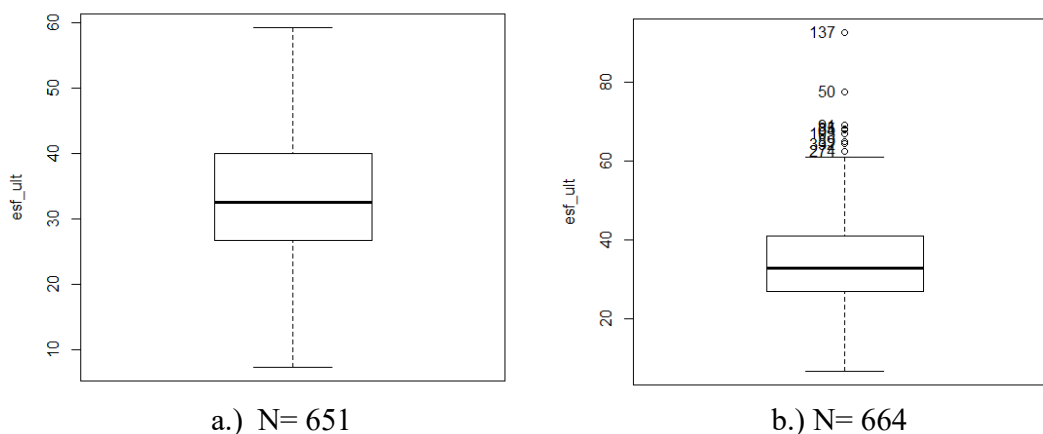


Fig. 5.29. Box-whisker Región Andina N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Si se analiza la Figura 5.30, en donde se muestra el diagrama de caja por Departamento, se puede observar que aún existen datos atípicos en la población en cada Departamento, por lo que será necesario ajustar de nuevo la muestra por medio del criterio de Chauvenet. El ajuste de eliminar los datos atípicos por Departamento busca analizar la incidencia de éstos en los valores estadísticos.

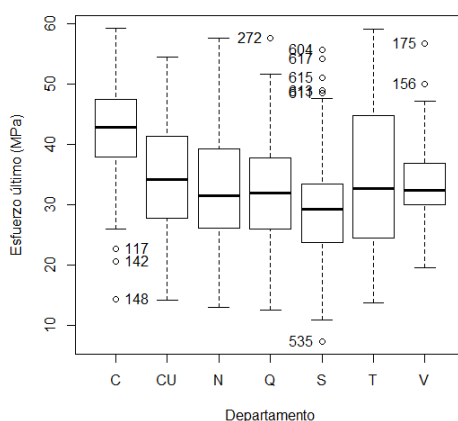


Fig. 5.30. Box-whisker por Departamento N= 651 - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

5.3.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

```
Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.050455, p-value = 0.0004638
```

Donde se puede observar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.3.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística para concluir que se asimilan a una distribución normal. De los cuatro gráficos resultantes que aparecen en la Figura 5.31 se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal para el esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente los residuos infieren aún la existencia de datos atípicos, aunque en menor número, aspecto que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

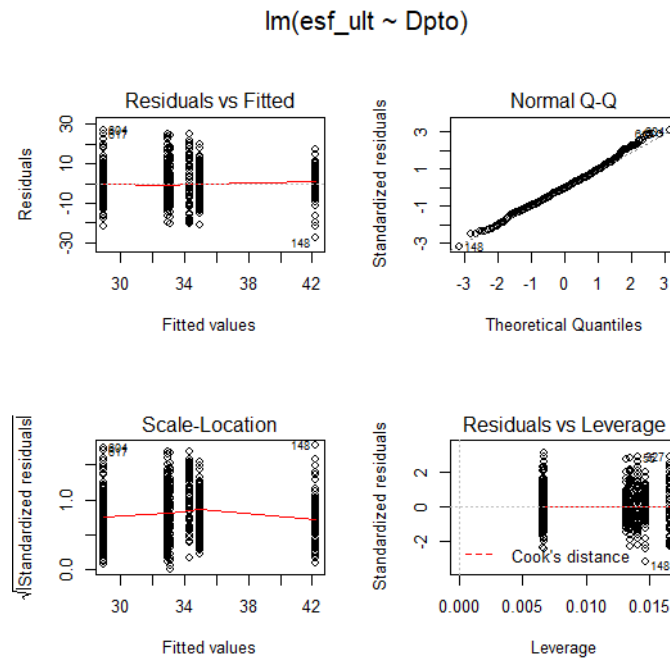


Fig. 5.31. Diagnóstico N= 651- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

5.3.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

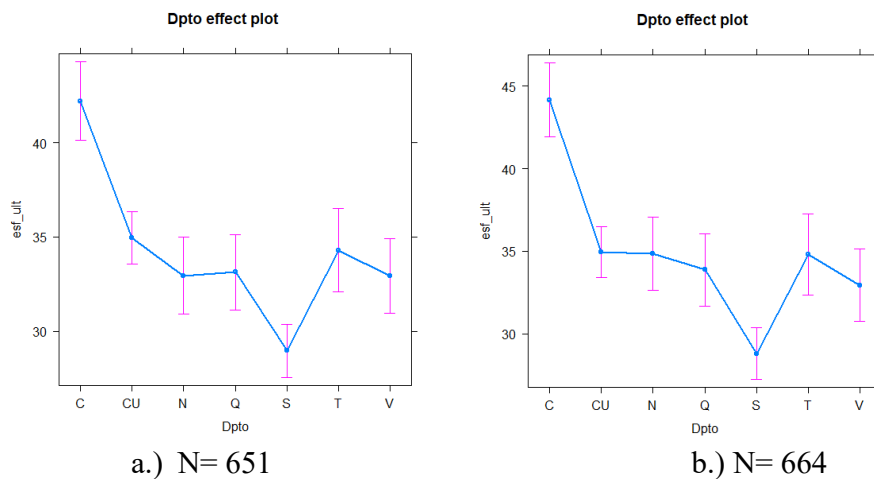


Fig. 5.32. Intervalos LSD - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Al realizar el análisis de los intervalos LSD se observa que presentan el mismo comportamiento al resultado de la muestra inicial (N=664). De acuerdo con la Figura 5.32, se puede observar que los Departamentos de Cundinamarca, Nariño, Quindio, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos, mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos. Sin embargo, los Departamentos del Cauca y Santander presentan diferencias significativas.

5.3.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores denominados también outliers se excluyeron de los datos obtenidos. Se encontraron 19 valores que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	19
Tamaño muestra aleatoria	N=632

5.3.7.1. Histograma y estadística descriptiva para N=632.

En la tabla 5.12 se presenta la estadística descriptiva para los 632 datos del esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.

Tabla 5.10. Estadística Descriptiva - N= 632- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Estadísticos	
Media	33,45
Desviación estándar	9,15
Error típico de la media	0,36
IQR	12,90
Coefficiente de variación	0,27
Coefficiente de asimetría	0,21
Coefficiente de apuntamiento	-0,24
Q0	10,88
Q1	26,86
Q2	32,56
Q3	39,76
Q4	59,23
N	632

De acuerdo con la Tabla 5.12, se puede deducir que existe una leve asimetría positiva y presenta un error típico de la media pequeño.

En la Figura 5.32bis se presenta el histograma de los 632 datos obtenidos para el esfuerzo de compresión paralelo a las fibras junto con la estadística descriptiva de los mismos. En esta figura se puede observar que existe similitud entre la curva de densidad y la curva normal, indicando que los datos pueden estar distribuidos normalmente.

HISTOGRAMA, DENSIDAD Y NORMAL N=632

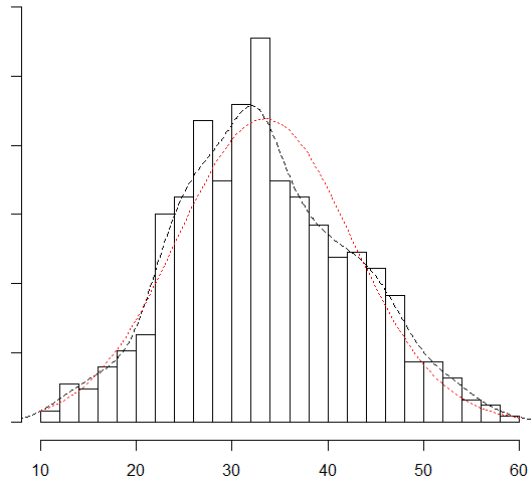


Fig. 5.33. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 632- Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

5.3.7.2. Diagramas de Caja

Al hacer el diagrama de caja de la población N= 632 de la Región Andina no aparecen datos atípicos, como se puede apreciar en la Figura 5.33. Se puede apreciar que la mediana es cercana a la media aritmética y la longitud de los datos entre Q0 y Q4 es muy similar, lo que permite inferir estadísticamente que la población tiende a una distribución normal.

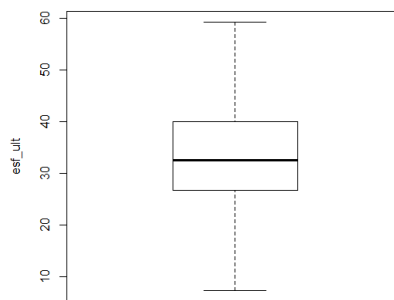


Fig. 5.34. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).

Al analizar el diagrama de caja por Departamentos se evidencia que no existen datos fuera de rango. En la Figura 5.34, para los Departamentos de Cauca, Nariño y Tolima, se puede apreciar un mayor número de datos entre el cuartil Q3 y Q4 que entre el cuartil Q0 y Q1, evidenciando una asimetría positiva en la curva de densidad. Los Departamentos de Santander y Valle muestran una asimetría negativa, mientras que los Departamentos de Cundinamarca y Quindío muestran una distribución de datos normal.

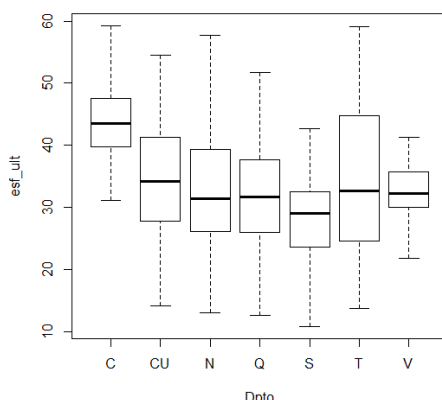


Fig. 5.35. Box-whisker por Departamento N= 632 - Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).

Tanto el diagrama de caja de toda la Región Andina como el mostrado por Departamentos no presentaron datos atípicos. Por tanto, la muestra ya está ajustada.

5.3.8. Análisis comparativo

Tras realizar al análisis estadístico a cada una de las muestras estudiadas, se determina cuál de las tres muestras anteriores es la más estadísticamente significativa para el presente informe. La comparación se realiza en la Tabla 5.13, mientras que la elección se justifica en el siguiente apartado.

Tabla 5.11. Análisis comparativo - Esfuerzo último de compresión paralela (MPa).

Estadísticos	N=664	N=651	N=632
Media (MPa)	34,19	33,61	33,45
Desviación estándar (MPa)	10,56	9,48	9,15
Error típico de la media	0,41	0,37	0,36
IQR (MPa)	14,14	13,14	12,90
Coefficiente de variación	0,31	0,28	0,27
Coefficiente de asimetría	0,72	0,20	0,21
Coefficiente de apuntamiento	1,76	-0,27	-0,24
Q0 (MPa)	6,77	7,41	10,88
Q1 (MPa)	26,85	26,81	26,85
Q2 (MPa)	32,82	32,58	32,56
Q3 (MPa)	40,99	39,95	39,75
Q4 (MPa)	92,67	59,23	59,23
N	664	651	632

Los parámetros de posición central evidencian estadísticamente que la muestra N=632 los datos se distribuyen en forma cercana a la curva de distribución normal.

5.3.9. Prueba t-student

Tras aplicar la prueba t-student para la muestra N= 632, se obtiene:

```
data: esf_ult
t = -2.0357, df = 631, p-value = 0.04219
alternative hypothesis: true mean is not equal to 34.19
95 percent confidence interval:          32.73383      34.16378
sample estimates: mean of x             33.44881
```

En virtud del resultado anterior, se puede concluir que la muestra con N=632 es la más significativa en el comportamiento de los ensayos válidos que se realizaron en los siete Departamentos de la Región Andina de Colombia, infiriendo que el valor medio **del esfuerzo último a compresión paralela a las fibras está comprendido entre 32,73 MPa y 34,16 MPa**, con un intervalo de confianza del 95%.

5.4. Esfuerzo último de Corte Paralelo a las fibras (MPa)

Cada ensayo del esfuerzo último de corte paralelo realizado tiene un formato de registro para su verificación y trazabilidad. Tras realizar los ensayos correspondientes al esfuerzo último de corte paralelo a las fibras en la *Guadua angustifolia* se encontraron 715 resultados válidos que cumplieran las condiciones de aceptación de la norma NTC 5525. Se descartaron 16 ensayos de los 731 por rotura indebida fuera de la probeta de corte, que produjo aplastamiento. En la Tabla 5.14 se relacionan los ensayos admisibles (715) de los siete Departamentos.

Tabla 5.12. Ensayos válidos – Corte paralelo a las fibras (MPa).

Departamento	Corte
Cauca (C)	74
Cundinamarca (Cu)	156
Nariño (N)	70
Quindío (Q)	95
Santander (S)	161
Tolima (T)	71
Valle (V)	88
Total	715

En la Figura. 5.35. se muestra el formato del registro del ensayo a corte paralelo a las fibras sin nudo. En la casilla del código interno se describe el municipio del Departamento, en este caso del Tolima (D), el tipo de ensayo (V), el número de la probeta (03) y la parte del culmo, en este caso la parte inferior (I).


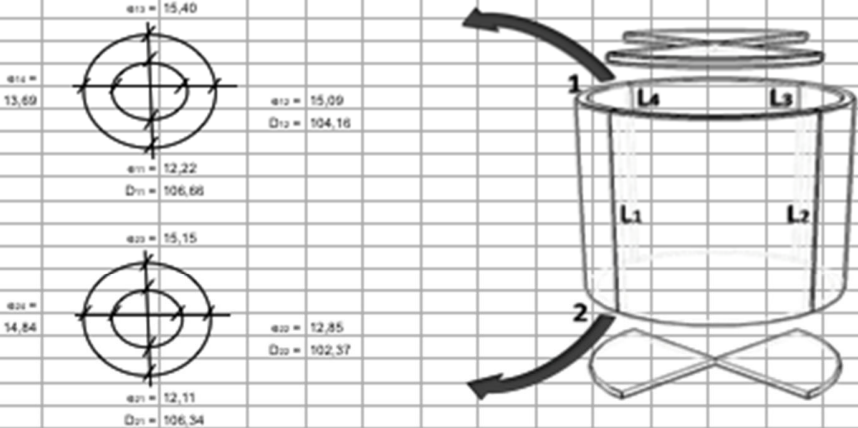
		INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS LABORATORIO DE GUADUA Y MADERA		IIT_LGM_FREC VERSION 2.0 PAGINA 1 DE 1							
REGISTRO ENSAYO DE CORTE Y CONTENIDO HUMEDAD											
PROYECTO	DETERMINACIÓN VALORES DE ESFUERZOS ADMISIBLES DEL BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, NARIÑO Y CAUCA.			CODIGO QUIPU	20 30 100 16238						
RESPONSABLE PROYECTO	ARQ. JORGE ENRIQUE LOZANO PEÑA			CODIGO INTERNO	CIP_001						
LABORATORISTA ENCARGADO	ARQ. DIANA CAROLINA OVALLE NG. CÉSAR ARDILA			FECHA	9/8/20						
ESPECIE A ENSAYAR	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH			HOJA No.	1						
FUENTE	TOLIMA	FINCA	Libano	MUESTRA	DV03I						
HUMEDAD AMBIENTE (%)	39	TEMP AMBIENTE (°C)	25	NUDO (SI/NO)	NO						
											
LONGITUDES (mm)		Ls	112,15	Ls	111,38	Ls	111,32	Ls	112,33	PROM	111,80
AREA SECCION TRANSVERSAL (cm ²)	39,78			AREAS QUE FALLARON			3				
CARGA MAXIMA (Kg)	3472,75			ESFUERZO ULTIMO			kg/cm ²	MPa			
							55,78	5,58			

Fig. 5.36. Formato de registro de resultados para el ensayo de corte paralelo a las fibras sin nudo.

En la Figura. 5.36. se muestra el formato de registro del ensayo a corte paralelo a las fibras con nudo. En la casilla del código interno se describe el municipio del Departamento, en este caso del Tolima (D), el tipo de ensayo (Vn), el número de la probeta (05) y parte del culmo, en este caso la parte superior (S).


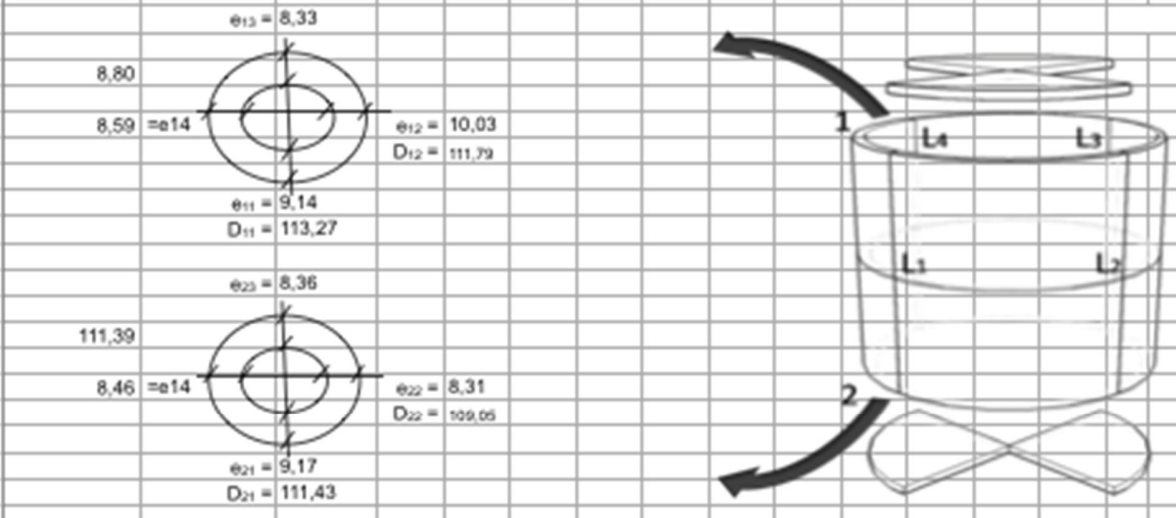
		INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS LABORATORIO DE GUADUA Y MADERA				HT_LGM_FRECH					
		REGISTRO ENSAYO DE CORTE Y CONTENIDO HUMEDAD				VERSION 2.0					
						PAGINA 1 DE 1					
PROYECTO	DETERMINACIÓN VALORES DE ESFUERZOS ADMISIBLES DEL BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, NARIÑO Y CAUCA.				CODIGO QUIPU	20 30 100 16238					
RESPONSABLE PROYECTO	ARQ. JORGE ENRIQUE LOZANO PEÑA				CODIGO INTERNO	CIP_001					
LABORATORISTA ENCARGADO	ARQ. DIANA CAROLINA OVALLE - ING. CESAR ARDILA				FECHA	9/8/20					
ESPECIE A ENSAYAR	BAMBU GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				HOJA No.						
FUENTE	TOLIMA	FINCA	Villahermosa		MUESTRA	DVn05S					
HUMEDAD AMBIENTE (%)	18	TEMP AMBIENTE (°C)	54	NUDO (SI/NO)	SI						
											
LONGITUDES (mm)		L_1	139,23	L_2	139,28	L_3	138,52	L_4	138,82	PROM	138,95
AREA SECCION TRANSVERSAL (cm ²)	28,36				AREAS QUE FALLARON		2				
CARGA MAXIMA (Kg)	1400,24				ESFUERZO ULTIMO		kg/cm ²		28,63		
							MPa		2,86		

Fig. 5.37. Formato de registro de resultados para el ensayo de corte paralelo a las fibras con nudo.

5.4.1. Histograma y estadística descriptiva

Las variables del presente análisis son continuas por tomar valores positivos en los puntos de recorrido. En la Figura 5.37 se presenta el histograma de los 715 datos obtenidos para el esfuerzo de corte, mientras que la Tabla 5.15 muestra la estadística descriptiva de los mismos. Se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.

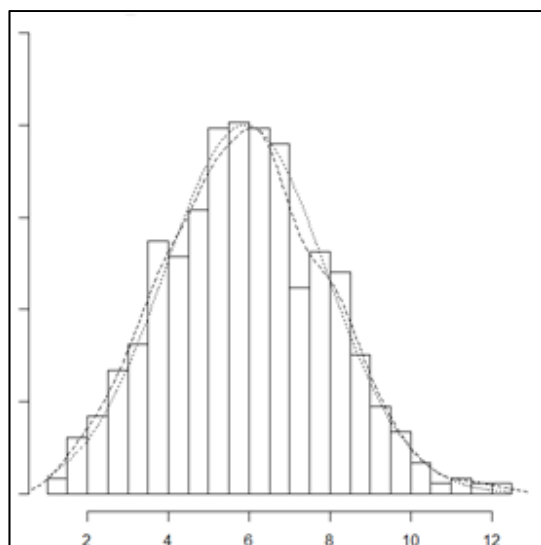


Fig. 5.38. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

Tabla 5.13. Estadística Descriptiva – Corte paralelo a las fibras (MPa).

Estadísticos	
Media	5,91 MPa
Desviación estándar	1,99 MPa
Error típico de la media	0,07 MPa
IQR	2,73 MPa
Coefficiente de variación	0,34
Coefficiente de asimetría	0,17
Coefficiente de apuntamiento	-0,15
Q0	1,15 MPa
Q1	4,52 MPa
Q2	5,92 MPa
Q3	7,25 MPa
Q4	12,26 MPa
N	715

En la Figura 5.38 se observa que las curvas de densidad por Departamento, para los 715 ensayos, son similares a una distribución normal. Para los Departamentos de Valle, Cauca, Nariño, Tolima y Quindío, las curvas tienden a la simetría; el Departamentos de Santander presenta asimetría negativa, presentando una cola mayor a la derecha. Es notorio el apuntamiento de la curva leptocúrtica en los Departamentos de Cauca y Valle. Los Departamentos de Santander y Cauca muestran un mayor rango de datos.

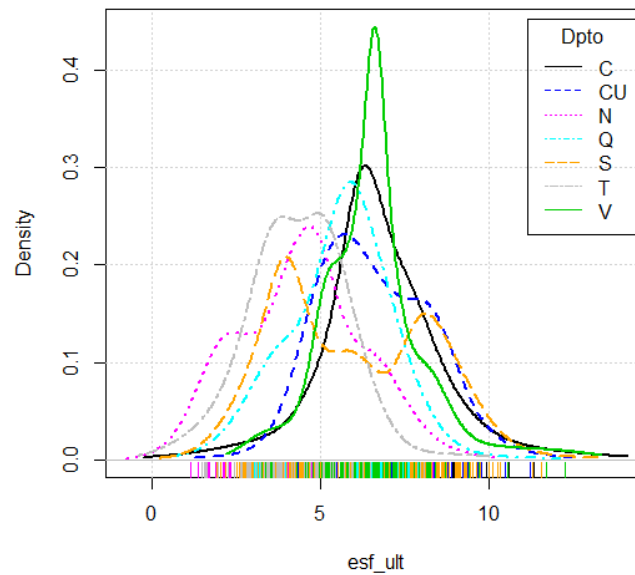


Fig. 5.39. Curva de densidad por Departamento N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

5.4.2. Diagramas de Caja

De acuerdo con el histograma y la estadística descriptiva existe evidencia estadística que existen datos atípicos en la muestra de los ensayos válidos con el esfuerzo de corte en los 7 Departamentos. Por esta razón, se verifican los datos por medio de dos diagramas de caja: i) en su conjunto completo como muestra la Figura 5.39; y ii) por Departamento como se observa en la Figura 5.40.

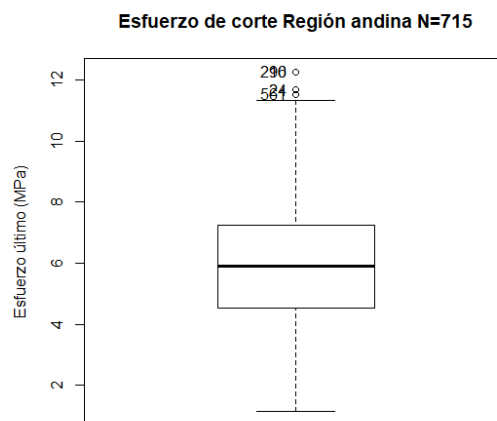


Fig. 5.40. Box-whisker Región Andina N=715- Esfuerzo último de corte (MPa).

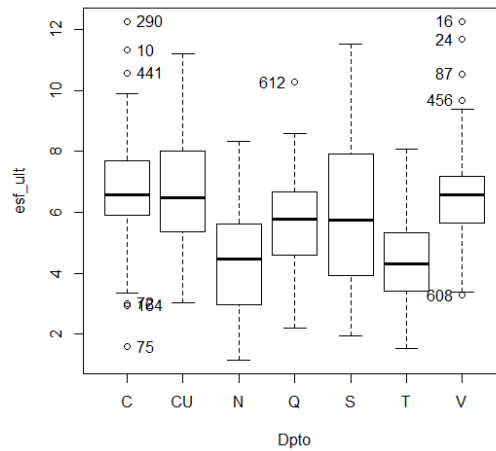


Fig. 5.41. Box-whisker por Departamento N= 715 – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

5.4.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Se realiza el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se distribuyen normalmente.

$$H_0: X_i \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Obteniendo,

```

Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.022536, p-value = 0.5087
    
```

Donde se puede observar que el p-value = 0.5087 mayor que p-value = 0.05, luego existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos se distribuyen normalmente.

5.4.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes (ver Figura 5.41) se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren la existencia de datos atípicos que conllevan a que no se ajuste a una regresión lineal perfecta.

$\ln(\text{esf_ult} \sim \text{Dpto})$

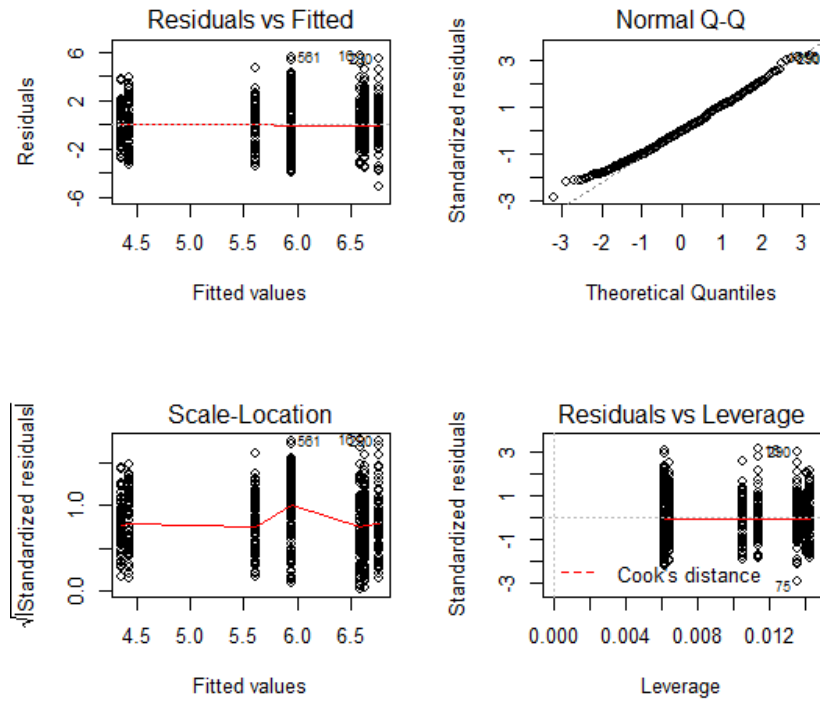


Fig. 5.42. Diagnóstico - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa)

5.4.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

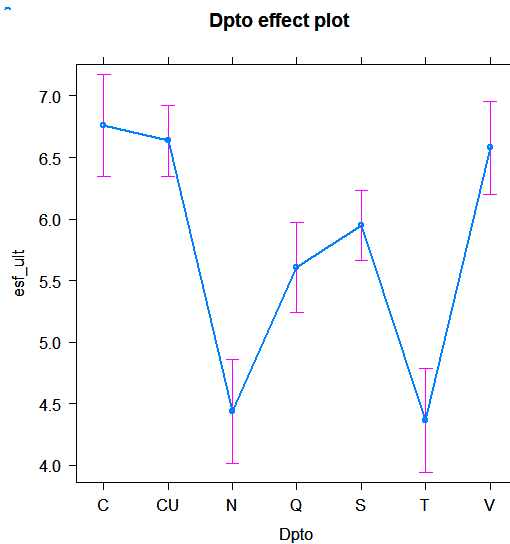


Fig. 5.43. Intervalos LSD - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

De acuerdo con el diagrama de la Figura 5.42 se puede observar que los Departamentos de Cundinamarca, Cauca y Valle presentan un solapamiento en los intervalos mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre éstos. Los Departamentos de Quindío y Santander presentan solapamiento; y los Departamentos de Nariño y Tolima también presentan solapamiento. Existe una diferencia de medias significativa entre los Departamentos de Cauca, Cundinamarca y Valle con respecto a los Departamentos de Nariño y Tolima.

5.4.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 4 valores fuera de rango, que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	4
Tamaño muestra aleatoria	N=711

5.4.6.1. Histograma y estadística descriptiva para N= 711

En la Figura 5.43 se presenta el histograma de los 711 datos obtenidos para el esfuerzo de corte, mientras que la Tabla 5.17 muestra la estadística descriptiva de los mismos. Se puede observar que los datos tienden a una distribución normal. La curva de densidad muestra que existe una asimetría positiva (la cola de curva es ligeramente más larga a la derecha). Por medio del histograma se puede inferir que hubo un ajuste en la asimetría positiva. Adicionalmente, hubo una reducción en la media como en la desviación estándar en comparación a la muestra inicial (N=715).

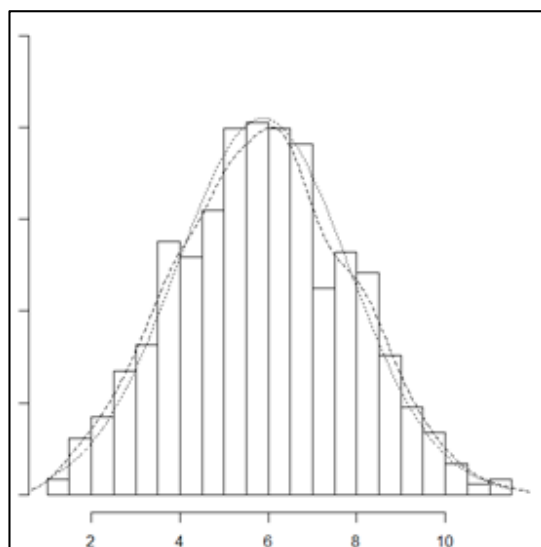


Fig. 5.44. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

Tabla 5.14. Estadística Descriptiva N= 711- Esfuerzo último de corte (MPa).

Estadísticos	
Media	5,87 MPa
Desviación estándar	1,95 MPa
Error típico de la media	0,07 MPa
IQR	2,72 MPa
Coefficiente de variación	0,33
Coefficiente de asimetría	0,07
Coefficiente de apuntamiento	-0,38
Q0	1,15 MPa
Q1	4,51MPa
Q2	5,91 MPa
Q3	7,23 MPa
Q4	11,32 MPa
N	711

5.4.6.2. Diagramas de Caja

En la Figura 5.44 se puede apreciar la diferencia de los diagramas de caja de la Región Andina sin datos atípicos (izquierda), en el cual la distribución de los datos tiende a regularizarse y acercarse a la distribución normal de los datos en donde el coeficiente de asimetría se acerca a cero, y con datos atípicos (derecha) generando una cola más larga hacia la derecha por la presencia de valores mayores.

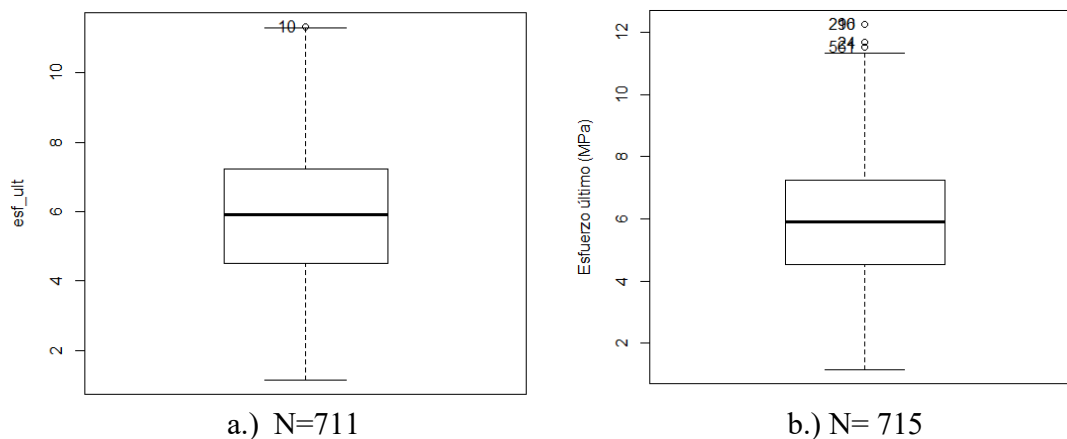


Fig. 5.45. Box-whisker Región Andina a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos.

Si se analiza la Figura 5.45, en donde se muestra el diagrama de caja por Departamento, se puede observar que aún existen datos atípicos en la población en cada Departamento, por lo que será necesario ajustar de nuevo la muestra por medio del criterio de Chauvenet. El ajuste de eliminar los datos atípicos por Departamento busca ver la incidencia de éstos, en los valores estadísticos con respecto a la Región Andina.

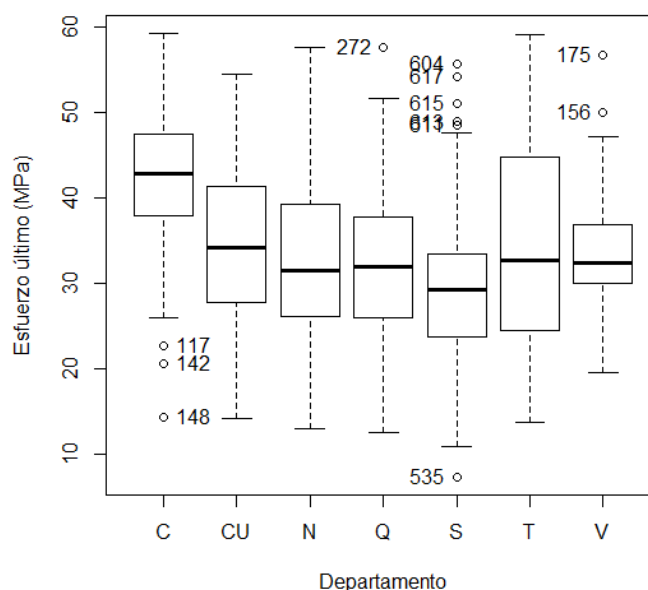


Fig. 5.46. Box-whisker por Departamento N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

5.4.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

Test de normalidad N=711
 Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
 data: esf_ult
 D = 0.020637, p-value = 0.654

Donde se puede observar que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula, lo que conlleva que los datos si se distribuyen normalmente.

5.4.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

A raíz de los resultados presentados en la Figura 5.46, se puede deducir:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren aún de la existencia de datos atípicos, en menor número, que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

lm(esf_ult ~ Dpto)

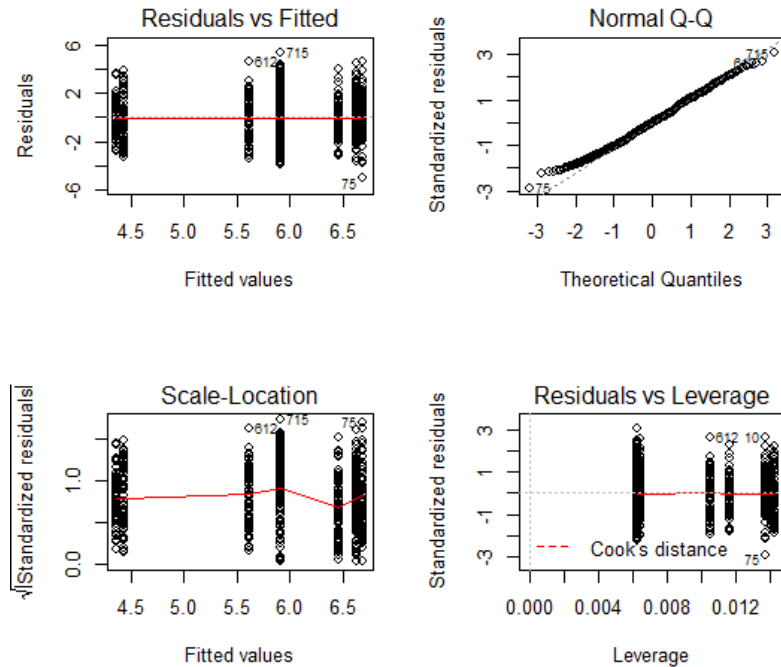
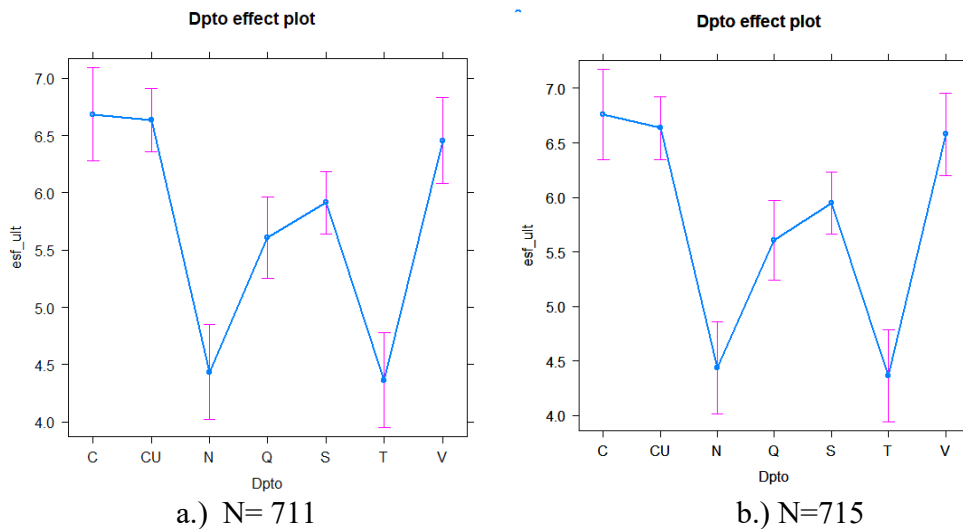


Fig. 5.47. Diagnóstico N= 711- Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

5.4.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.



5.48. Intervalos LSD – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa)

Al realizar el análisis de los intervalos LSD (ver Figura 5.47) se observa que presentan el mismo comportamiento al resultado de la muestra inicial (N=715).

5.4.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 15 valores fuera de rango, que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	15
Tamaño muestra aleatoria	N=696

5.4.7.1. Histograma y estadística descriptiva para N=696.

En la Figura 5.48 se evidencia que no existe diferencia aparente entre la población de N= 696 y N= 715. Se puede ver que hay mayor aplanamiento de las curvas. El rango de N=696 es menor al rango de N=711 y este, a su vez, es menor al rango de N=715.

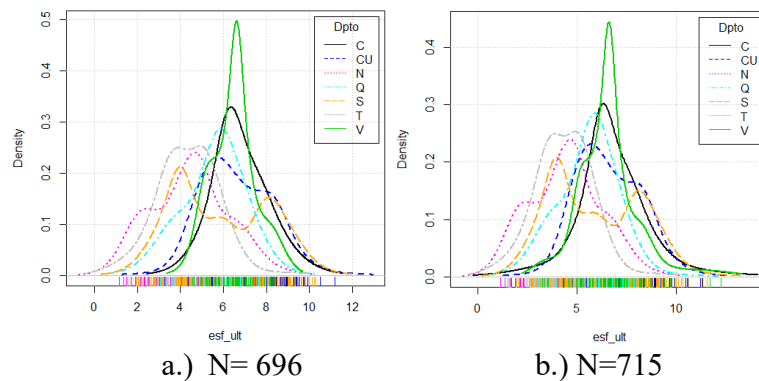


Fig. 5.49. Curva de densidad por Departamento – Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

En la Tabla 5.18 se muestran los estadísticos de la población de datos de N= 696, valores que se van a comparar con las poblaciones N=715 y N= 711. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede deducir que existe una leve asimetría negativa y presenta un error típico de la media menor.

Tabla 5.15. Estadística Descriptiva N= 696 – Esfuerzo último de corte (MPa).

Estadísticos	
Media	5,86 MPa
Desviación estándar	1,89 MPa
Error típico de la media	0,07 MPa
IQR	2,66 MPa
Coefficiente de variación	0,32
Coefficiente de asimetría	-0,01
Coefficiente de apuntamiento	-0,44
Q0	1,15 MPa
Q1	4,55 MPa
Q2	5,91 MPa
Q3	7,21 MPa
Q4	11,20 MPa
N	696

5.4.7.2. Diagramas de Caja

Al hacer el diagrama de caja de la población N= 696 de la Región Andina, no aparecen datos atípicos, como se puede apreciar en la Figura 5.49. Se puede apreciar que la mediana es cercana a la media aritmética y la longitud de los datos entre Q0 y Q4 es muy similar, lo que permite inferir estadísticamente que la población tiende a una distribución normal de datos.

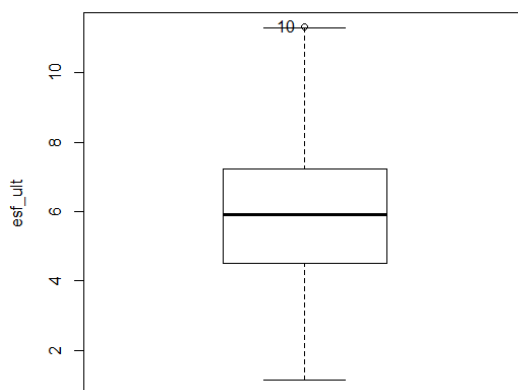


Fig. 5.50. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).

Al analizar el diagrama de caja por Departamentos se evidencia que no existen datos fuera de rango. En la Figura 5.50 puede destacarse el número de datos entre el cuartil Q0 y Q1 del Departamento de Cauca lo que evidencia una asimetría negativa en la curva de densidad y una dispersión mayor de la población.

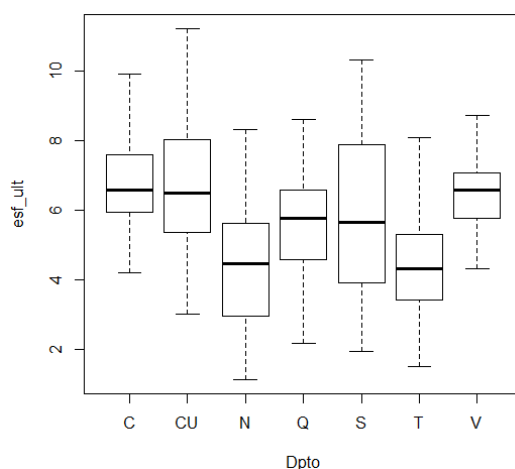


Fig. 5.51. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa)

Tanto el diagrama de caja de Región Andina como por departamento no presentaron datos atípicos, por tanto, la muestra se considera ajustada.

5.4.8. Análisis comparativo

Tras realizar al análisis estadístico a cada una de las muestras estudiadas (véase Tabla 5.19), se determinó cuál de las tres muestras anteriores es la más estadísticamente significativa para el presente trabajo. Los resultados se presentan en el siguiente subapartado.

Tabla 5.16. Análisis comparativo - Corte paralelo a las fibras (MPa).

Estadísticos	N=715	N=711	N=696
Media	5,91	5,87	5,86
Desviación estándar	1,99	1,95	1,89
Error típico de la media	0,07	0,07	0,07
IQR	2,73	2,72	2,66
Coefficiente de variación	0,34	0,33	0,32
Coefficiente de asimetría	0,17	0,07	-0,01
Coefficiente de apuntamiento	-0,15	-0,38	-0,44
Q0	1,15	1,15	1,15
Q1	4,52	4,51	4,55
Q2	5,92	5,91	5,91
Q3	7,25	7,23	7,21
Q4	12,26	11,32	11,20
N	715	711	696

5.4.9. Prueba t-student

Aplicando la prueba de t-student para N=696:

```
data: esf_ult
t = 81.98, df = 695, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval: 5.720812 6.001556
sample estimates: mean of x 5.861184data: esf_ult
```

En virtud del resultado anterior, se puede concluir que la muestra con N=696 es la más significativa en el comportamiento de los ensayos válidos que se realizaron en los siete Departamentos de la Región Andina de Colombia, infiriendo que el **rango de esfuerzo último medio de corte paralelo a las fibras está entre: 5,72 MPa y 6,00 MPa** con un intervalo de confianza del 95%.

5.5. Esfuerzo último de Compresión perpendicular a las fibras (MPa)

Cada ensayo del esfuerzo último a compresión realizado tiene un formato de registro para su verificación y trazabilidad. Tras realizar los ensayos correspondientes al esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras se encontraron 581 resultados válidos que cumplían las condiciones de aceptación de la norma NTC 5525. Se descartaron 94 ensayos de los 675 por fisuración en las probetas. En la Tabla 5.20 se relacionan los ensayos admisibles dentro de los siete Departamentos de la Región Andina.

Tabla 5.17. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 – Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).

Departamento	Compresión perpendicular
Cauca (C)	70
Cundinamarca (Cu)	119
Nariño (N)	75
Quindío (Q)	47
Santander (S)	146
Tolima (T)	72
Valle (V)	52
Total	581

En la Figura 5.51 se muestra el formato registro del ensayo a compresión. En la casilla del código interno se describe el municipio del Departamento, el de Quindío (A) en este caso, el tipo de ensayo (CP), el número de la probeta (02) y la parte del culmo, en este caso la parte media (M).

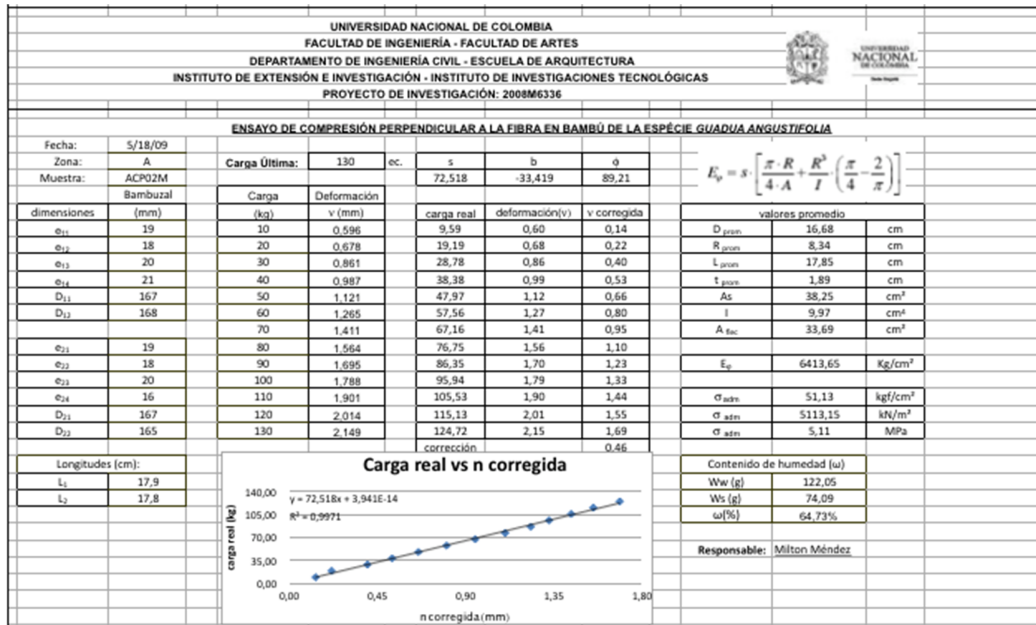


Fig. 5.52. Formato de registro para el ensayo a compresión perpendicular a las fibras.

5.5.1. Histograma y estadística descriptiva

A continuación, la Figura 5.52 presenta el histograma de los datos obtenidos por el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras, mientras que la Tabla 5.21 muestra los resultados de la estadística descriptiva de los mismos. Se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.

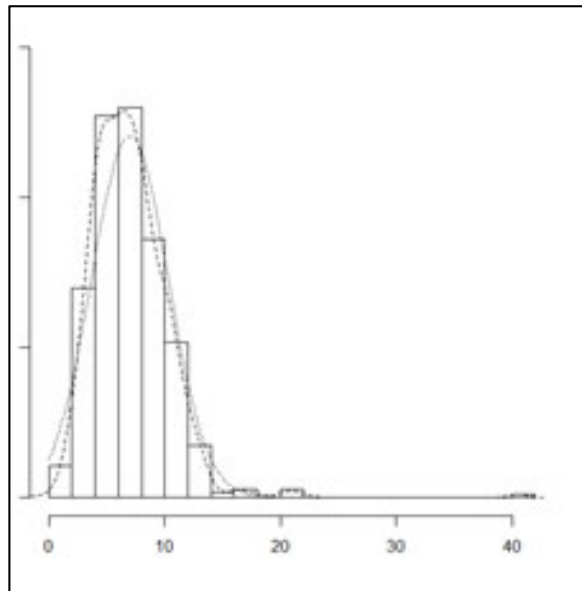


Fig. 5.53. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 581- Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

Tabla 5.18. Estadística Descriptiva– Esfuerzo último compresión perpendicular MPa

Estadísticos	
Media	6,99 MPa
Desviación estándar	3,30 MPa
Error típico de la media	0,14 MPa
IQR	4,01 MPa
Coefficiente de variación	0,47
Coefficiente de asimetría	2,42
Coefficiente de apuntamiento	18,68
Q0	1,22 MPa
Q1	4,68 MPa
Q2	6,64 MPa
Q3	8,69 MPa
Q4	40,42MPa
N	581

De acuerdo con el histograma y la estadística descriptiva existe evidencia estadística de que existen datos atípicos en la muestra.

5.5.2. Diagramas de Caja

Los datos atípicos se verifican por medio de dos diagramas de caja: i) en su conjunto completo; y, ii) por departamentos. En la Figura 5.53 se observa claramente la asimetría positiva de la distribución de los datos del esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras, así como un dato muy alejado de media aritmética y la mediana. Existe, además, un número mayor de datos entre los cuartiles Q3 a Q4 que en los cuartiles Q0 a Q1.

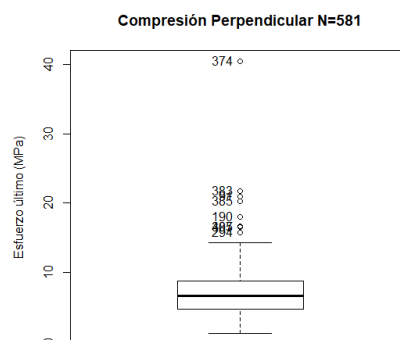


Fig. 5.54. Box-whisker Región Andina N= 581- Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

5.5.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Se realiza el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se distribuyen normalmente.

$$H_0: X_i \approx N(\mu, \sigma^2)$$
$$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Obteniendo,

```
Prueba de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.05969, p-value = 0.00004034
```

Donde se puede observar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.5.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes de la Figura 5.54 se puede deducir:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo de corte paralelo a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren la existencia de datos atípicos que conllevan a que no se presente una regresión lineal.

lm(esf_ult ~ Dpto)

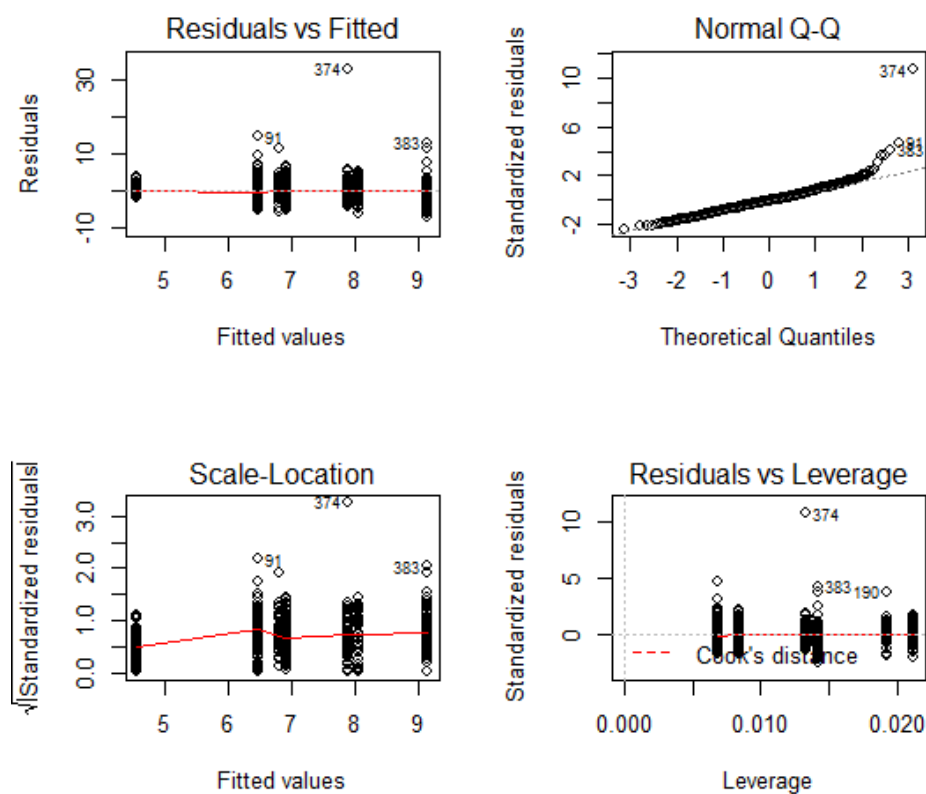


Fig. 5.55. Diagnóstico de residuales Región Andina N= 573 – Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa).

5.5.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

De acuerdo con el diagrama de la Figura 5.55 se puede observar que los Departamentos del Cauca y Tolima presentan una diferencia significativa entre ellos. Cundinamarca, Nariño, Quindío y Valle presentan un solapamiento en los intervalos mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos.

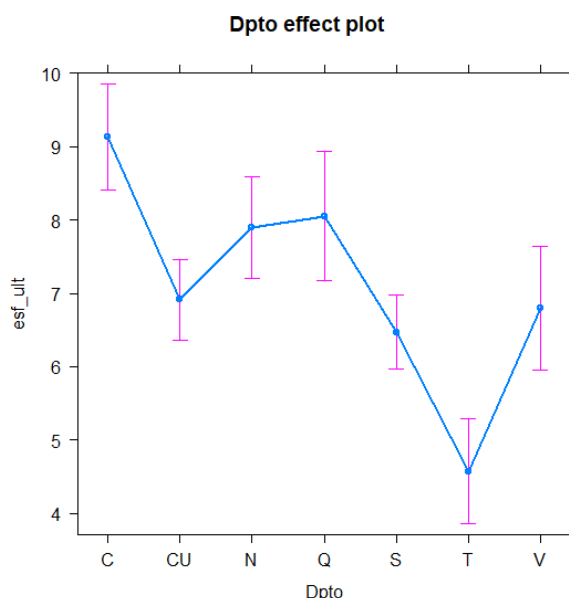


Fig. 5.56. Intervalos LSD - Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

5.5.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenido. Se encontraron 8 valores fuera de rango, que, al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	8
Tamaño muestra aleatoria	N=573

5.5.6.1. Histograma y estadística descriptiva para N=573.

En la Figura 5.56. se presenta el histograma de los 573 datos obtenidos para el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa), mientras que la Tabla 5.23 muestra la estadística descriptiva de los mismos. Se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.

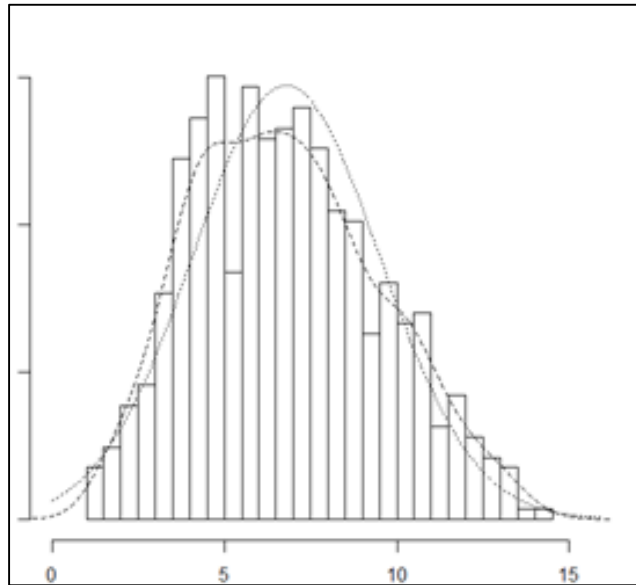


Fig. 5.57. Histograma con las curvas de densidad y normal N= 573 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

Tabla 5.19. Estadística Descriptiva - Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa).

Estadísticos	
Media	6,79 MPa
Desviación estándar	2,71 MPa
Error típico de la media	0,11 MPa
IQR	3,98 MPa
Coefficiente de variación	0,40
Coefficiente de asimetría	0,31
Coefficiente de apuntamiento	-0,53
Q0	1,22 MPa
Q1	4,66 MPa
Q2	6,59 MPa
Q3	8,64 MPa
Q4	14,23 MPa
N	573

Por medio del histograma se puede inferir que hubo un ajuste representativo en la asimetría positiva normalizando la distribución que presenta la nueva muestra respecto a la anterior. Adicionalmente, hubo una reducción en la media como en la desviación estándar en comparación a la muestra inicial. En resumen, a partir del histograma se puede apreciar que hubo una asimetría positiva menor y una disminución en la media y desviación estándar con relación a la muestra inicial (N=581).

5.5.6.2. Diagramas de Caja

En la Figura 5.57 se pueden apreciar la diferencia entre los diagramas de caja de la Región Andina sin datos atípicos (izquierda), en el cual la distribución de los datos tiende a regularizarse y acercarse a la distribución normal de los datos en donde el coeficiente de asimetría se acerca a cero, y con datos atípicos (derecha) generando una cola más larga hacia la derecha por la presencia de valores mayores.

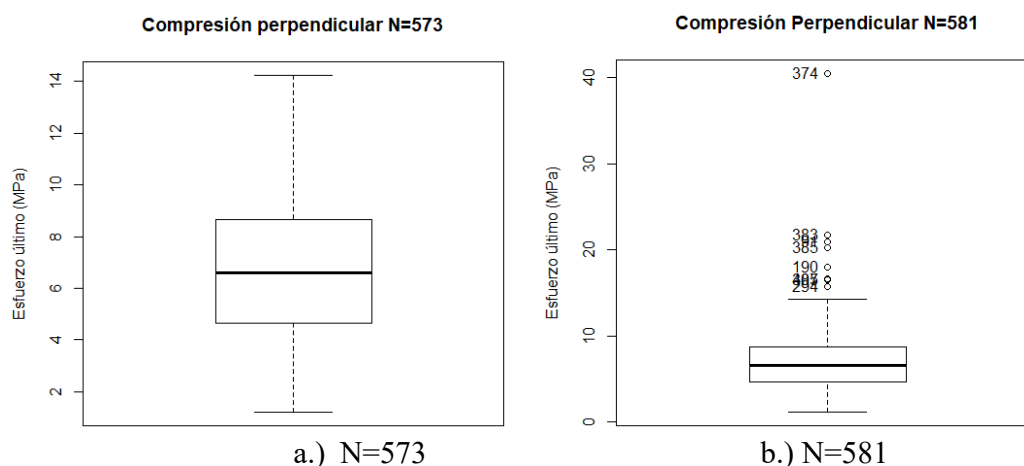


Fig. 5.58. Box-whisker Región Andina. a.) sin datos atípicos – b.) con datos atípicos.

A partir del diagrama de caja de la Figura 5.58 se puede observar que aún existen datos atípicos por Departamento, por lo que será necesario ajustar de nuevo la muestra por medio del criterio de Chauvenet.

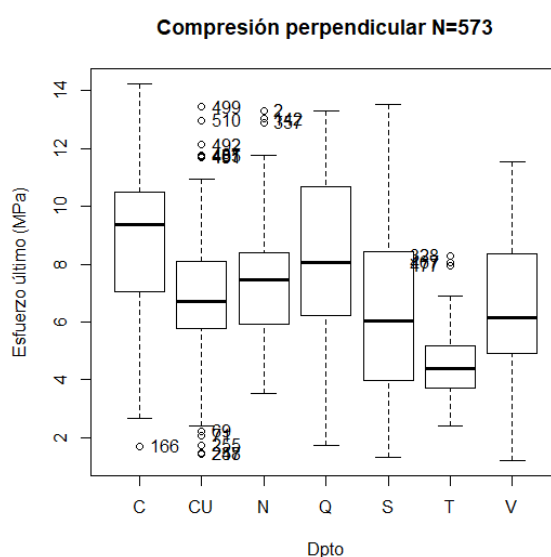


Fig. 5.59. Box-whisker por Departamento N= 512- Esfuerzo último a compresión perpendicular (MPa)

5.5.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.050961, p-value = 0.001201

Donde se puede observar que $p\text{-value} = 0.001201$ menor que $p\text{-value} = 0.05$ luego existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.5.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes que aparecen en la Figura 5.59 se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren aún de la existencia de datos atípicos, aunque en menor número, que conlleva a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística de un acercamiento a la distribución normal.

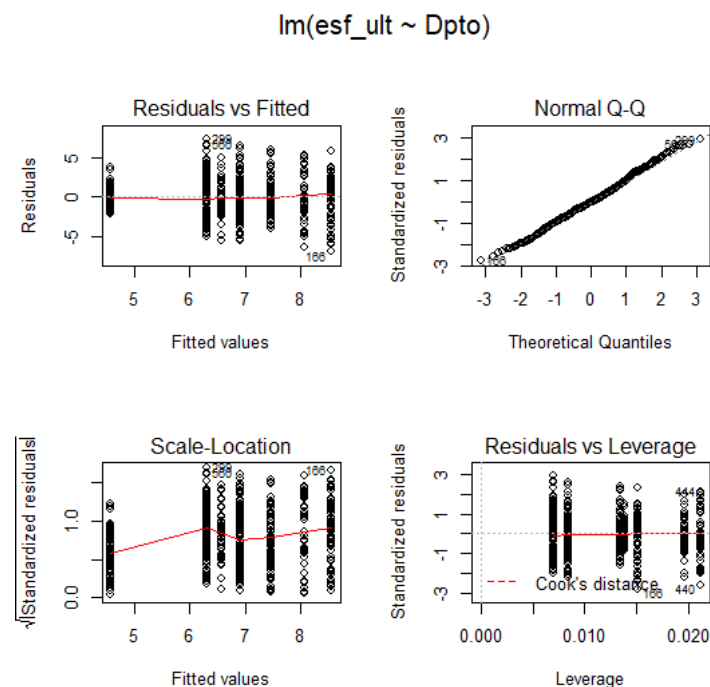


Fig. 5.60. Diagnóstico N= 573 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

5.5.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

Al realizar el análisis de los intervalos LSD (véase Figura 5.60) se observa que presentan un solapamiento más evidente entre el Departamento de Quindío y Cauca. El resto de Departamentos denotan el mismo comportamiento al resultado de la muestra inicial (N=581).

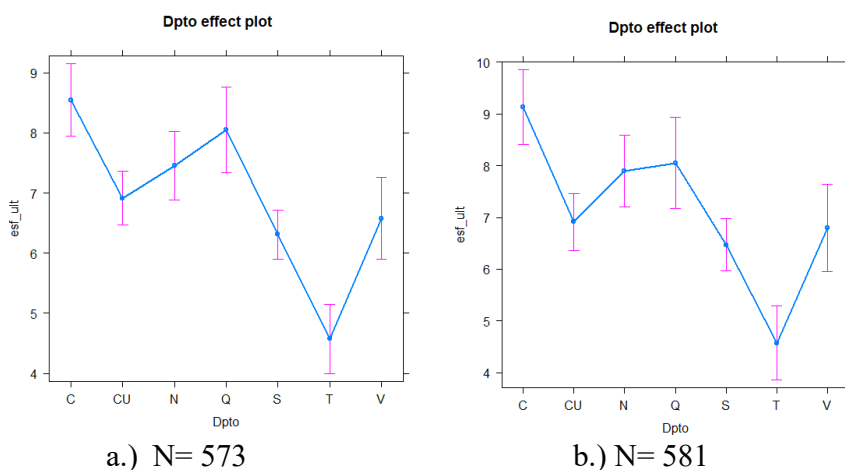


Fig. 5.61. Intervalos LSD – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa)

5.5.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 23 valores fuera de rango, que al eliminarse, el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	23
Tamaño muestra aleatoria	N=550

5.5.7.1. Histograma y estadística descriptiva para N=550

En la Figura 5.61 se observa que el rango entre los datos se ha acortado en las poblaciones N=550 y N=573 con respecto a N=581. Se observa también que las gráficas a) y b) se achatan con respecto a la gráfica c.) e igualmente la curva de densidad se asemeja a la curva normal. Las curvas N= 573 y N= 550 presentan también un aplanamiento.

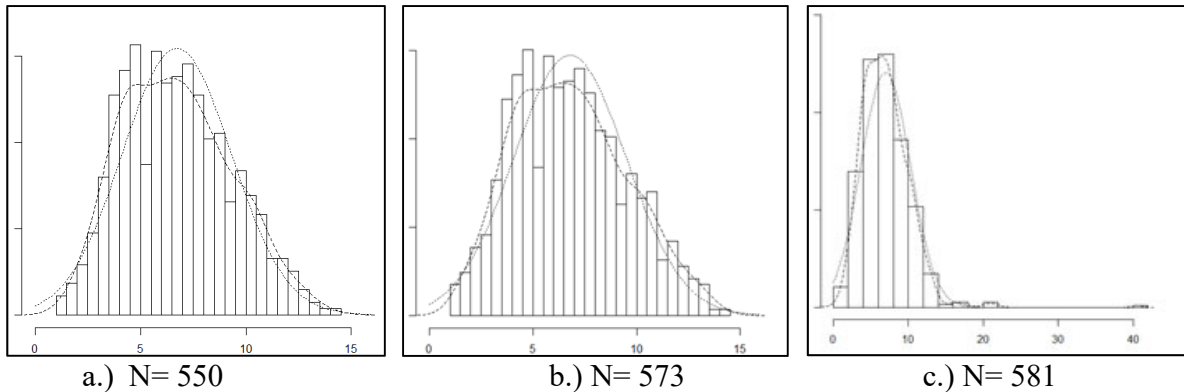


Fig. 5.62. Histograma con las curvas de densidad y normal – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

En la Tabla 5.24 se muestran los estadísticos de la población de datos con $N= 550$, valores que se van a comparar con las poblaciones $N=573$ y $N= 581$.

Tabla 5.20. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).

Estadísticos	
Media	6,72 MPa
Desviación estándar	2,58 MPa
Error típico de la media	0,11 MPa
IQR	3,84 MPa
Coefficiente de variación	0,38
Coefficiente de asimetría	0,32
Coefficiente de apuntamiento	-0,50
Q0	1,22 MPa
Q1	4,67 MPa
Q2	6,55 MPa
Q3	8,52 MPa
Q4	14,23 MPa
N	550

De acuerdo con la tabla anterior se puede deducir que existe una leve asimetría positiva y presenta un error típico de la media pequeño.

5.5.7.2. Diagramas de Caja

Al hacer el diagrama de caja de la población $N= 550$ de la Región Andina no aparecen datos atípicos, como se puede apreciar en la Figura 5.62. Se puede apreciar que la mediana es cercana a la media aritmética y número de los datos entre Q_0 a Q_1 es menor a los de Q_3 a Q_4 lo que demuestra una asimetría positiva.

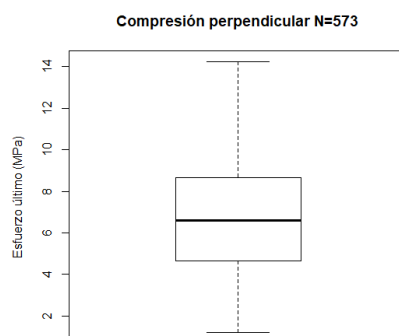


Fig. 5.63. Box-whisker Región Andina N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

Al analizar el diagrama de caja por Departamentos se evidencia que no existen datos fuera de rango. En la Figura 5.63 se puede destacar el número de datos entre el cuartil Q0 y Q1 del Departamento de Cauca lo que evidencia una asimetría negativa en la curva de densidad y una dispersión mayor de la población.

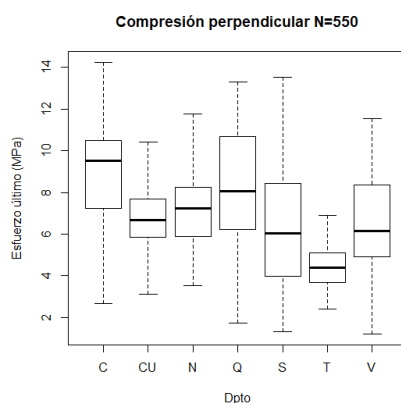


Fig. 5.64. Box-whisker por Departamento N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa)

Tanto el diagrama de caja de la Región Andina como por Departamentos no presentaron datos atípicos. Se considera, por tanto, que la muestra ya está ajustada.

5.5.7.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

```

Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.053207, p-value = 0.0008022
    
```

Donde se puede observar que $p\text{-value} = 0.0008022$ es menor que $p\text{-value} = 0.05$, por lo que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.5.7.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

El gráfico de diagnóstico de residuales muestra la probabilidad de comportamiento de probabilidad para estimar una regresión lineal.

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos inferen aún de la existencia de datos atípicos en menor número que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

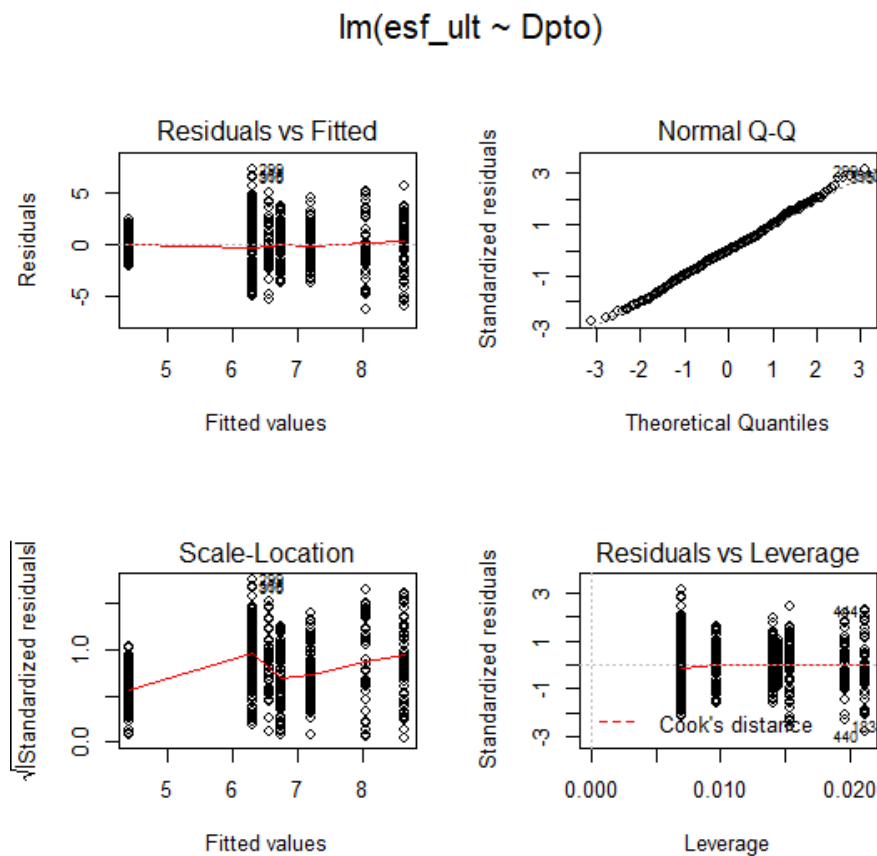


Fig. 5.65. Diagnóstico N= 550 – Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras (MPa).

En la Figura 5.64 los residuales presentan un mejor comportamiento debido al ajuste de la muestra. Sin embargo, existe evidencia estadística para concluir que no están distribuidos normalmente.

5.5.9. Prueba t-student

La muestra aleatoria N=550 corresponde a la exclusión de 31 datos atípicos, tanto de los datos totales de la Región Andina de Colombia como los datos atípicos de las muestras por cada Departamento. Por tanto, se aplica la prueba de t-student N=550 y la media aritmética de N=573 para probar que la hipótesis nula es verdadera.

```

data: esf_ult
t = -0.62248,          df = 549,          p-value = 0.5339
alternative hypothesis: true mean is not equal to 6.79
95 percent confidence interval:          6.50 MPa      6.93 MPa
sample estimates: mean of x              6.79 MPa
  
```

En virtud del resultado anterior, se puede concluir que p-value = 0.5339 es mayor que p-value = 0.05 se evidencia estadísticamente que la hipótesis nula es verdadera, en donde la muestra con N=573 es significativa en el comportamiento de los ensayos válidos que se realizaron en los 7 Departamentos de la Región Andina de Colombia, infiriendo que el **rango del esfuerzo último medio de compresión perpendicular a las fibras está entre 6,50 MPa y 6,93 MPa** con un intervalo de confianza del 95%.

5.6. Esfuerzo último de flexión (MPa)

Cada ensayo del esfuerzo último a flexión realizado tiene un formato de registro para su verificación y trazabilidad. Tras realizar los ensayos correspondientes al esfuerzo flexión en la *Guadua angustifolia* se encontraron 158 resultados válidos que cumplieran las condiciones de aceptación de la norma NTC 5525. Se descartaron 3 ensayos de los 161 por fallo debido al deslizamiento de las probetas. En la Tabla 5.26 se relacionan estos ensayos admisibles para los siete Departamentos.

Tabla 5.22. Ensayos admisibles dentro de la NTC 5525 – Esfuerzo último de flexión (MPa).

Departamento	Flexión
Cauca (C)	11
Cundinamarca (Cu)	24
Nariño (N)	11
Quindío (Q)	65
Santander (S)	24
Tolima (T)	11
Valle (V)	12
Total	158

En la Figura 5.66 se muestra el formato de registro del ensayo a flexión. En la casilla del código interno se describe el municipio (AC), el tipo de ensayo (F), el número de la probeta (7) y la parte del culmo, en este caso la parte media (M).

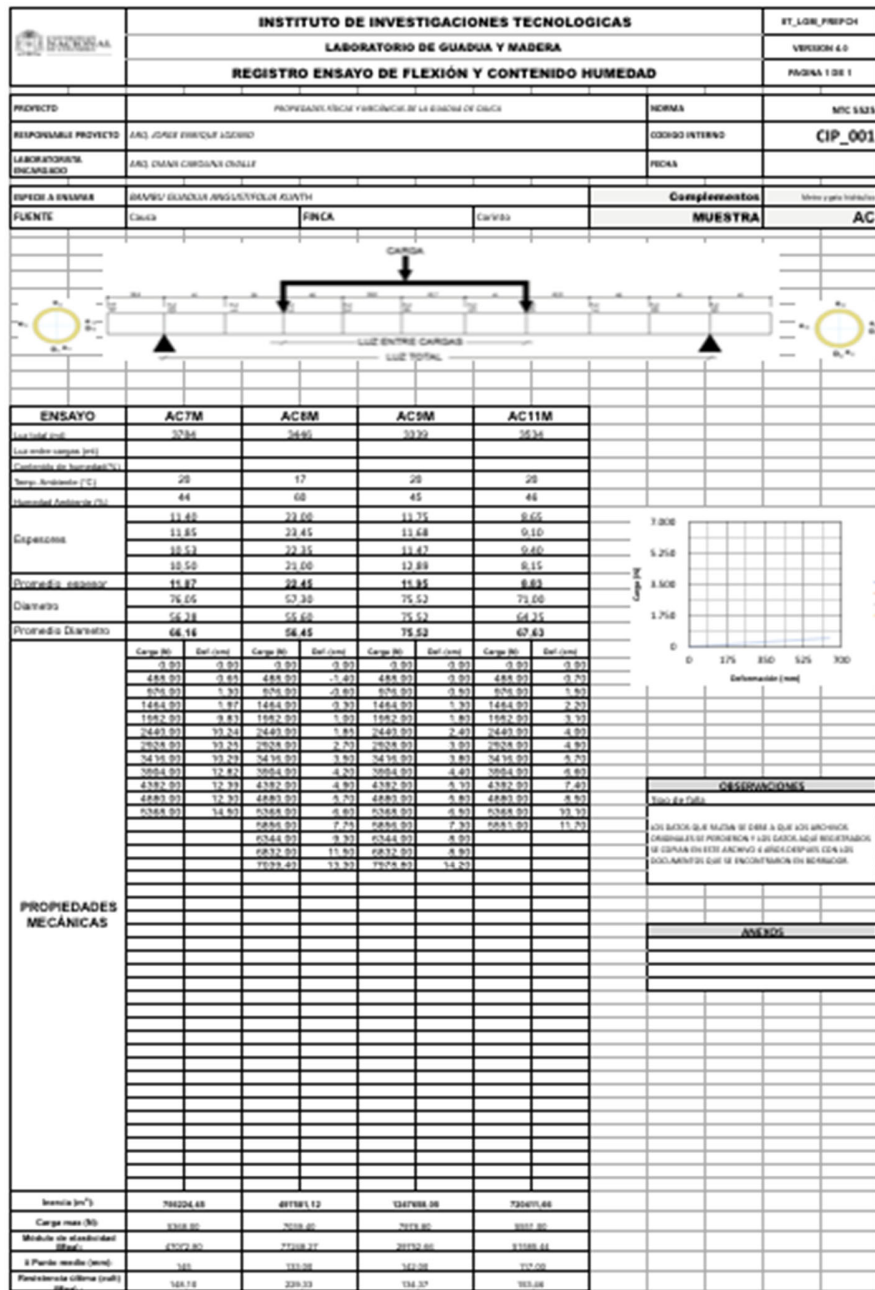


Fig. 5.67. Formato de registro para ensayo de flexión.

5.6.1. Histograma y estadística descriptiva

A continuación, se presenta el histograma de los datos obtenidos por el esfuerzo de flexión (véase Figura 5.67) junto con la estadística descriptiva de los mismos (véase Tabla 5.27). Se puede observar que existe una asimetría positiva fuerte entre los datos, indicando que estos pueden no estar distribuidos normalmente.

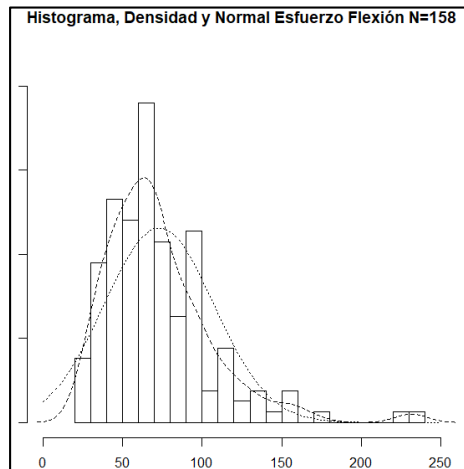


Fig. 5.68. Histograma con las curvas de densidad y normal – Flexión.

Tabla 5.23. Estadística Descriptiva – Esfuerzo último de flexión (MPa).

Estadísticos	
Media	72,93 MPa
Desviación estándar	34,51 MPa
Error típico de la media	2,75 MPa
IQR	40,71 MPa
Coefficiente de variación	0,47
Coefficiente de asimetría	1,72
Coefficiente de apuntamiento	4,83
Q0	26,34 MPa
Q1	49,10 MPa
Q2	66,88 MPa
Q3	89,81 MPa
Q4	233,67 MPa
N	158

5.6.2. Diagramas de Caja

De acuerdo con el histograma y la estadística descriptiva presentada anteriormente, existe evidencia estadística de que existen datos atípicos en la muestra de los ensayos de flexión en los siete Departamentos. Por esta razón se verifica esta hipótesis por medio del diagrama de caja según la Figura 5.68.

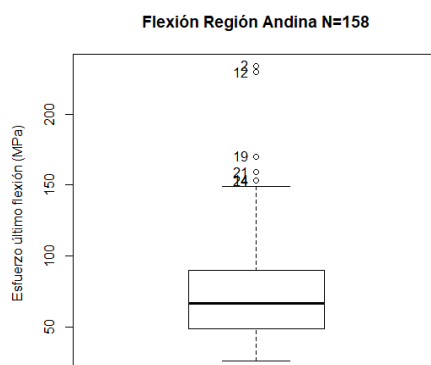


Fig. 5.69. Box-whisker Región Andina – Esfuerzo último de flexión (MPa).

Al analizar la Figura 5.68, se observa que: i) la línea continua de mayor grosor dentro del rectángulo es el valor de la mediana; ii) la distribución de datos son mayores al Q4, aspecto que significa que la cola de la curva es hacia la derecha, confirmando la asimetría positiva; iii) el límite superior e inferior del rectángulo son los valores contenidos entre el cuartil (Q1) y el cuartil tres (Q3); iv) la altura del rectángulo es el valor correspondiente al intervalo cuartílico (IQR); v) Las líneas delgadas horizontales en la parte inferior y superior son los valores límite del cuartil cero (Q0) y cuartil cuatro (Q4); vi) los círculos pequeños muestran los valores atípicos de la muestra y el número que acompaña cada círculo es el código del registro, y vii) se observa un mayor número de datos entre el Q3 y Q4, aspecto que muestra una asimetría positiva.

5.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Se realiza el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se distribuyen normalmente.

$$H_0: X_i \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: X_i \neq N(\mu, \sigma^2)$$

Obteniendo,

```
Test de normalidad
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: esf_ult
D = 0.12826, p-value = 0.000001126
```

Donde, se puede observar que p-value = 0.000001126 es menor que p-value = 0.05 existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos no se distribuyen normalmente.

5.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

De los cuatro gráficos resultantes (véase Figura 5.69), se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de flexión.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren la existencia de datos atípicos que conllevan a que no se presente una regresión lineal.

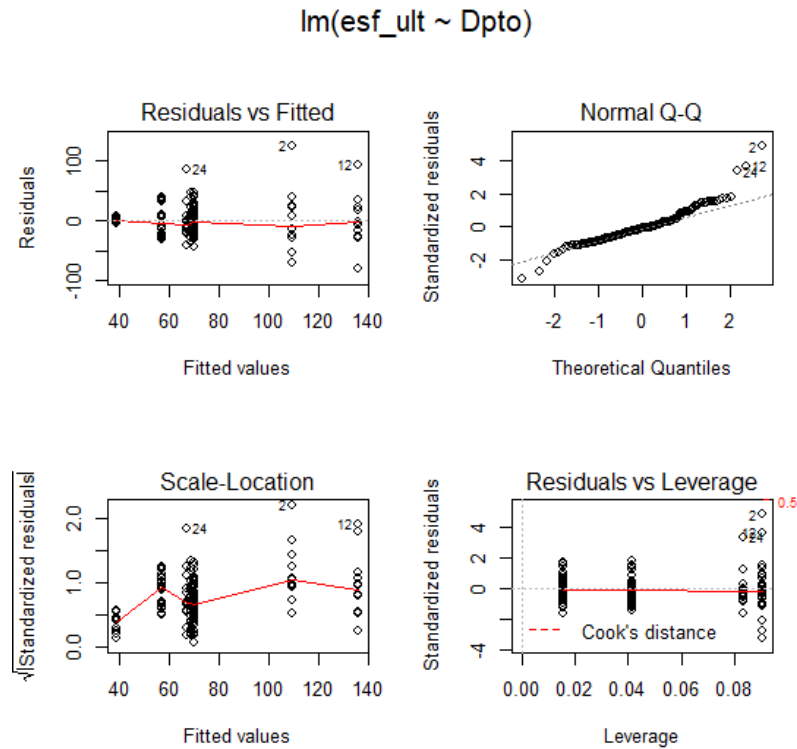


Fig. 5.70. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).

5.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

De acuerdo con el diagrama de la Figura 5.70, se puede observar que los departamentos de Cundinamarca, Quindío, Santander, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos, mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos; mientras que en los Departamentos de Nariño y Cauca se presenta solapamiento. Entre estos dos grupos de Departamentos si existen diferencias significativas.

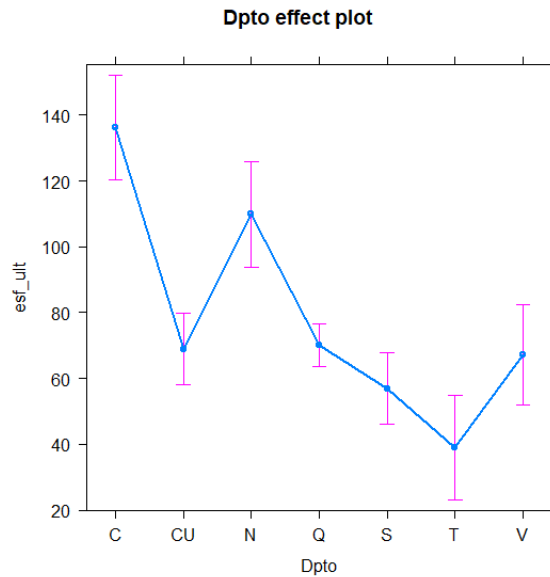


Fig. 5.71. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa)

5.6.6. Análisis estadístico con eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 9 valores fuera de rango, que al eliminarse el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	9
Tamaño muestra aleatoria	N=149

5.6.6.1. Histograma y estadística descriptiva N= 149

En la Figura 5.71 se presenta el histograma de los 149 datos obtenidos para el esfuerzo último a flexión, mientras que la Tabla 5.29 muestra la estadística descriptiva de los mismos. Se puede observar que existe una asimetría positiva (la cola de curva es más larga a la derecha) entre los datos indicando que éstos pueden no estar distribuidos normalmente.

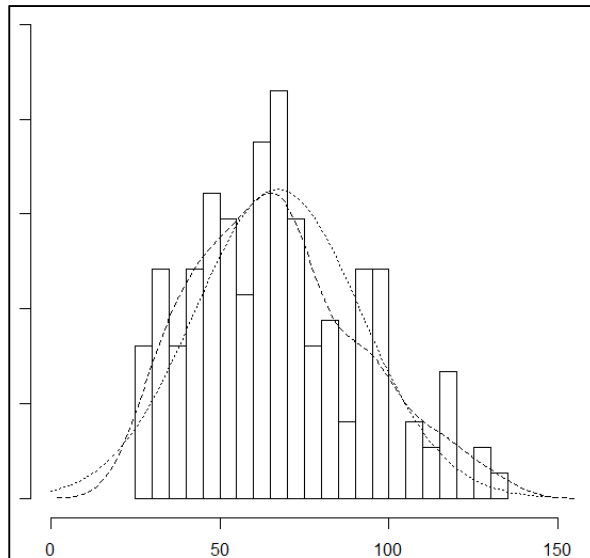


Fig. 5.72 Histograma con las curvas de densidad y normal N= 149 - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Tabla 5.24. Estadística Descriptiva – N= 149 - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Estadísticos	
Media	67,16 MPa
Desviación estándar	24,48 MPa
Error típico de la media	2,01 MPa
IQR	33,53 MPa
Coefficiente de variación	0,36
Coefficiente de asimetría	0,51
Coefficiente de apuntamiento	-0,28
Q0	26,34 MPa
Q1	48,00 MPa
Q2	65,00 MPa
Q3	81,53 MPa
Q4	131,58 MPa
N	149

Por medio del histograma se puede inferir que hubo un ajuste en la asimetría positiva, normalizando la distribución que presenta la nueva muestra. A partir del histograma se puede también apreciar que hubo una asimetría positiva menor y una disminución en la media y desviación estándar con relación a la muestra inicial (N=158).

5.6.6.2. Diagramas de Caja

En la Figura 5.72 se puede apreciar la diferencia de los diagramas de caja de la Región Andina sin datos atípicos en el cual la distribución de los datos tiende a regularizarse y acercarse a la distribución normal de los datos, y en donde el coeficiente de asimetría se reduce.

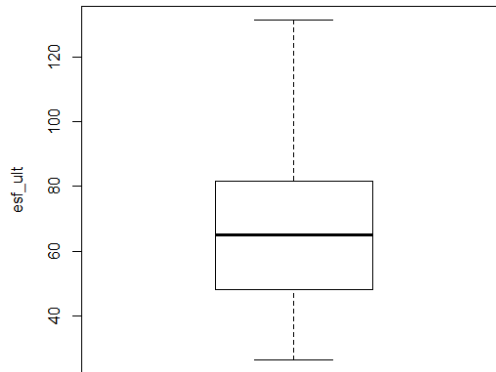


Fig. 5.73. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de flexión (MPa)

En la Figura 5.73 se aprecian los datos atípicos obtenidos por Departamento, generando una cola más larga hacia la derecha por la presencia de valores mayores. El ajuste de eliminar los datos atípicos por Departamento busca ver la incidencia de éstos en los valores estadísticos con respecto a la Región Andina. A partir de los diagramas de caja por Departamento se puede observar que aún existen datos atípicos, por lo que será necesario ajustar de nuevo la muestra por medio del criterio de Chauvenet.

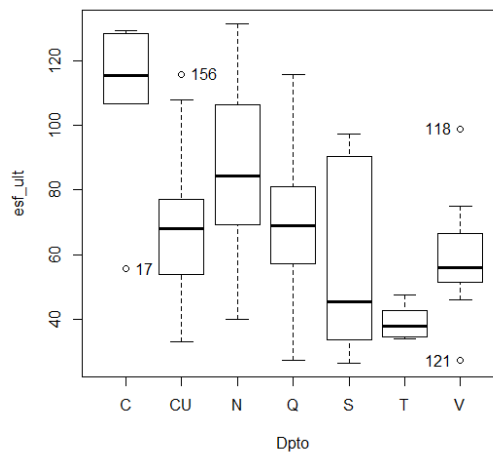


Fig. 5.74. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de flexión (MPa)

5.6.6.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

Test de normalidad
 Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
 data: esf_ult
 D = 0.068516, p-value = 0.08381

Donde, se puede observar que p-value = 0.08381 mayor que p-value = 0.05, luego existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos si se distribuyen normalmente.

5.6.6.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística para concluir que se asimilan a una distribución normal. De los cuatro gráficos resultantes que aparecen en la Figura 5.74 se puede deducir lo siguiente:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de flexión.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos infieren aún de la existencia de datos atípicos en menor número que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

lm(esf_ult ~ Dpto)

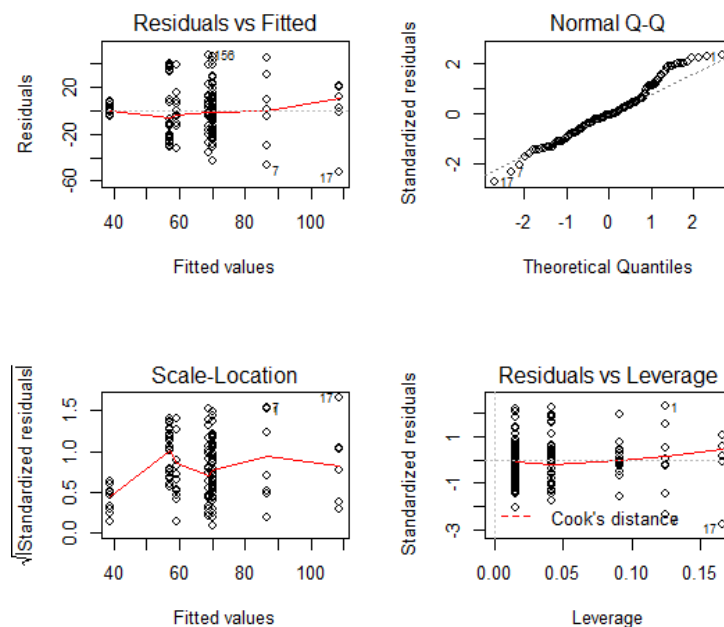


Fig. 5.75. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística para concluir que están distribuidos normalmente.

5.6.6.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

De acuerdo con la Figura 5.75 se observa que los Departamentos del Quindío, Tolima y Valle presentan un solapamiento en los intervalos, mostrando así que no hay una diferencia de medias significativa entre estos. Para el resto de Departamentos se presenta un solapamiento, y aparece un pequeño solapamiento entre Santander y Cundinamarca.

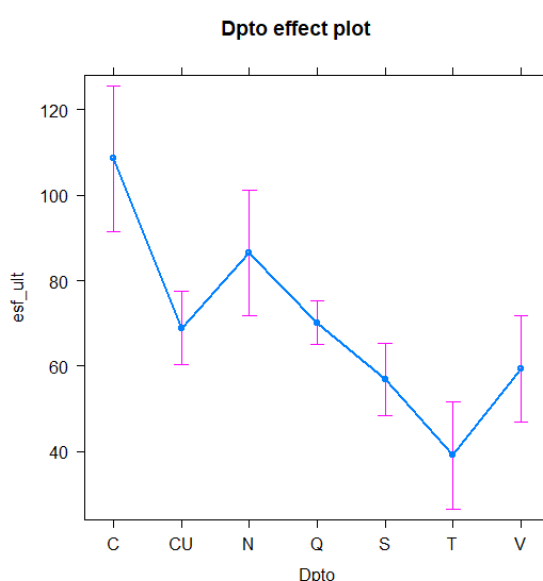


Fig. 5.76. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa)

Al realizar el análisis de los intervalos LSD se observa que presentan el mismo comportamiento al resultado de la muestra inicial (N=158).

5.6.7. Análisis estadístico con una nueva eliminación de valores fuera de rango de la Región Andina.

Aquellos valores atípicos se excluyen de los datos obtenidos. Se encontraron 4 valores fuera de rango, que al eliminarse el número de datos para el nuevo análisis de valores estadísticos es:

Exclusión de valores fuera de rango	4
Tamaño nueva muestra	N=145

5.6.7.1. Histograma y estadística descriptiva para N=145.

En la Figura 5.76 se observa que el rango entre los datos se ha acortado en las poblaciones N=145 y N= 149 con respecto a N= 158. Se observa también que las gráficas a.) y b.) se achatan con

respecto a la gráfica c.), e igualmente la curva de densidad se asemeja a la curva normal. A partir del histograma se puede apreciar que hubo una leve asimetría menor y un aumento en la media y desviación estándar con relación a la población inicial.

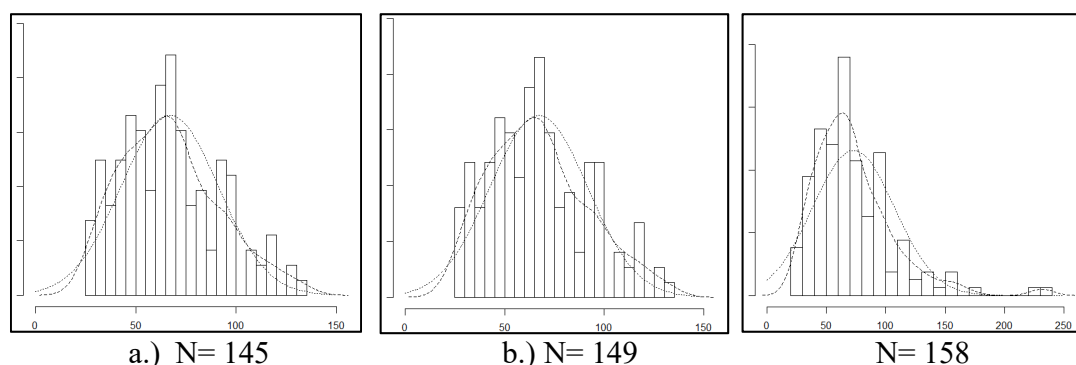


Fig. 5.77. Histograma con las curvas de densidad y normal - Esfuerzo último de flexión (MPa)

En la Tabla 5.30 se muestran los estadísticos de la población de datos de $N = 145$, valores que se van a comparar con las poblaciones $N=158$ y $N= 149$.

Tabla 5.25. Estadística Descriptiva - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Estadísticos	
Media	66,96 MPa
Desviación estándar	24,08 MPa
Error típico de la media	2,00 MPa
IQR	33,27 MPa
Coefficiente de variación	0,36
Coefficiente de asimetría	0,53
Coefficiente de apuntamiento	-0,19
Q0	26,34 MPa
Q1	48,00 MPa
Q2	65,00 MPa
Q3	81,27 MPa
Q4	131,58MPa
N	145

5.6.7.2. Diagramas de Caja

Al hacer el diagrama de caja de la población $N= 145$ de la Región Andina no aparecen datos atípicos, como se puede apreciar en la Figura 5.77. Se puede apreciar que la mediana es cercana a la media aritmética y la longitud de los datos entre $Q0$ y $Q4$ presentan diferencias.

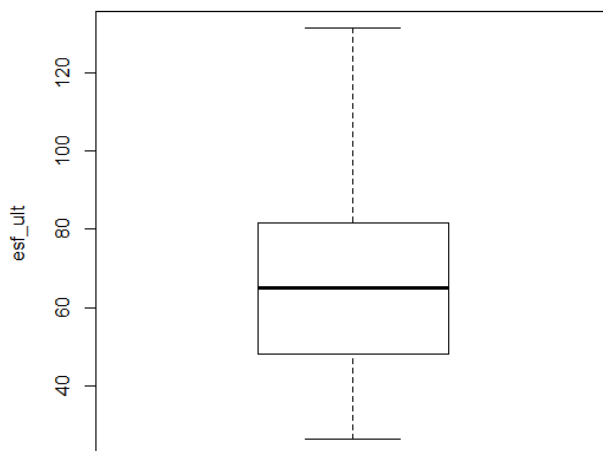


Fig. 5.78. Box-whisker Región Andina - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Al analizar el diagrama de caja por Departamentos se evidencia que no existen datos fuera de rango. En la Figura 5.78 se puede destacar el número de datos entre el cuartil Q0 y Q1 del Departamento de Cauca, lo que evidencia una asimetría negativa en la curva de densidad y una dispersión mayor de la población. El Departamento de Tolima, en cambio, presenta una asimetría positiva.

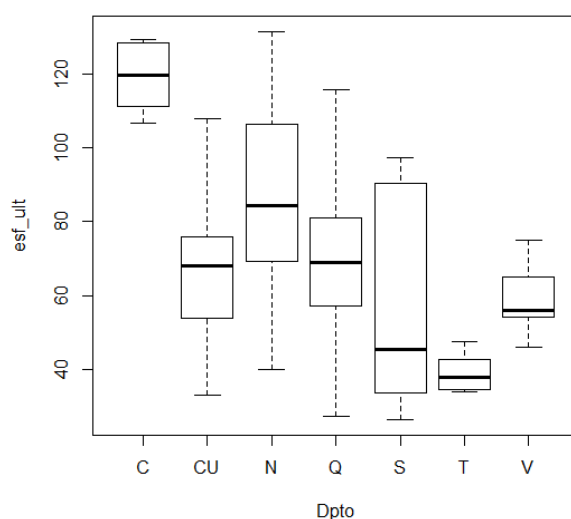


Fig. 5.79. Box-whisker por Departamento - Esfuerzo último de flexión (MPa)

Tanto los diagramas de caja de la Región Andina como por Departamentos no presentaron datos atípicos. Por tanto, la muestra se considera ajustada.

5.6.7.3. Test de Kolmogorov-Smirnov

Al aplicar esta prueba, se obtuvo:

Test de normalidad
 Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
 data: esf_ult
 D = 0.067862, p-value = 0.09902

Donde, se puede observar que p-value = 0.09902 mayor que p-value = 0.05 existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula lo que conlleva que los datos se distribuyen normalmente.

5.6.7.4. Gráfico de diagnóstico de los residuales

Los gráficos presentados en la Figura 5.79 permiten inferir en que:

1. Los datos presentan un modelo lineal entre ellos para el esfuerzo último de flexión.
2. Los residuos se distribuyen normalmente y por igual a lo largo del rango de los datos. Adicionalmente, los datos inferen aún de la existencia de datos atípicos en menor número que conllevan a que se pueda presentar una regresión lineal.
3. Los residuales de esta nueva muestra presentan un mejor comportamiento dado que existe evidencia estadística que presentan una mejor distribución normal.

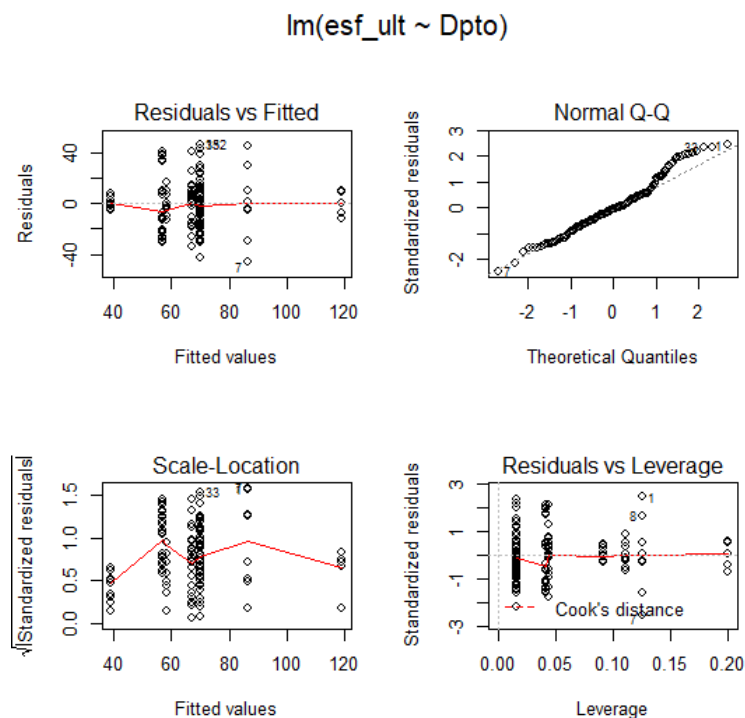


Fig. 5.80. Diagnóstico - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Los residuales de esta última muestra presentan una dispersión controlada, pero sin alterar el comportamiento que tiende a una distribución normal.

5.6.7.5. Intervalos de LSD (Least Significant Difference) entre las medias, por departamento.

Como en los análisis anteriores, de la Figura 5.80 se puede observar que no existe distinción alguna en el comportamiento de los intervalos de las medias de cada uno de los departamentos.

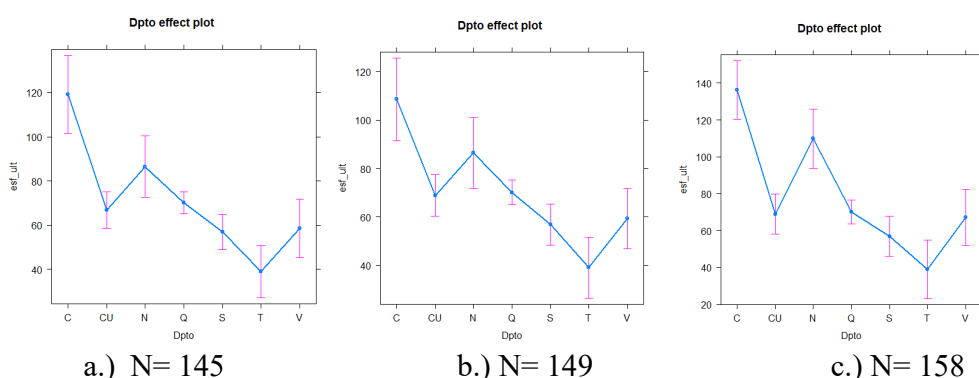


Fig. 5.81. Intervalos LSD - Esfuerzo último de flexión (MPa).

En la Figura 5.80. se puede apreciar tres tipos de solapamiento, que se pueden agrupar en tres categorías:

- Categoría 1 Departamentos de Cauca
- Categoría 2 Departamentos de Cundinamarca, Quindío, Tolima y Valle
- Categoría 3 Departamentos de Tolima, Valle y Santander

Las tres categorías presentan diferencias importantes en las medias del ensayo a flexión.

5.6.8. Análisis comparativo

Tras realizar al análisis estadístico a cada una de las muestras estudiadas, se determina cuál de las tres muestras anteriores es la más estadísticamente significativa para la presente investigación. Los resultados de los diferentes parámetros estadísticos se presentan en la Tabla 5.31, mientras que la elección de la mejor población se realiza en el siguiente subapartado.

Tabla 5.26. Análisis comparativo - Esfuerzo último de flexión (MPa).

Estadísticos	N=158	N=149	N=145
Media	72,93	67,16	66,96
Desviación estándar	34,51	24,48	24,08
Error típico de la media	2,75	2,01	2,00
IQR	40,71	33,53	33,27
Coefficiente de variación	0,47	0,36	0,36
Coefficiente de asimetría	1,72	0,51	0,53
Coefficiente de apuntamiento	4,83	-0,28	-0,19
Q0	26,34	26,34	26,34
Q1	49,10	48,00	48,00
Q2	66,88	65,00	65,00
Q3	89,81	81,53	81,27
Q4	233,67	131,58	131,58
N	158	149	145

5.6.9. Prueba t-student

Por tanto, se aplica la prueba de t-student para N=149 y la media aritmética de N=158 que tiene un valor de $\bar{X}=72.93$ MPa:

```

data: esf_ult
t = -2.8785,          df = 148,          p-value = 0.004592
alternative hypothesis: true mean is not equal to 72.93
95 percent confidence interval:          63.19 MPa    71.12 MPa
sample estimates: mean of x              67.16 MPa
    
```

Al analizar los parámetros de posición central entre las muestras aleatorias de N=149 y N=145 los valores obtenidos presentan valores similares, en la que, la muestra con N= 149 es significativa a pesar que presente datos atípicos en las muestras de cada departamento que no representan cambios importantes en el comportamiento de los ensayos válidos que se realizaron, infiriendo que el **rango de esfuerzo último medio de flexión está entre: 71,12 MPa y 67,16 MPa** con un intervalo de confianza del 95%.

5.7. Resumen y conclusiones del Capítulo 5

En este capítulo, y en base a los resultados de los ensayos realizados, se han obtenido unos valores medios de la resistencia última a tracción, compresión y corte paralelos a las fibras, de la resistencia a flexión, y de la resistencia a compresión perpendicular a las fibras, con un nivel de confianza del 95% y su correspondiente desviación típica.

Los resultados han sido los siguientes:

- Tracción paralela a las fibras:
Media: [58,78 MPa - 62,20 MPa]
Desviación estándar: 19,43 MPa
- Compresión paralela a las fibras:
Media: [32,73 MPa - 34,16 MPa]
Desviación estándar: 9,15 MPa
- Corte paralelo a las fibras:
Media: [5,72 MPa - 6,00 MPa]
Desviación estándar: 1,89 MPa
- Compresión perpendicular a las fibras:
Media: [6,50 MPa - 6,93 MPa]
Desviación estándar: 2,71 MPa
- Flexión:
Media: [67,16 MPa - 71,12 MPa]
Desviación estándar: 24,48 MPa

A falta de valores específicos basados en ensayos destructivos realizados en una zona concreta de extracción, estos valores pueden aplicarse con seguridad para el diseño de estructuras de guadua, con las correspondientes correcciones, tal y como indica el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente, NSR-10, en su capítulo G-12, Estructuras de Guadua.

CAPÍTULO 6. MODELOS LINEALES MÚLTIPLES DE PREDICCIÓN VALIDADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ÚLTIMOS A PARTIR DE VARIABLES FÍSICAS Y CLIMÁTICAS

6.1. Introducción

En este capítulo se presentan los modelos de predicción desarrollados para estimar la resistencia máxima a tracción paralela a las fibras, compresión paralela y perpendicular las fibras, corte paralelo a las fibras y flexión, empleando predictores o variables que son fácilmente medibles en el lugar de crecimiento de la guadua, como son:

- Temperatura promedio del lugar de crecimiento.
- Precipitación promedio anual del lugar de crecimiento.
- Diámetro exterior de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Espesor de pared de *Guadua angustifolia* Kunth.

La particularidad de estos modelos de predicción se basa en que son capaces de estimar la resistencia máxima de cada solicitud sin necesidad de realizar pruebas mecánicas, y tan solo empleando los predictores anteriormente citados. Esta es la principal diferencia con el análisis estadístico realizado en el anterior capítulo, donde se han caracterizado y determinado exhaustivamente los valores muestrales de cada población con relación a cada solicitud de esfuerzo. Así, mientras que el Capítulo 5 ha permitido definir con exactitud los valores de referencia y los intervalos de variación de los resultados obtenidos en la amplia campaña experimental llevada a cabo, este Capítulo 6 permite la estimación de las características mecánicas con el simple conocimiento del valor de las 4 variables anteriormente comentadas, y con ayuda de los modelos múltiples lineales desarrollados.

6.2. Objetivos

El objetivo principal de este capítulo consiste en hallar y desarrollar modelos matemáticos para predecir el esfuerzo último a compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras, flexión, corte paralelo a las fibras y tracción paralelo a las fibras de la *Guadua angustifolia* Kunth de la Región Andina de Colombia, en el lugar de crecimiento y antes de la extracción, sin necesidad de realizar pruebas mecánicas.

Este objetivo principal presenta, además, una serie de objetivos específicos:

- Realizar un análisis de correlaciones con las variables o predictores seleccionados por su fácil medición en el sitio de crecimiento (temperatura, pluviosidad media anual, altitud, diámetro exterior de la guadua y espesor de la pared de la guadua).
- En el caso de tener variables fuertemente correlacionadas, tomar decisiones acerca de cuáles deben retirarse de los modelos lineales múltiples.
- Construir modelos lineales múltiples con las variables seleccionadas, teniendo en cuenta, no solo la contribución de cada variable independientemente dentro del modelo, sino también todas las posibles interacciones entre las mismas.
- Realizar un análisis de varianza o ANOVA para cada modelo lineal múltiple, estableciendo la significancia de cada variable o predictor dentro del modelo, retirando del modelo variables con poca significancia que no aportan un mayor coeficiente de correlación del modelo, simplificando de este modo las ecuaciones predictoras.
- Validar el modelo de la regresión lineal múltiple mediante un gráfico cuantil- cuantil (Q-Q Plot), que permite verificar que exista una relación lineal entre el conjunto de datos y una distribución ideal.
- Verificar que los residuos o errores resultantes del modelo lineal se distribuyan aleatoriamente en torno a cero y con una variabilidad constante.

6.3. Metodología

Para el desarrollo y calibración de estos modelos predictores se han utilizado 2158 datos obtenidos de los ensayos realizados y extraídos de los 2651 valores de la Tabla 5.1. La reducción de 493 datos se debe a que no se dispone de la información del lugar de extracción de los culmos. La alta variabilidad y dispersión de los resultados obtenidos de la guadua sea debido posiblemente, a las diferentes condiciones del lugar crecimiento, como la calidad del suelo, no tenida en cuenta en el modelo propuesto, y que debería ser objeto de otra investigación posterior. La utilización de todos los datos, sin descartar datos atípicos, es una consideración que fue analizada debido a la elevada dispersión, con el fin de simular mejor los resultados a las condiciones naturales.

A partir de aquí se desarrollan modelos lineales múltiples para predecir la resistencia última para cada solicitud (tracción, compresión, corte, flexión), tomando como variables aquellas relacionadas con las variables climáticas y físicas, y llevando a cabo un análisis de variables para, finalmente, comprobar la correlación entre las mismas. Las variables fuertemente relacionadas son depuradas de los modelos, y un análisis de varianza (ANOVA) permitió, además, determinar la importancia o significancia de las variables (predictores) en cada modelo lineal para predecir los esfuerzos últimos.

Para generar modelos lineales en los que la variable de respuesta se pueda determinar a partir de un conjunto de variables independientes, se lleva a cabo una regresión lineal múltiple. Los modelos de regresión lineal múltiple se utilizan tanto para predecir el valor de la variable dependiente, como para evaluar la influencia que tienen las diferentes variables independientes sobre ella.

Los modelos lineales múltiples se constituyen bajo la siguiente ecuación:

$$\sigma_i = (a_0 + a_1P_n + a_2P_{n+1} + a_3P_{n+2} + \dots + a_3P_{n+i}) + e_i$$

En donde:

- σ_i = Variable dependiente o de respuesta.
- a_0 = Valor de la intersección de la variable σ_i en la ordenada cuando todos los predictores se vuelven cero.
- P_n = Variables predictoras.
- a_1 = Coeficiente que representa el efecto que tiene el incremento de una unidad de la variable P_n sobre la variable de respuesta σ_i , cuando se mantienen constantes el resto de las variables predictoras.
- e_i = Representa los residuos, los cuales son la diferencia entre el valor estimado por el modelo y el valor determinado en la observación.

Se debe garantizar que los predictores sean independientes y que no exista colinealidad entre los mismos. La colinealidad ocurre cuando un predictor tiene una relación de linealidad con otros predictores del modelo. La colinealidad produce que no se pueda encontrar de forma precisa el efecto que tienen las variables en el valor predicho, aumentando la varianza de los coeficientes en la regresión. Esta sería la razón por la que no se podría encontrar la significancia estadística de los predictores.

Para establecer la significancia de las variables predictoras dentro de los modelos lineales se utiliza un análisis de la varianza o ANOVA, identificando los coeficientes de participación de cada variable predictora dentro del modelo lineal. La varianza de los datos analizados puede establecer la significancia de cada variable predictora dentro del modelo, hallando el coeficiente de correlación con el cual se logra determinar qué tan preciso es el ajuste que ofrece el modelo sobre la nube de puntos (los datos reales de los ensayos en este caso) que se utilizó para su construcción.

En el análisis, además, se realiza un análisis de los residuos del modelo verificando que exista una distribución normal de los residuos y que estos se ubiquen de forma aleatoria en torno a cero, manteniendo en lo posible una variabilidad constante, garantizando la homocedasticidad del modelo.

Todos estos pasos se detallan a continuación, con el análisis de la correlación entre las variables predictoras, el diseño de los modelos, el análisis de la varianza (ANOVA) y la validación de las regresiones lineales múltiples generadas.

6.4. Análisis y validación de modelos

6.4.1. Análisis de correlación entre variables predictoras

Dentro de los datos disponibles de la Región Andina se dispone de los valores de las variables predictoras de cada ensayo, así como de los resultados de los diferentes ensayos mecánicos llevados a cabo. Con estos datos se calcularon las matrices de cada sollicitación (tracción, compresión, corte, flexión) para determinar la correlación que existe entre sus posibles variables predictoras. En las matrices se relaciona, para cada sollicitación, la temperatura (°C), la pluviosidad

media anual (mm), la altitud (msnm), el diámetro exterior de la guadua D (mm) y el espesor de la pared de la guadua t (mm).

Los resultados evidencian una fuerte colinealidad (correlación aproximadamente de -0.98 para cualquier resistencia evaluada) entre los predictores de altitud (msnm) y temperatura (°C). El clima se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos, de acuerdo a la OMM (Organización Meteorológica Mundial). La clasificación de KÖEPPEN, se basa en las medias mensuales y anuales de temperatura y precipitación, escogidas por su función de valores críticos para la vegetación, determinando 12 tipos climáticos [140]. La clasificación de CALDAS-LANG, se basa en los valores de temperatura con respecto a su variación altitudinal y la relación entre la precipitación y la temperatura. Por estas consideraciones razón se toma la decisión de no tener en cuenta la altitud dentro de los modelos lineales y trabajar con la temperatura ya que ambas son explicativas del mismo fenómeno y son fuertemente dependientes entre sí para cualquier solicitación. Cuando las variables son dependientes entre sí, se puede prescindir de una de ellas sin perder información, simplificando así el modelo y obteniendo un mejor ajuste.

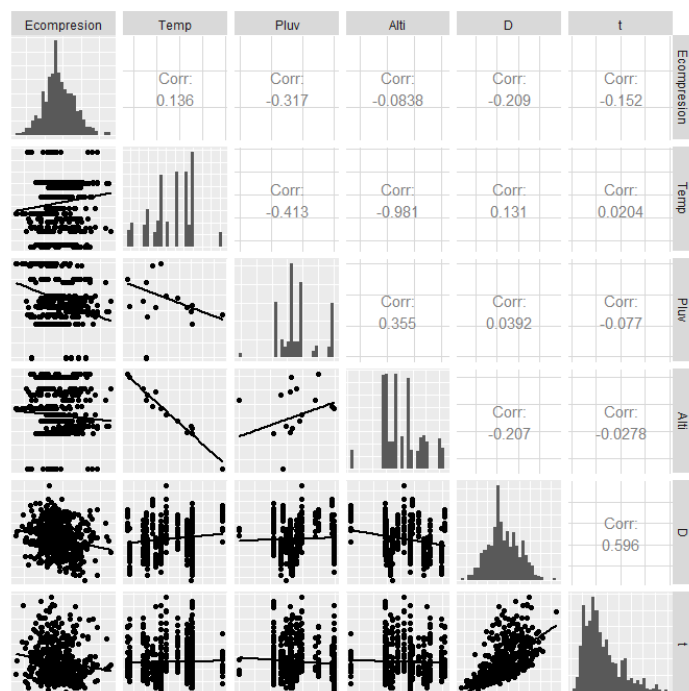


Fig. 6.1. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Compresión paralela a las fibras.

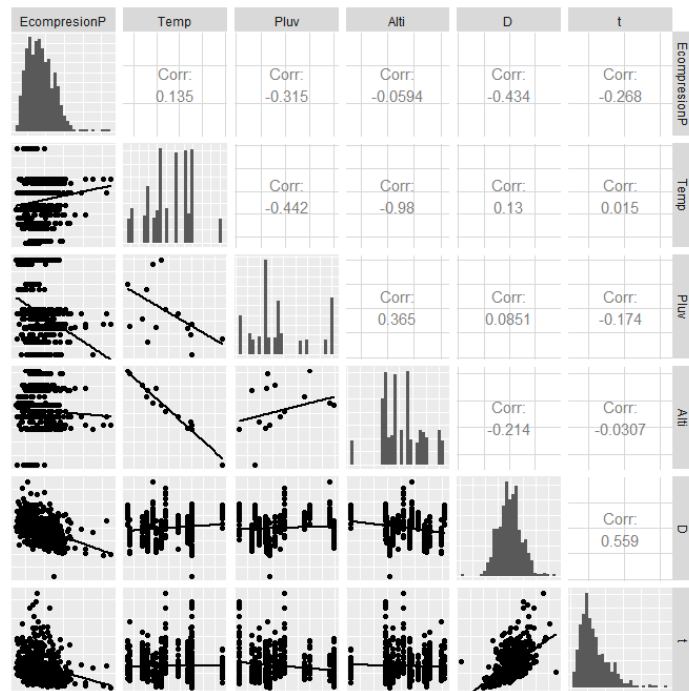


Fig. 6.2. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Compresión perpendicular a las fibras.

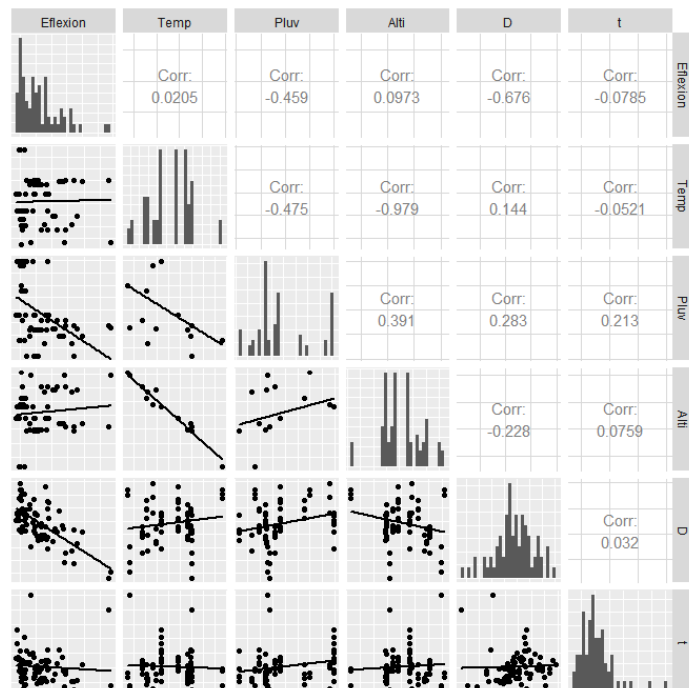


Fig. 6.3. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Flexión.

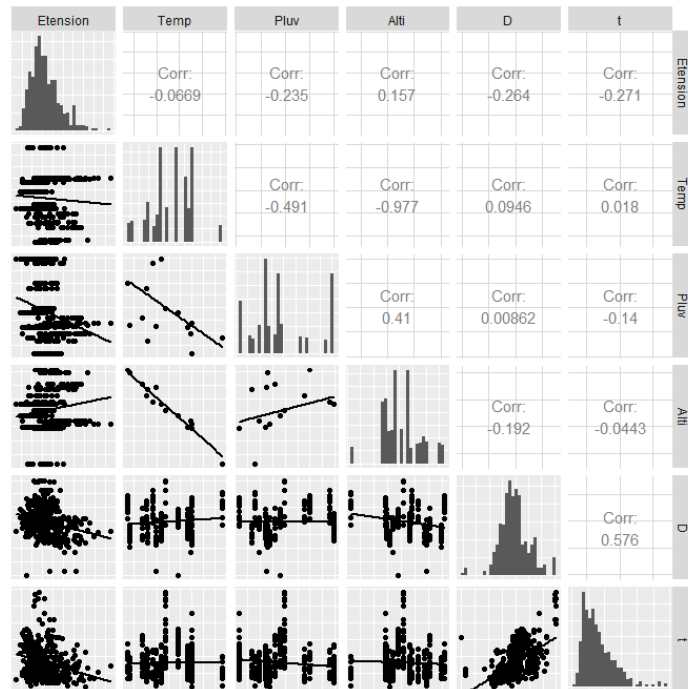


Fig. 6.4. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Tracción paralela a las fibras.

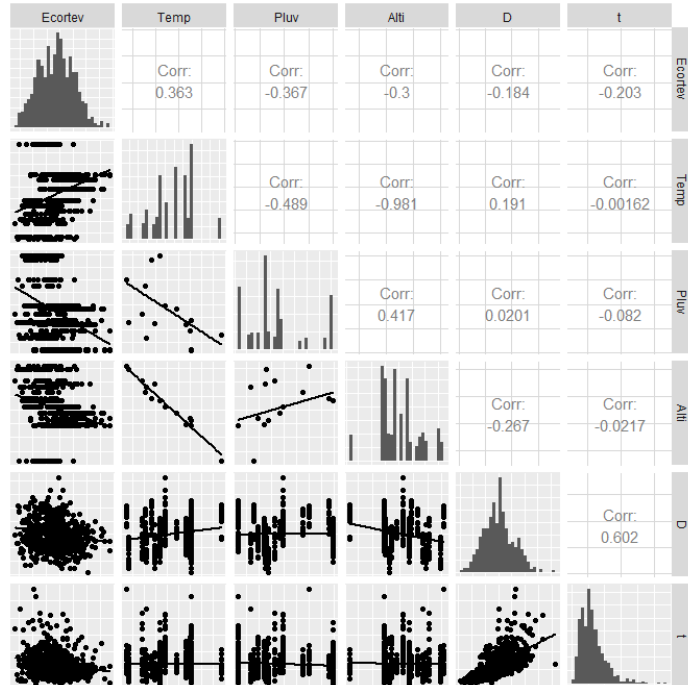


Fig. 6.5. Matriz de correlación entre predictores para la determinación del esfuerzo último: Corte paralela a las fibras.

6.4.2. Diseño de los modelos lineales múltiples para cada sollicitación

Para el diseño de los modelos se ha empleado el software estadístico R versión 3.5.3 (2019), que tiene un entorno de software libre para gráficos y computación estadística y R – Commander, versión 2.5-2 (2019). Con la función “lineal model” (lm) se introdujo el modelo lineal, donde se relacionan las variables y todas sus posibles interacciones (hasta la de grado 4 disponible), con las cuales se establecerá la significancia de cada una. A continuación, se presentan los modelos lineales supuestos inicialmente para cada sollicitación, con todas las interacciones y variables, y la introducción de cada modelo en el software estadístico.

- **Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras (MPa).**

VARIABLE DEPENDIENTE:

Ecompresion = Esfuerzo último a compresión paralela a las fibras (MPa), variable de respuesta.

VARIABLES INDEPENDIENTES O PREDICTORES:

Temp = Temperatura media de la zona de crecimiento (°C).
Pluv = Pluviosidad media en la zona de crecimiento (mm).
D = Diámetro externo promedio de la guadua (mm).
t = Espesor de la pared de la guadua (mm)

MODELO LINEAL MÚLTIPLE INICIAL:

$$Ecompresion = [a_1 \cdot Temp + a_2 \cdot Pluv + a_3 \cdot D + a_4 \cdot t + a_5 \cdot Temp \cdot Pluv + a_6 \cdot Temp \cdot D + a_7 \cdot Pluv \cdot D + a_8 \cdot Temp \cdot t + a_9 \cdot Pluv \cdot t + a_{10} \cdot D \cdot t + a_{11} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D + a_{12} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot t + a_{13} \cdot Temp \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Pluv \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D \cdot t] + e_i$$

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SOFTWARE R:

```
lm(formula = Ecompresion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv +  
Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +  
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

- **Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).**

VARIABLE DEPENDIENTE:

EcompresiónP = Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa), variable de respuesta.

VARIABLES INDEPENDIENTES O PREDICTORES:

Temp = Temperatura media de la zona de crecimiento (°C).
Pluv = Pluviosidad media en la zona de crecimiento (mm).
D = Diámetro externo promedio de la guadua (mm).
t = Espesor de la pared de la guadua (mm).

MODELO LINEAL MÚLTIPLE INICIAL:

$$\begin{aligned} E_{compresionP} = & [a_1 \cdot Temp + a_2 \cdot Pluv + a_3 \cdot D + a_4 \cdot t + a_5 \cdot Temp \cdot Pluv + a_6 \cdot Temp \cdot D \\ & + a_7 \cdot Pluv \cdot D + a_8 \cdot Temp \cdot t + a_9 \cdot Pluv \cdot t + a_{10} \cdot D \cdot t + a_{11} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D \\ & + a_{12} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot t + a_{13} \cdot Temp \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Pluv \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Temp \cdot Pluv \\ & \cdot D \cdot t] + e_i \end{aligned}$$

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SOFTWARE R:

```
lm(formula = EcompresionP ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv +  
Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +  
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

- **Esfuerzo último a flexión (MPa).**

VARIABLE DEPENDIENTE:

Eflexion = Esfuerzo ultimo a flexión (MPa), variable de respuesta.

VARIABLES INDEPENDIENTES O PREDICTORES:

Temp = Temperatura media de la zona de crecimiento (°C).

Pluv = Pluviosidad media en la zona de crecimiento (mm).

D = Diámetro externo promedio de la guadua (mm).

t = Espesor de la pared de la guadua (mm).

MODELO LINEAL MÚLTIPLE INICIAL:

$$\begin{aligned} E_{flexion} = & [a_1 \cdot Temp + a_2 \cdot Pluv + a_3 \cdot D + a_4 \cdot t + a_5 \cdot Temp \cdot Pluv + a_6 \cdot Temp \cdot D + a_7 \\ & \cdot Pluv \cdot D + a_8 \cdot Temp \cdot t + a_9 \cdot Pluv \cdot t + a_{10} \cdot D \cdot t + a_{11} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D \\ & + a_{12} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot t + a_{13} \cdot Temp \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Pluv \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Temp \cdot Pluv \\ & \cdot D \cdot t] + e_i \end{aligned}$$

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SOFTWARE R:

```
lm(formula = Eflexion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv +  
Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +  
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

- **Esfuerzo último a tracción paralela a las fibras (MPa).**

VARIABLE DEPENDIENTE:

Etension = Esfuerzo último a tracción paralela a las fibras (MPa), variable de respuesta.

VARIABLES INDEPENDIENTES O PREDICTORES:

Temp = Temperatura media de la zona de crecimiento (°C).

Pluv = Pluviosidad media en la zona de crecimiento (mm).

D = Diámetro externo promedio de la guadua (mm).

t = Espesor de la pared de la guadua (mm)

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SUPUESTO:

$$\begin{aligned} E_{tension} = & [a_1 \cdot Temp + a_2 \cdot Pluv + a_3 \cdot D + a_4 \cdot t + a_5 \cdot Temp \cdot Pluv + a_6 \cdot Temp \cdot D + a_7 \\ & \cdot Pluv \cdot D + a_8 \cdot Temp \cdot t + a_9 \cdot Pluv \cdot t + a_{10} \cdot D \cdot t + a_{11} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D \\ & + a_{12} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot t + a_{13} \cdot Temp \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Pluv \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Temp \cdot Pluv \\ & \cdot D \cdot t] + e_i \end{aligned}$$

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SOFTWARE R:

```
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv +  
Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +  
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

- **Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).**

VARIABLE DEPENDIENTE:

Ecortev = Esfuerzo último a corte paralelo a las fibras (MPa), variable de respuesta.

VARIABLES INDEPENDIENTES O PREDICTORES:

Temp = Temperatura media de la zona de crecimiento (°C).

Pluv = Pluviosidad media en la zona de crecimiento (mm).

D = Diámetro externo promedio de la guadua (mm).

t = Espesor de la pared de la guadua (mm).

MODELO LINEAL MÚLTIPLE INICIAL:

$$Ecortev = [a_1 \cdot Temp + a_2 \cdot Pluv + a_3 \cdot D + a_4 \cdot t + a_5 \cdot Temp \cdot Pluv + a_6 \cdot Temp \cdot D + a_7 \cdot Pluv \cdot D + a_8 \cdot Temp \cdot t + a_9 \cdot Pluv \cdot t + a_{10} \cdot D \cdot t + a_{11} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D + a_{12} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot t + a_{13} \cdot Temp \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Pluv \cdot D \cdot t + a_{14} \cdot Temp \cdot Pluv \cdot D \cdot t] + e_i$$

MODELO LINEAL MÚLTIPLE SOFTWARE R:

```
lm(formula = Ecortev ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:D +  
Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +  
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

6.4.3. Análisis de varianza – ANOVA

Para realizar el análisis de la varianza se emplea el análisis de la avrianza unifactorial, ANOVA (analysis of variance), con el que se logra determinar la variabilidad de los predictores que se utilizaron en cada modelo, así como su significancia.

Teniendo en cuenta el valor de $Pr(>|t|)$ con el que el software calcula los códigos de significancia, se da significancia mayor a valores de $Pr(>|t|)$ cercanos a 0, ya que variaciones en estos predictores tienen una alta influencia en la variación del valor de la variable a predecir; y se asignan códigos de significancia menores a medida que el valor de $Pr(>|t|)$ tiende a 1, teniendo en cuenta que cuando este valor se acerca a 1, los cambios en la variable predictorora resultan en variaciones insignificantes en la variable dependiente.

Una a una se van retirando las variables predictororas con mayores valores de $Pr(>|t|)$ hasta que todas las variables del modelo tengan significancia considerable cuyo valor sea menor a 0,09 y no se haya provocado una disminución significativa del coeficiente de correlación. Así mismo, se va

verificando paso a paso el valor de correlación R^2 , que es un indicador de la bondad del ajuste del modelo a los datos reales de la campaña experimental.

De forma resumida, a continuación, se muestra el primer y último paso de ajuste del modelo lineal para el que se han ido eliminando las variables y/o interacciones con menor significancia. El procedimiento completo realizado para la selección de los predictores de cada modelo se puede ver en el Apéndice 5 del presente documento. Cabe resaltar que, aunque se haya mantenido constante el coeficiente de correlación, se ha continuado retirando predictores con valores altos de $\Pr(>|t|)$ para simplificar las ecuaciones finales de los modelos lineales múltiples:

ANOVA. Esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.

Desde la primera a la última iteración realiza (véase Figura 6.6), se ha logrado obtener un modelo lineal con códigos de significancia importantes para predecir el esfuerzo último de compresión paralela a la fibra. Además, se tiene un alto coeficiente de correlación ($R^2 = 0.94$) que indica que los resultados están bien explicados por el modelo, con errores reducidos.

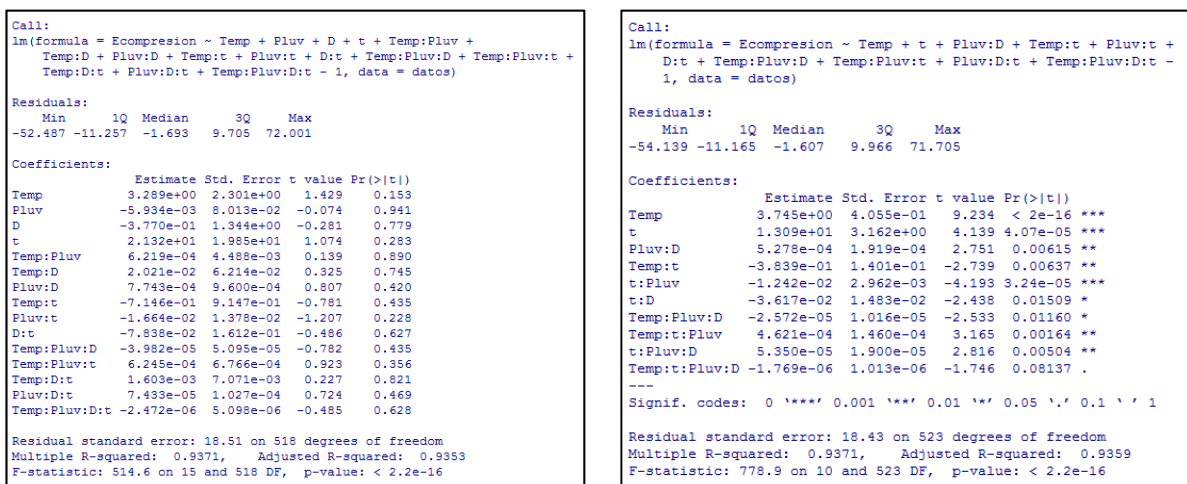


Fig. 6.6. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.

ANOVA. Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.

Tras varias iteraciones (véase primera y última en Figura 6.7), se encuentra un modelo con códigos de significancia importantes para predecir el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras. Además, en este modelo se tiene un alto coeficiente de correlación ($R^2 = 0.91$) que indica que los resultados están bien explicados por el modelo, con errores reducidos.

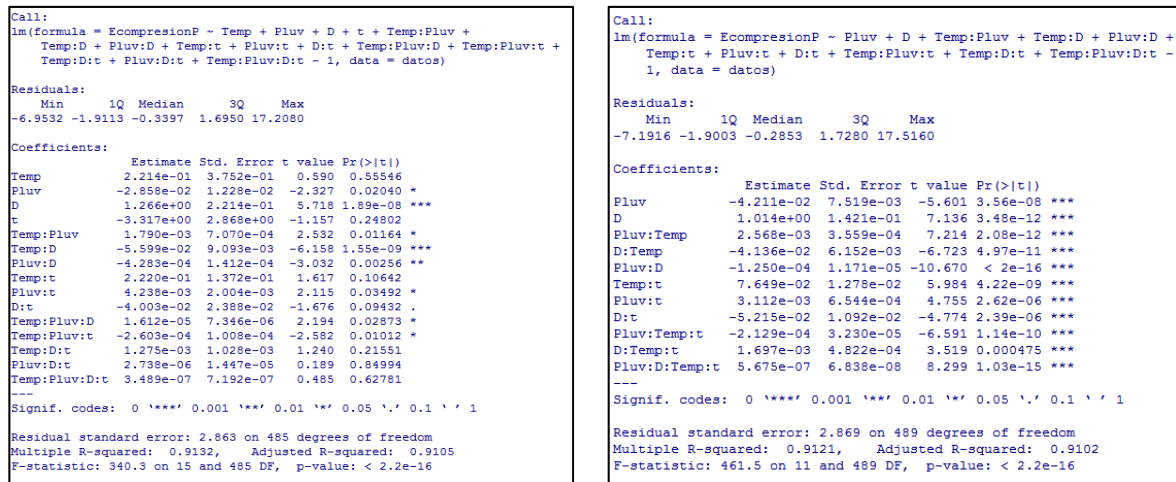


Fig. 6.7. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.

ANOVA. Esfuerzo último de flexión.

Desde la primera a la última iteración realiza (véase Figura 6.8), se ha logrado obtener un modelo lineal con códigos de significancia importantes para predecir el esfuerzo último de flexión. Además, se tiene un alto coeficiente de correlación ($R^2 = 0.92$) que indica que los resultados están bien explicados por el modelo, con errores reducidos.

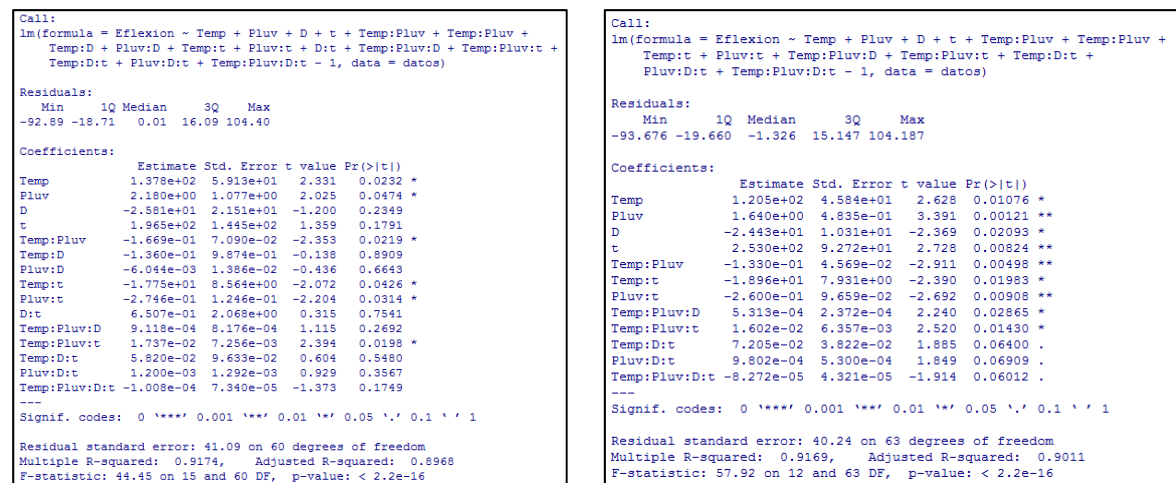


Fig. 6.8. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de flexión.

ANOVA. Esfuerzo último de tracción paralelo a las fibras.

Para predecir el esfuerzo último a tracción, el modelo lineal obtenido (véase última iteración en Figura 6.9) presenta códigos de significancia importantes y además cuenta con un coeficiente de

correlación alto ($R^2 = 0.89$), que indica que los resultados están bien explicados por el modelo, con errores reducidos.

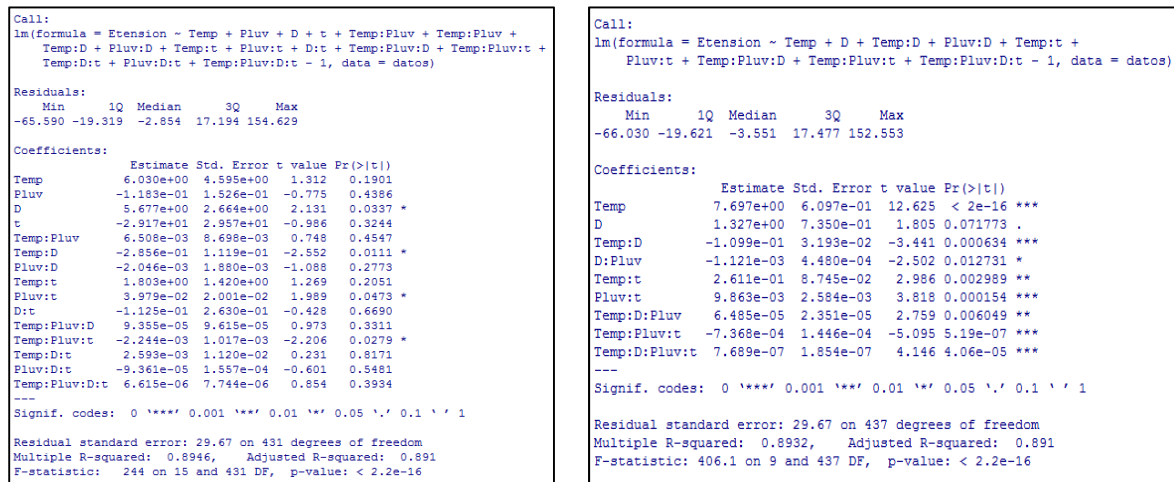


Fig. 6.9. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de tracción.

ANOVA. Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.

Tras varias iteraciones (véase primera y última en Figura 6.10), se encuentra un modelo con códigos de significancia importantes para predecir el esfuerzo último de corte. Además, en este modelo se tiene un alto coeficiente de correlación ($R^2 = 0.93$) que indica que los resultados están bien explicados por el modelo, con errores reducidos.

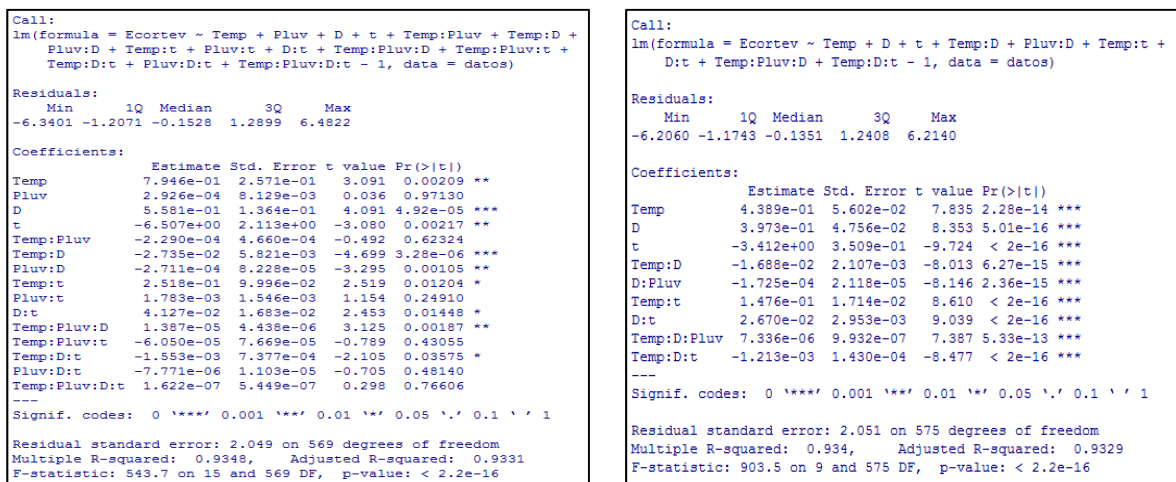


Fig. 6.10. Primera y última iteración del análisis de varianza para el modelo de esfuerzo último de corte.

6.4.4. Validación de las regresiones lineales múltiples.

Para validar los modelos de la regresión lineal múltiple se realizan gráficos cuantil- cuantil (Q-Q Plot), que permiten verificar que existe una relación lineal entre el conjunto de datos utilizados en la creación de los modelos, así como una distribución ideal. Así mismo, se realiza un análisis de residuos verificando que los errores resultantes del modelo lineal se distribuyan aleatoriamente en torno a cero y con una variabilidad constante en el eje X. Para cada solicitud, a continuación, se presentan los resultados.

- *Análisis de linealidad y residuos - Esfuerzo último a compresión paralela a la fibra.*

Según los resultados mostrados en la Figura 6.11, puede afirmarse que existe una relación lineal y que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, validándose así el modelo de predicción generado.

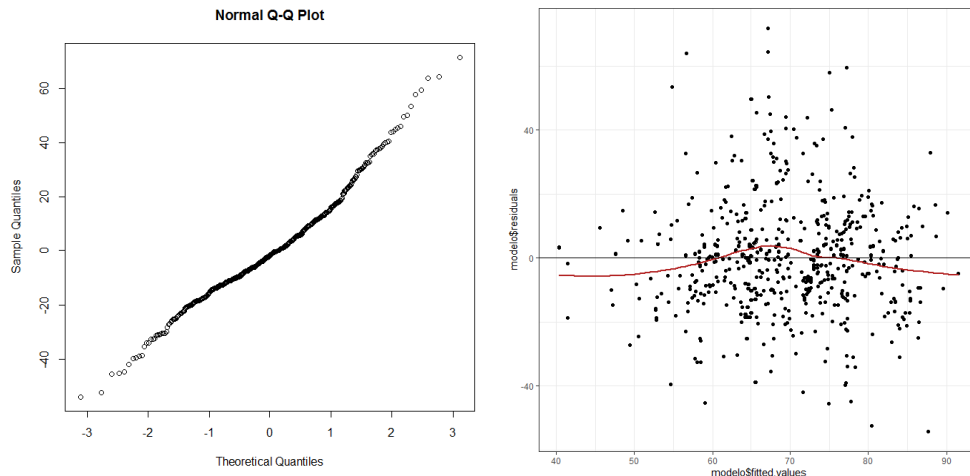


Fig. 6.11. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último a compresión paralela a las fibras.

- *Análisis de linealidad y residuos - Esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras*

Según los resultados mostrados en la Figura 6.12, puede afirmarse que existe una relación lineal y que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, validándose así el modelo de predicción generado.

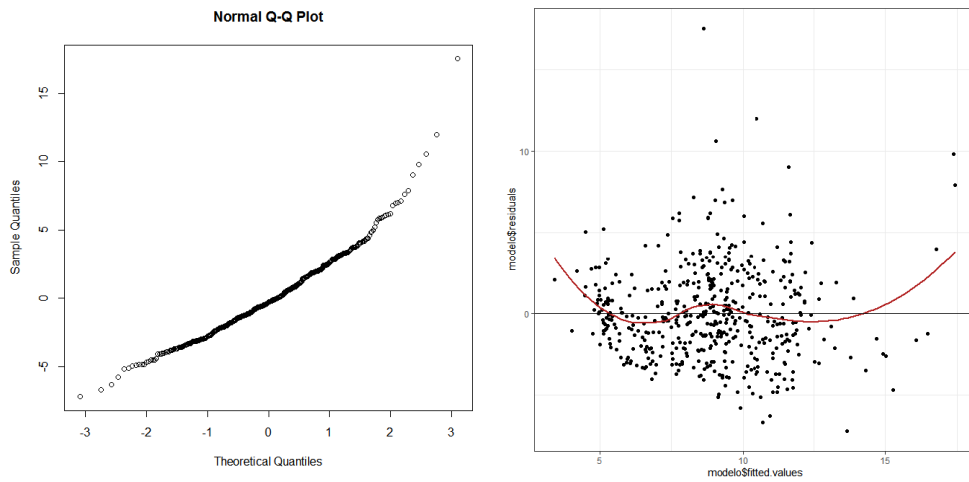


Fig. 6.12. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras.

- *Análisis de linealidad y residuos - Esfuerzo último de flexión.*

Según los resultados mostrados en la Figura 6.13, puede afirmarse que existe una relación lineal y que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, validándose así el modelo de predicción generado.

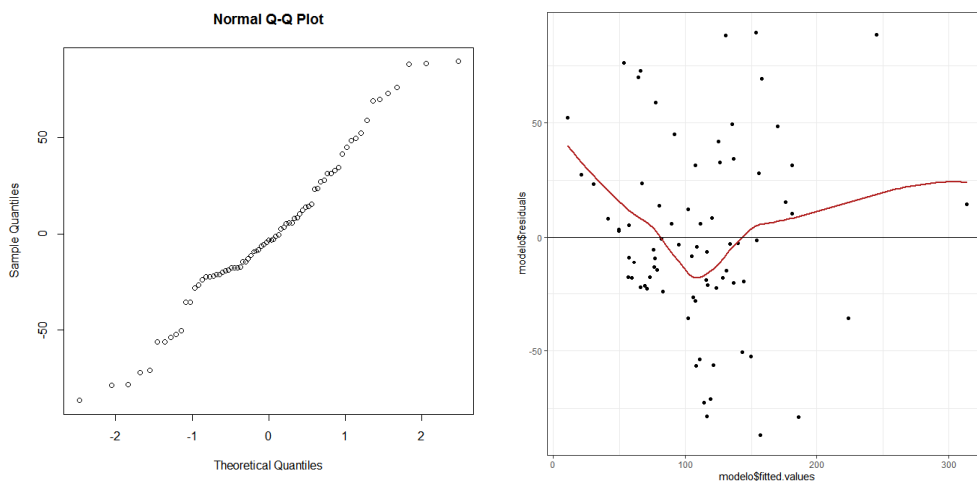


Fig. 6.13. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo ultimo a flexión.

- **Análisis de linealidad y residuos - Esfuerzo último de tracción paralela a las fibras**

Según los resultados mostrados en la Figura 6.14, puede afirmarse que existe una relación lineal y que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, validándose así el modelo de predicción generado.

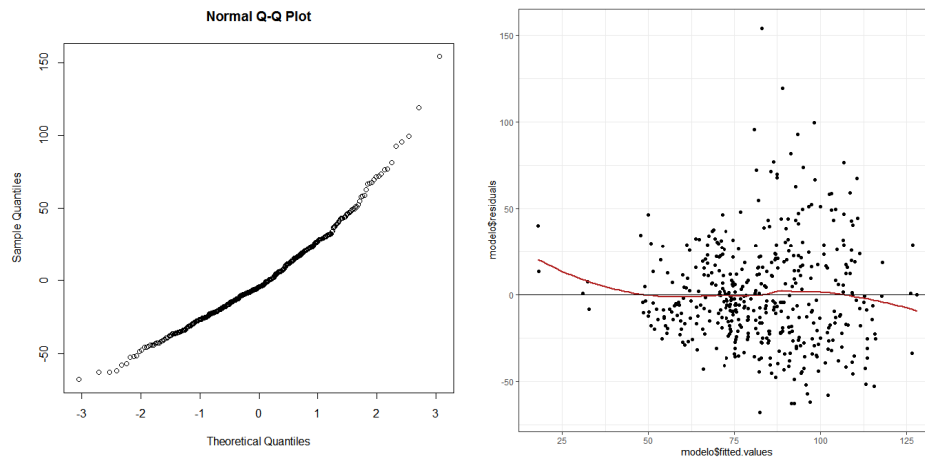


Fig. 6.14. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último de tracción paralela a las fibras.

- **Análisis de linealidad y residuos - Esfuerzo último de corte.**

Según los resultados mostrados en la Figura 6.15, puede afirmarse que existe una relación lineal y que los residuos se distribuyen aleatoriamente en torno a cero, validándose así el modelo de predicción generado.

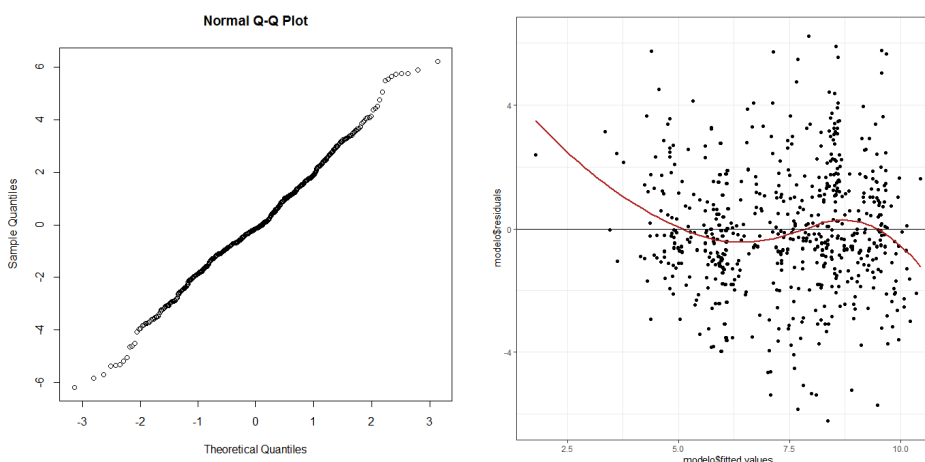


Fig. 6.15. Verificación de linealidad entre el modelo y conjunto de datos de laboratorio (izquierda) y distribución de residuos (derecha) para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.

6.5. Modelos lineales múltiples de predicción validados para cada sollicitación

Después de recolectar 2158 ensayos de laboratorio para determinar las características mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth* en la Región Andina de Colombia, en este capítulo ha sido posible desarrollar modelos lineales múltiples, validados con datos reales, para predecir la resistencia última ante diferentes sollicitaciones.

A continuación, de forma resumida, y recopilando todo aquello desarrollado en el presente capítulo, se presentan los diferentes modelos para cada sollicitación con su respectivo coeficiente de correlación. Como aspectos comunes de todos los modelos aparecen las diferentes variables o predictores, que son variables que se pueden medir fácilmente en el lugar de extracción de la *Guadua angustifolia Kunth*. Estas variables son:

- T = Temperatura media lugar de crecimiento(°C).
- P = Pluviosidad media anual (mm).
- D = Diámetro exterior de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).
- t = Espesor de la pared de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).
- e = Error o residuo del modelo.

Conociendo el valor de las diferentes variables, y con un nivel elevado de precisión, se puede conocer los esfuerzos últimos de este tipo de Guadua, para cada sollicitación, empleando los modelos lineales múltiples que se presentan en los siguientes subapartados. Cada una de estas predicciones presenta un error (e) que también aparece en los modelos como último elemento en la predicción de cada esfuerzo, y que se trata de un valor reducido y acotado debido al elevado nivel del coeficiente de correlación (R^2) obtenido en cada uno de los modelos desarrollados. El valor de e lo estima directamente el software con base a los datos de cada esfuerzo.

6.5.1. Modelo validado para el esfuerzo último de tracción paralela a las fibras.

σ_t = Predicción del Esfuerzo último a tracción paralela a las fibras (MPa).
 $R^2 = 0.89$.

$$\sigma_t = (7.697E+00 \cdot T) + (1.327E+00 \cdot D) + (-1.099E-01 \cdot T \cdot D) + (-1.121E-03 \cdot D \cdot P) + (2.611E-01 \cdot T \cdot t) + (9.863E-03 \cdot P \cdot t) + (6.485E-05 \cdot T \cdot D \cdot P) + (-7.368E-04 \cdot T \cdot P \cdot t) + (7.689E-07 \cdot T \cdot D \cdot P \cdot t) + e$$

6.5.2. Modelo validado para el esfuerzo último de compresión paralela a las fibras.

σ_c = Predicción del Esfuerzo último a compresión paralela a las fibras (MPa).
 $R^2 = 0.94$.

$$\sigma_c = (3.75E+00 \cdot T) + (1.31E+01 \cdot t) + (5.28E-04 \cdot P \cdot D) + (-3.84E-01 \cdot T \cdot t) + (-1.24E-02 \cdot t \cdot P) + (-3.62E-02 \cdot t \cdot D) + (-2.57E-05 \cdot T \cdot P \cdot D) + (4.62E-04 \cdot T \cdot t \cdot P) + (5.35E-05 \cdot t \cdot P \cdot D) + (-1.77E-06 \cdot T \cdot t \cdot P \cdot D) + e$$

6.5.3. Modelo validado para el esfuerzo último de corte paralelo a las fibras.

σ_v = Predicción del Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).
 $R^2 = 0.93$.

$$\sigma_v = (4,39E-01 \cdot T) + (3,97E-01 \cdot D) + (-3,41E+00 \cdot t) + (-1,69E-02 \cdot T \cdot D) + (-1,73E-04 \cdot D \cdot P) + (1,48E-01 T \cdot t) + (2,67E-02 \cdot D \cdot t) + (7,34E-06 \cdot T \cdot D \cdot P) + (-1,21E-03 \cdot T \cdot D \cdot t) + e$$

6.5.4. modelo validado para el esfuerzo último de compresión perpendicular a las fibras.

σ_{cp} = Predicción del Esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).
 $R^2 = 0.91$.

$$\sigma_{cp} = (-4.21E-02 \cdot P) + (1.01E+00 \cdot D) + (2.57E-03 \cdot P \cdot T) + (-4.14E-02 \cdot D \cdot T) + (-1.25E-04 \cdot D \cdot P) + (7.65E-02 \cdot T \cdot t) + (3.11E-03 \cdot P \cdot t) + (-5.22E-02 \cdot D \cdot t) + (-2.13E-04 \cdot P \cdot T \cdot t) + (1.70E-03 \cdot D \cdot T \cdot t) + (5.68E-07 \cdot P \cdot D \cdot T \cdot t) + e$$

6.5.5. Modelo validado para el esfuerzo último de flexión.

σ_f = Predicción del Esfuerzo último a flexión (MPa).
 $R^2 = 0.92$.

$$\sigma_f = (1.21E+02 \cdot T) + (1.64E+00 \cdot P) + (-2.44E+01 \cdot D) + (2.53E+02 \cdot t) + (-1.33E-01 \cdot T \cdot P) + (-1.90E+01 \cdot T \cdot t) + (-2.6E-01 \cdot P \cdot t) + (5.313E-04 \cdot T \cdot P \cdot D) + (1.60E-02 \cdot T \cdot P \cdot t) + (7.21E-02 \cdot T \cdot D \cdot t) + (9.80E-04 \cdot P \cdot D \cdot t) + (-8.27E-05 \cdot T \cdot P \cdot D \cdot t) + e$$

6.6. Resumen y conclusiones del Capítulo 6

En este capítulo se han desarrollado modelos lineales múltiples de predicción de las diferentes características mecánicas últimas en función de variables fácilmente medibles en el lugar de extracción. Como variables climáticas independientes se han utilizado las siguientes:

- T = Temperatura media lugar de crecimiento(°C).
- P = Pluviosidad media anual (mm).
- D = Diámetro exterior de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).
- t = Espesor de la pared de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).

Los modelos de predicción obtenidos, junto con los coeficientes de ajuste calculados, son los siguientes:

- σ_t = Predicción del esfuerzo último a tracción paralela a las fibras (MPa).
 - Coeficiente de ajuste $R^2 = 0.89$.
 - Modelo de predicción:

$$\sigma_t = (7.697E+00 \cdot T) + (1.327E+00 \cdot D) + (-1.099E-01 \cdot T \cdot D) + (-1.121E-03 \cdot D \cdot P) + (2.611E-01 \cdot T \cdot t) + (9.863E-03 \cdot P \cdot t) + (6.485E-05 \cdot T \cdot D \cdot P) + (-7.368E-04 \cdot T \cdot P \cdot t) + (7.689E-07 \cdot T \cdot D \cdot P \cdot t)$$

- σ_c = Predicción del esfuerzo último a compresión paralela a las fibras (MPa).
 - Coeficiente de ajuste $R^2 = 0.94$.
 - Modelo de predicción:

$$\sigma_c = (3.75E+00 \cdot T) + (1.31E+01 \cdot t) + (5.28E-04 \cdot P \cdot D) + (-3.84E-01 \cdot T \cdot t) + (-1.24E-02 \cdot t \cdot P) + (-3.62E-02 \cdot t \cdot D) + (-2.57E-05 \cdot T \cdot P \cdot D) + (4.62E-04 \cdot T \cdot t \cdot P) + (5.35E-05 \cdot t \cdot P \cdot D) + (-1.77E-06 \cdot T \cdot t \cdot P \cdot D)$$

- σ_v = Predicción del Esfuerzo último de corte paralelo a las fibras (MPa).
 - Coeficiente de ajuste $R^2 = 0.93$.
 - Modelo de predicción:

$$\sigma_v = (4.39E-01 \cdot T) + (3.97E-01 \cdot D) + (-3.41E+00 \cdot t) + (-1.69E-02 \cdot T \cdot D) + (-1.73E-04 \cdot D \cdot P) + (1.48E-01 \cdot T \cdot t) + (2.67E-02 \cdot D \cdot t) + (7.34E-06 \cdot T \cdot D \cdot P) + (-1.21E-03 \cdot T \cdot D \cdot t)$$

- σ_{cp} = Predicción del esfuerzo último a compresión perpendicular a las fibras (MPa).
 - Coeficiente de ajuste $R^2 = 0.91$.
 - Modelo de predicción:

$$\sigma_{cp} = (-4.21E-02 \cdot P) + (1.01E+00 \cdot D) + (2.57E-03 \cdot P \cdot T) + (-4.14E-02 \cdot D \cdot T) + (-1.25E-04 \cdot D \cdot P) + (7.65E-02 \cdot T \cdot t) + (3.11E-03 \cdot P \cdot t) + (-5.22E-02 \cdot D \cdot t) + (-2.13E-04 \cdot P \cdot T \cdot t) + (1.70E-03 \cdot D \cdot T \cdot t) + (5.68E-07 \cdot P \cdot D \cdot T \cdot t)$$

- σ_f = Predicción del Esfuerzo último a flexión (MPa).
 - Coeficiente de ajuste $R^2 = 0.92$.
 - Modelo de predicción:

$$\sigma_f = (1.21E+02 \cdot T) + (1.64E+00 \cdot P) + (-2.44E+01 \cdot D) + (2.53E+02 \cdot t) + (-1.33E-01 \cdot T \cdot P) + (-1.90E+01 \cdot T \cdot t) + (-2.6E-01 \cdot P \cdot t) + (5.313E-04 \cdot T \cdot P \cdot D) + (1.60E-02 \cdot T \cdot P \cdot t) + (7.21E-02 \cdot T \cdot D \cdot t) + (9.80E-04 \cdot P \cdot D \cdot t) + (-8.27E-05 \cdot T \cdot P \cdot D \cdot t)$$

De esta forma, podemos obtener de manera específica y para un lugar concreto, los valores de las características mecánicas de la guadua con anterioridad a su extracción, ligadas a las características propias de la zona, lo que nos permite realizar con precisión y seguridad el análisis estructural de la construcción que proyectada.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES, APORTACIÓN ORIGINAL Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

7.1. Resumen

Esta tesis doctoral ha tratado la caracterización mecánica de la *Guadua Angustifolia Kunt* como material utilizado para la construcción. Esta caracterización mecánica ha venido avalada por una extensa campaña experimental formada por 2917 ensayos, y un amplio análisis estadístico para determinar los valores de referencia más comunes de este material para diferentes parámetros mecánicos, como son: tracción paralela a las fibras, compresión paralela y perpendicular a las fibras, corte paralelo a las fibras y flexión. Todo este trabajo, además, ha servido de base para el desarrollo y ajuste de modelos de predicción de los parámetros mecánicos de la guadua en función de variables fáciles de medir y conseguir en los lugares de extracción del material. Estos modelos han permitido y permitirán predecir las propiedades mecánicas de la guadua sin la realización de ensayos mecánicos y con un grado elevado de precisión.

7.2. Conclusiones

El estado del arte elaborado ha permitido definir los aspectos biológicos que más influyen en las características mecánicas de la guadua. Este estudio, junto con el relativo a la región andina de Colombia, ha hecho posible definir las variables a tener en consideración de cara a definir relaciones entre las características mecánicas de la guadua y variables como el clima y características geométricas del culmo.

La Tesis Doctoral ha llevado a ensayar casi 3000 probetas de guadua, con diferentes configuraciones de ensayo y geometría. Las probetas se han extraído de diversos departamentos de la Región Andina, mientras que los ensayos han servido para caracterizar la resistencia a: 1) tracción paralela a las fibras; 2) compresión paralela a las fibras; 3) corte paralelo a las fibras; 4) compresión perpendicular a las fibras; y 5) flexión.

Con los valores obtenidos en la campaña experimental se procedió al análisis estadístico de los mismos, realizando, en primer lugar, un filtrado de los datos para eliminar todos aquellos estadísticamente atípicos dentro de la población de ensayos realizados. Una vez eliminados los datos atípicos, cada una de las propiedades mecánicas quedó caracterizada para varios parámetros estadísticos (v.g. media, desviación típica, cuartiles, etc.), pudiéndose emplear estos valores de referencia para el desarrollo o modificación de normativas o el empleo para otros fines, tanto constructivos como en la rama de la investigación. Con esta caracterización mecánica, acompañada del análisis estadístico, se puede enunciar que existe evidencia estadística para afirmar que la desviación estándar de los datos y los rangos de los **valores medios de la resistencia**

última de la *Guadua angustifolia Kunt*, en estado verde y saturada, con un intervalo de confianza del 95% para los diferentes esfuerzos, son los expresados en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Media y desviación estándar para cada tipo de sollicitación.

Esfuerzo mecánico	Media (MPa)	Desviación estándar (MPa)
Tracción paralela a las fibras	Media: [58,78 MPa - 62,20 MPa]	Desviación estándar: 19,43 MPa
Compresión paralela a las fibras	Media: [32,73 MPa - 34,16 MPa]	Desviación estándar: 9,15 MPa
Corte paralelo a las fibras	Media: [5,72 MPa - 6,00 MPa]	Desviación estándar: 1,89 MPa
Compresión perpendicular a las fibras	Media: [6,50 MPa - 6,93 MPa]	Desviación estándar: 2,71 MPa
Flexión	Media: [63,19 MPa - 71,12 MPa]	Desviación estándar: 24,48 MPa

Ambos valores, media y desviación estándar, son los determinados para la población completa, aunque también se encontraron diferencias significativas entre los diferentes departamentos analizados. Concretamente, el Departamento del Cauca dentro de la región andina, presenta un comportamiento diferente y muy significativo con relación a los demás Departamentos. En investigaciones futuras sería recomendable ampliar el campo de ensayos en este departamento, con el objetivo de obtener formulaciones estadísticas específicas.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 aporta una metodología para obtener los valores de los esfuerzos admisibles partiendo de resultados de ensayos. Es interesante aplicar esta metodología para conocer cuáles son los esfuerzos admisibles para cada propiedad mecánica consecuencia de la campaña de ensayos realizados.

La metodología del Reglamento Colombiano se basa en la obtención de estos esfuerzos admisibles a partir de los característicos, que vienen definidos por la expresión siguiente:

$$f_{ki} = f_{0,05i} \left\{ 1 + \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right\}$$

siendo:

f_{ki} es el valor del esfuerzo característico de la propiedad i.

$f_{0,05i}$ es el valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio de la propiedad i.

s es la desviación estándar de los datos de laboratorio.

m es el valor promedio de los datos de laboratorio.

n es el número de ensayos, siempre mayor de 20.

i es un subíndice que refiere a cada propiedad mecánica (compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras, tracción paralela a las fibras, cortante paralelo a las fibras, flexión).

Tras obtener el valor característico para cada propiedad, se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles con la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{FC}{F_s \times FDC} f_{ki}$$

siendo:

F_i el esfuerzo característico para la propiedad i .

F_s el factor de seguridad.

FDC el factor de duración de carga.

FC el factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura

Los valores de F_s , FDC y FC son aportados por el código en la tabla G.12.7-3, coincidente con la Tabla 7.2 siguiente.

Tabla 7.2. Factores de reducción.

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión \perp	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F_s	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Por otro lado, en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 al que nos estamos refiriendo, los valores de las propiedades mecánicas de la guadua se refieren siempre a un estado con una humedad relativa del 12%, aportando el propio reglamento unos coeficientes de conversión para diferentes humedades de la guadua, C_m , indicados en la Tabla 7.3, coincidente con la G.12.7-5 de reglamento. Los ensayos realizados se hicieron siempre con humedades superiores al 19%.

Tabla 7.3. Coeficiente de modificación por contenido de humedad (C_m).

Esfuerzos		CH \leq 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH = 18%	CH \geq 19%
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión paralela	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_y	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Modulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	E_{min}								

En la Tabla 7.4 se aplica este procedimiento a los valores obtenidos en el análisis estadístico de los datos de los ensayos de las diferentes propiedades mecánicas de la guadua.

Tabla 7.4. Coeficiente de modificación por contenido de humedad (C_m).

	Tracción paralela	Compresión paralela	Corte paralelo	Compresión perpendicular	Flexión
Intervalo de la resistencia última (MPa)	58,78-62,20	32,73-34,16	5,72-6,00	6,50-6,93	67,16-71,12
Desviación estándar (MPa)	19,43	9,15	1,89	2,71	24,48
Valor del percentil 5 (MPa)	28,53	18,39	2,75	2,26	28,65
Valor medio de los ensayos (MPa)	60,49	33,45	5,86	6,79	67,16
Número de ensayos	512	632	696	573	149
F_{ki} (MPa)	27,44	17,85	2,66	2,16	26,34
FC	0,5	1,0	0,6	1,0	1,0
Fs	2,0	1,5	1,8	1,8	2,0
FDC	1,5	1,2	1,1	1,2	1,5
F_i (MPa)	4,57	9,92	0,65	1,0	8,78
C_m	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7
F_i ajustada (MPa)	5,71	14,17	0,81	1,25	12,54

Para el caso de que no se realicen ensayos de resistencia y la guadua tenga unas características de calidad, geométricas y de conservación mínimas, definidas en el propio Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, éste ofrece unos valores de tensiones admisibles que pueden utilizarse a efectos de cálculo. En la Tabla 7.5 se comparan estos valores de referencia del código con los obtenidos en esta tesis doctoral, en MPa.

Tabla 7.5. Comparación entre valores de la NSR-10 y los obtenidos en esta tesis doctoral.

	Tracción paralela	Compresión paralela	Corte paralelo	Compresión perpendicular	Flexión
Valores del Código	18	14	1,20	1,40	15
Valores obtenidos	5,71	14,17	0,81	1,25	12,54

Puede observarse una importante diferencia en el valor de la tensión admisible a tracción paralela a las fibras, y también una diferencia significativa en la tensión admisible a cortante paralelo. En ambos casos, del lado de la inseguridad. Dado el alcance y la precisión de los ensayos realizados en esta tesis doctoral, parece adecuado recomendar una revisión del Reglamento NSR-10, bien en el procedimiento para obtener los valores admisibles partiendo de ensayos, o bien en los valores aportados para el cálculo en el caso de que no existan ensayos de laboratorio

Para poder conocer las características mecánicas de la guadua de una zona previamente a su extracción, se han desarrollado modelos de predicción de las mismas en función de variables fácilmente medibles en el lugar de extracción. Concretamente, se han obtenido diferentes modelos lineales múltiples de predicción para cada una de las características mecánicas de la guadua. Con estos modelos se obtuvo un elevado grado de ajuste entre las predicciones realizadas por los modelos y los valores reales ensayados en la campaña experimental, validando, consecuentemente, la metodología adoptada de modelos de regresión lineales múltiples, y requiriendo, solamente, el conocimiento del valor de las siguientes variables climáticas:

- T = Temperatura media lugar de crecimiento(°C).
- P = Pluviosidad media anual (mm).
- D = Diámetro exterior de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).
- t = Espesor de la pared de la *Guadua angustifolia Kunth* (mm).

Tal y como se expresa en el Apartado 6.6, los modelos de predicción obtenidos presentan un magnífico nivel de ajuste, de acuerdo con los altos coeficientes de ajuste calculados.

7.3. Aportación original y futuras líneas de investigación

La aportación original de la tesis es clara y profundiza más allá del estado actual del conocimiento de la *Guadua Angustifolia Kunt* perteneciente a la Región Andina de Colombia. La novedad y originalidad del estudio radica y rodea la amplia campaña experimental llevada a cabo. Esta campaña experimental ha permitido caracterizar estadísticamente las propiedades mecánicas de la guadua para diferentes parámetros como son el comportamiento a tracción, compresión, flexión y corte. Y no solo se ha permitido caracterizar en profundidad este material, sino que la amplia base de datos experimentales creada ha permitido ajustar modelos de predicción de los parámetros mecánicas que permitirán ser empleados en un futuro con niveles elevados de precisión. De estos modelos de predicción cabe destacar que suponen una herramienta altamente fiable para conocer las propiedades mecánicas de la guadua, a partir de determinadas variables climáticas que son

fácilmente conocibles para el lugar de extracción del material. Tanto a nivel normativo como a nivel de científicos, arquitectos, ingenieros y constructores, estos modelos de predicción permitirán verificar indirectamente las características mecánicas del bambú de una manera económica, sin la realización de ensayos mecánicos.

La originalidad de la tesis no se queda solo en aquello estudiado de forma específica, sino que también supone un nuevo marco metodológico de trabajo que puede extenderse a la caracterización de otros materiales diferentes o de materiales similares (v.g. bambúes) existentes alrededor del mundo.

El trabajo llevado a cabo hará posible abrir nuevas líneas de investigación y trabajos futuros, como es el caso de: 1) el análisis de cómo el nivel de antropización de la zona de extracción de la guadua afecta a sus características mecánicas; 2) la introducción de otras variables, como puede ser las características del suelo como variable; y 3) el empleo de las herramientas desarrolladas a zonas y regiones diferentes a la estudiada.

REFERENCIAS

- [1] Hidalgo O. Bamboo the gift of the gods. Bogotá, Colomb 2003.
- [2] Hidalgo López O. Bambú; su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. 1974.
- [3] Latif AM, Liese W. Utilization of bamboo. Plant Util Bamboo Penins Malaysia FRIM Res Pam 1995:50–102.
- [4] Janssen JJA. The mechanical properties of bamboo. Tech Univ Eindhoven, Post Pus 1985;513:250–6.
- [5] Proposed bamboo school buildings for elementary schools in Indonesia. vol. 95. 2014.
- [6] Garzón E, Cano García M, Pérez-Villarejo L, Martínez-Martínez S, Sánchez-Soto PJ. Guadua angustifolia as a Structural Material for Greenhouse Design. Acta Hortic., vol. 1003, 2017, p. 201–13. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51859-6_14.
- [7] Luna P, Lozano J, Takeuchi C. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. Maderas Cienc y Tecnol 2014;16:0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000007>.
- [8] Luna P, Lozano J, Takeuchi CP, Gutierrez M. Experimental Determination of Allowable Stresses for Bamboo *Guadua Angustifolia Kunth* Structures. Key Eng Mater 2012;517:76–80. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.517.76>.
- [9] AIS RC de CS. Resistente NSR--10. Asoc Colomb Ing Smica, Bogotá, Colomb 2010.
- [10] Standards, Bureau of Indian 2nd revision. BIS (2005) “National Building Code of India 2005. n.d.
- [11] Lamus Báez FA, Urazán Bonells CF, Andrade Pardo S. Modular Footbridges of Guadua Angustifolia Kunth. Key Eng Mater 2015;668:218–26. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.218>.
- [12] Lamus FA, Andrade S, Urazán CF. Short span modular bridges of bamboo by self construction, a sustainable alternative. Maintenance, Monit. Safety, Risk Resil. Bridg. Bridg. Networks - Proc. 8th Int. Conf. Bridg. Maintenance, Saf. Manag. IABMAS 2016, 2016, p. 2407–12.
- [13] Andrade Pardo S, Báez FL, Torres Castellanos N. Connection between a Column and its Foundation for Guadua Angustifolia Structures under Lateral Loads. Key Eng Mater 2015;668:227–37. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.227>.
- [14] Trujillo DJA, Malkowska D. Empirically derived connection design properties for Guadua bamboo. Constr Build Mater 2018;163:9–20. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.065>.
- [15] Bolted bamboo joints reinforced with fibers. vol. 95. 2014.
- [16] Villegas L, Moran R, Garcia JJ. A new joint to assemble light structures of bamboo slats. Constr Build Mater 2015;98:61–8. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.113>.

-
- [17] Gnanaharan R, Janseen JJA, Arce O. Bending Strength of Guadua Bamboo 1994.
- [18] Soderstrom TR, Calderon CE. A Commentary on the Bamboos (Poaceae: Bambusoideae). *Biotropica* 1979;11:161–72. <https://doi.org/10.2307/2388036>.
- [19] Clark LG, Londoño X, Ruiz-Sanchez E. *Bamboo Taxonomy and Habitat*, Springer, Cham; 2015, p. 1–30. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6_1.
- [20] Society BG-TJ of the AB, 2012 undefined. An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). PdfsSemanticscholarOrg n.d.
- [21] Londoño X. Genetic diversity of the bamboos of america and specifically of the genus guadua. *Acta Hort* 2013;1003:43–50. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1003.4>.
- [22] Xing X-T, Fu M-Y. Advances in genetic improvement of bamboo plants. *For Res* 2003;16:358–65.
- [23] Ruiz-Sanchez E, Sosa V, Teresa Mejía-Saules M. Molecular phylogenetics of the Mesoamerican bamboo Olmeca (Poaceae, Bambuseae): Implications for taxonomy. *Taxon* 2011;60:89–98. <https://doi.org/10.2307/41059824>.
- [24] Fisher AE, Clark LG, Kelchner SA. Molecular Phylogeny Estimation of the Bamboo Genus *Chusquea* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) and Description of Two New Subgenera. *Syst Bot* 2014;39:829–44. <https://doi.org/10.1600/036364414X681554>.
- [25] Londono, X.; Camayo, G.C.; Riano, N.M.; Lopez Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* culms. *Bamboo Sci Cult J Am Bamboo Soc* 2002;16:18–31. <https://doi.org/10.12659/PJR.890733>.
- [26] Smith M, Nelson BW. Fire favours expansion of bamboo-dominated forests in the southwest Amazon. *J Trop Ecol* 2011;27:59–64. <https://doi.org/10.1017/S026646741000057X>.
- [27] de Carvalho AL, Nelson BW, Bianchini MC, Plagnol D, Kuplich TM, Daly DC. Bamboo-Dominated Forests of the Southwest Amazon: Detection, Spatial Extent, Life Cycle Length and Flowering Waves. *PLoS One* 2013;8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054852>.
- [28] Ely F, Araque O, Jaimez R. Growth and ecophysiological response in juvenile clones of *Guadua* (Guaduinae: Bambusoideae) cultivated in an altered lowland tropical region. *Photosynthetica* 2017;55:264–75. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0236-4>.
- [29] Munro C. I. A Monograph of the Bambusaceae, including Descriptions of all the Species. *Trans Linn Soc London* 1868;26:1–157.
- [30] McClure FA, others. The bamboos: a fresh perspective. *Bamboos a Fresh Perspect* 1966.
- [31] Soderstrom TR. Bamboo systematics: yesterday, today and tomorrow. *J Amer Bamboo Soc* 1985;6:4–16.
- [32] Keng PC. A REVISION OF THE GENERA OF BAMBOOS FROM THE WORLD (II)[J]. *J Bamboo Res* 1982;2:2.
- [33] Clayton WD, Renvoize SA, others. *Genera Graminum. Grasses of the world. Genera Graminum Grasses of the World* 1986;13.
- [34] Keng PC, Wang ZP. Gramineae (Poaceae), Bambusoideae. *Flora Reipublicae Pop Sin* 1996;9.
- [35] Young SM, Judd WS. SYSTEMATICS OF THE GUADUA-ANGUSTIFOLIA COMPLEX (POACEAE, BAMBUSOIDEAE). *Ann Missouri Bot Gard* 1992;79:737–69. <https://doi.org/10.2307/2399719>.
- [36] Montiel M, Jimenez VM, Guevara E. Ultrastructure of the bamboo *Guadua amplexifolia* (Poaceae : bambusoideae) present in Costa Rica. *Rev Biol Trop* 2006;54:21–8.
-

-
- [37] Montiel M, Jiménez VM, Guevara E. Ultrastructure of the bamboo *Guadua macclurei* (Poaceae: Bambusoideae) of Costa Rica | Ultraestructura del bambú *Guadua macclurei* (Poaceae: Bambusoideae) de Costa Rica. *Rev Biol Trop* 2006;54:13–9.
- [38] Culm (botánica) - Wikipedia n.d. [https://en.wikipedia.org/wiki/Culm_\(botany\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Culm_(botany)) (accessed November 2, 2018).
- [39] Grosser D, Liese W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. *Wood Sci Technol* 1971;5:290–312. <https://doi.org/10.1007/BF00365061>.
- [40] Liese W. The anatomy of bamboo culms. INBAR Technical Report No. 18. International Network for Bamboo and Rattan; 1998.
- [41] Liese W, Tang TKH. *Properties of the Bamboo Culm*, Springer, Cham; 2015, p. 227–56. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6_8.
- [42] Liese W. The anatomy of bamboo culms. International Network for Bamboo and Rattan. 1998.
- [43] Li H, Shen S. The mechanical properties of bamboo and vascular bundles. *J Mater Res* 2011;26:2749–56.
- [44] Osorio JA, Velez JM, Ciro HJ. Internal structure of the *Guadua* and its incidence in the mechanical properties. *Dyna-Colombia* 2007;74:81–94.
- [45] Scortechinii G. FIBRE MATURATION IN THE BAMBOO *GIGANTOCHLOA SCORTECHINII* by R.J. Murphy & K.L. Alvin. *IAWA Journal* 1997;18:147–56.
- [46] Liese W, Weiner G. Modifications of bamboo culm structures due to ageing and wounding. *Bamboos. Linn. Soc. Symp. ser*, 1997, p. 313–22.
- [47] Sattar MA, Kabir MF, Bhattacharjee DK, others. Effect of age and height position of muli (*Melocanna baccifera*) and borak (*Bambusa balcooa*) bamboos on their physical and mechanical properties. *Bangladesh J For Sci* 1990;19:29–37.
- [48] Kamruzzaman M, Saha SK, Bose AK, Islam MN. Effects of age and height on physical and mechanical properties of bamboo. *J Trop For Sci* 2008:211–7.
- [49] Mohmod AL, Ariffin WTW, Ahmad F. Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. *J Trop For Sci* 1990:227–34.
- [50] Correal DJF, Arbeldaez CJ. INFLUENCE OF AGE AND HEIGHT POSITION ON COLOMBIAN *GUADUA ANGUSTIFOLIA* BAMBOO MECHANICAL PROPERTIES. *Maderas-Ciencia Y Tecnol* 2010;12:105–13. <https://doi.org/10.4067/so718-221x2010000200005>.
- [51] Sanchez-Echeverri LA, Aita G, Robert D, Garcia MER. Correlation between chemical compounds and mechanical response in culms of two different ages of *Guadua angustifolia* Kunth. *Madera Y Bosques* 2014;20:87–94. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.202166>.
- [52] Echeverry M, Martin J, Camargo Garcia JC, Mosquera OM. Characteristics of *Guadua* culms according to site and stage of maturity. *Colomb For* 2017;20:180–90.
- [53] Hisham HN, Othman S, Rokiah H, Latif MA, Ani S, Tamizi MM. Characterization of bamboo *Gigantochloa scortechinii* at different ages. *J Trop For Sci* 2006:236–42.
- [54] Sadiku NA, Oluyeye AO, Ajayi B. Fibre dimension and chemical characterisation of naturally grown *Bambusa vulgaris* for pulp and paper production n.d.
- [55] Itoh T, Shimaji K. Lignification of bamboo culm (*Phyllostachys pubescens*) during its growth and maturation. *Bamboo Prod. Util. Proc. 17th IUFRO world Congr. Kyoto*,
-

- Japan, 1981, p. 6–17.
- [56] Davalos-Sotelo R. Determination of elastic properties of clear wood by the homogenization method in two dimensions. *Wood Sci Technol* 2005;39:385.
- [57] Kleinn C, Morales-Hidalgo D. An inventory of *Guadua* (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *Eur J For Res* 2006;125:361–8. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0129-3>.
- [58] Liese W. Research on bamboo. *Wood Sci Technol* 1987;21:189–209.
- [59] Camargo García JC, Kleinn C. Length curves and volume functions for *guadua* bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for the coffee region of Colombia. *Eur J For Res* 2010;129:1213–22. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0411-2>.
- [60] Garcia JCC. DEFINING GROWTH AND QUALITY OF GUADUA BAMBOO CULMS: A CASE STUDY OF GUADUA BAMBOO FORESTS, COLOMBIA. *J Trop For Sci* 2014;26:218–24.
- [61] Banik RL. Morphology and Growth BT - Bamboo: The Plant and its Uses. In: Liese W, Köhl M, editors., Cham: Springer International Publishing; 2015, p. 43–89. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6_3.
- [62] Zhongjie HLY. APPLICATION OF MULTIPLE STATISTICAL ANALYSIS ON THE STUDY OF BAMBOO (PH. PUBESCENS) SOILS [J]. *J Bamboo Res* 1987;4:5.
- [63] Standardization IO for. Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties -- Part 1: Requirements. 2004.
- [64] Colombiana NT. NTC 5525, Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). Liese, W 2007:77–89.
- [65] Anwar UMK, Zaidon A, Hamdan H, Tamizi MM. Physical and mechanical properties of *Gigantochloa scortechinii* bamboo splits and strips. *J Trop For Sci* 2005:1–12.
- [66] Sulthoni A. Bamboo: physical properties, testing methods and means of preservation. *Proc Des Manuf Bamboo Ratt Furnit* 1989:3–14.
- [67] Hamdan H, Hill CAS, Zaidon A, Anwar UMK, Latif MA. Equilibrium moisture content and volumetric changes of *Gigantochloa Scortechinii*. *J Trop For Sci* 2007:18–24.
- [68] Gonzalez MG, Takeuchi CP, Perozo MC. Variation of Tensile Strength Parallel to the Fiber of Bamboo *Guadua Angustifolia Kunth* in Function of Moisture Content. *Key Eng Mater* 2012;517:71–5. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.517.71>.
- [69] Xu Q, Harries K, Li X, Liu Q, Gottron J. Mechanical properties of structural bamboo following immersion in water. *Eng Struct* 2014;81:230–9.
- [70] Ota M. Studies on the properties of bamboo stem. Part 11: on the fiber saturation point obtained from the effect of moisture content on the swelling and shrinkage of bamboo splint. *Bull Kyushu Univ* 1955:61–72.
- [71] Kishen J. Studies in Moisture Content, Shrinkage, Swelling and Intersection Point of Mature *Dendrocalamus Strictus* (male Bamboo). Government Press; 1958.
- [72] Sharma SN. Seasoning behaviour and related properties of some Indian species of bamboo. *Indian For* 1988;114:613–21.
- [73] Sekhar AC, Rawat MS. Some studies on the shrinkage of *Bambusa nutans*. *Indian For* 1964;90:182–8.
- [74] Zaragoza-Hernandez I, Ordonez-Candelaria VR, Barcenas-Pazos GM, la Rosa AM, Zamudio-Sanchez FJ. PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF A MEXICAN

- GUADUA (*Guadua aculeata*). *Maderas-Ciencia Y Tecnol* 2015;17:505–16.
<https://doi.org/10.4067/s0718-221x2015005000045>.
- [75] Gonzalez MG, Santos JIB, Amado MFC, Aranzalez JGQ. Expansión lineal y punto de saturación de las fibras de la *Guadua angustifolia* Kunth. *Colomb For* 2018;21:69–80.
- [76] Abdel-Razak O, Abdel-Latif M, Liese W, Norini H, others. Planting and utilization of bamboo in Peninsular Malaysia. *Res Pam Res Inst Malaysia* 1995.
- [77] Fangchun Z. STUDIES ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO WOODS [J]. *J Nanjing For Univ* 1981;2:0.
- [78] Qisheng Z, Shenxue J, Yongyu T. Industrial utilization on bamboo. *International network for bamboo and rattan*; 2002.
- [79] Liese W. Anatomy and properties of bamboo. *Bamboo Work*. Hangzhou, 1985, p. 196–207.
- [80] Nordahlia AS, Anwar UMK, Hamdan H, Zaidon A, Paridah MT, Razak OA. Effects of age and height on selected properties of Malaysian bamboo (*Gigantochloa levis*). *J Trop For Sci* 2012:102–9.
- [81] Sint KM, Hapla F, Myint CC. Investigation on physical and mechanical properties of some Myanmar bamboo species. *J Bamb Ratt* 2008;7:183–92.
- [82] Ghavami K, Marinho AB. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. *Rev Bras Eng Agrícola e Ambient* 2005;9:107–14.
- [83] Ordonez-Candelaria VR, Barcenas-Pazos GM. Physical and mechanical properties of three Mexican guaduas (*Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia* and *Guadua velutina*). *Madera Y Bosques* 2014;20:111–25.
- [84] Dixon PG, Ahvenainen P, Aijazi AN, Chen SH, Lin S, Augusciak PK, et al. Comparison of the structure and flexural properties of Moso, *Guadua* and *Tre Gai* bamboo. *Constr Build Mater* 2015;90:11–7. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.042>.
- [85] Espinosa JC. Bending and compressive strengths of the common Philippine bamboo. *Philip J Sci* 1930;41:121–35.
- [86] Limay VD. Strength of bamboo (*Dendrocalamus strictus*). *Indian For* 1952;78:558–75.
- [87] Heck GE, others. Properties of some bamboos cultivated in the Western Hemisphere 1962.
- [88] Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes BT - Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes 15AD.
- [89] Atrops JL. Elastizität und Festigkeit von Bambusrohren. *Der Bauingenieur* 1969;44:220–5.
- [90] Merino F, Rodríguez G, Vallejo J. Elementos de concreto reforzado con guadua. *Bogotá Trab Grado Esc Ing Antioquia, Medellín* 1972.
- [91] Hidalgo López O. Nuevas técnicas de construcción con bambú. 1978.
- [92] Hidalgo López O. Manual de construcción con bambú. *Univ Nac Colomb Estud Técnicos Colomb LTDA-Editores* 1981.
- [93] Martín J, Mateus L. Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la *Guadua* Castilla. *Bogotá Trab Grado (Ingeniero Agrícola) Univ Nac Colomb Fac Ing* 1981.
- [94] Carvajal W, Ortegón W, Romero C. Elementos estructurales en bambú. *Bogotá Trab Grado Univ Nac Colomb Bogotá, Colomb* 1981.

-
- [95] Salazar Contreras J, Correcha Ricaurte E, others. Comportamiento de columnas en guadua. *Ing e Investig Núm 6* (1983); 28-30 *Ing e Investig Núm 6* (1983); 28-30 2248-8723 0120-5609 n.d.
- [96] MEJIA F, Fernando ST, Jorge E. Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en Caldas para su uso en la construcción incluyendo la Guadua.. 1985.
- [97] GARCÍA OL, MARTÍNEZ C, DIXON E. Puentes en do mayor, Memorias I Congreso Mundial del Bambú. Armen Colomb 1991.
- [98] Gonzalez E, Diaz JF. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). *Trab Grado Ing Agrícola Univ Nac Colomb Sede Medellin*, Fac Ciencias Agropecu Medellin 1992:174.
- [99] Espiloy ZB. Physico-mechanical properties and anatomical relationships of some Philippine bamboos. *Int. Bamboo Work. China.* p, 1985, p. 257–64.
- [100] Janssen J. Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo. INBAR (The Int Netw Bamboo Ratt 1999:16–8.
- [101] GHAVAMI K, MARINHO AB. Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara* e *Dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia. Publicação--RMNC BAMBU Janeiro De 2001.
- [102] Amada S, Untao S. Fracture properties of bamboo. *Compos Part B Eng* 2001;32:451–9.
- [103] Chung KF, Yu WK. Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings. *Eng Struct* 2002;24:429–42.
- [104] Uribe M, Durán A. Estudio de elementos solicitados a compresión armados con dos o más guadas. Bogotá Univ Nac Colomb Bogotá 2002.
- [105] Prada J, Zambrano J. Estudio de elementos en guadua, solicitados a compresión, con perforación para el relleno de mortero. *Trab Grado Univ Nac Colomb Bogotá* 2003.
- [106] Castrillón B, Malaver D. Procedimiento de ensayos para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. *Trab Grado Ing Civ y Agrícola Univ Nac Colomb Bogotá* 2004:127.
- [107] Pantoja NH, Acuña DF, Diego F. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2005.
- [108] Yu WK, Chung KF, Chan SL. Column buckling of structural bamboo. *Eng Struct* 2003;25:755–68.
- [109] Yu WK, Chung KF, Chan SL. Axial buckling of bamboo columns in bamboo scaffolds. *Eng Struct* 2005;27:61–73.
- [110] Tam CPT, González CE. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* y determinación del módulo de elasticidad. *Ing y Univ* 2007;11:89–104.
- [111] Torres LA, Ghavami K, Garcia JJ. A transversely isotropic law for the determination of the circumferential young's modulus of bamboo with diametric compression tests. *Lat Am Appl Res* 2007;37:255–60.
- [112] Beraldo AL, Albiero D, Maciel AJD, Dal Fabbro IM, Rodrigues S. Moire technique applied in compression stress of bamboo guadua. *Maderas-Ciencia Y Tecnol* 2007;9:309–21. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2007000300010>.
- [113] Lo TY, Cui HZ, Tang PWC, Leung HC. Strength analysis of bamboo by microscopic investigation of bamboo fibre. *Constr Build Mater* 2008;22:1532–5.
- [114] Saraz JAO, Bedoya AE, Galeano EAG. EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF THE INTERNAL STRUCTURE OF THE GUADUA WITH
-

-
- MATEMATICAL MODELLING. *Dyna-Colombia* 2009;76:169–78.
- [115] Tan T, Rahbar N, Allameh SM, Kwofie S, Dissmore D, Ghavami K, et al. Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures. *Acta Biomater* 2011;7:3796–803.
- [116] Villalobos G, Linero DL, Munoz JD. A statistical model of fracture for a 2D hexagonal mesh: The Cell Network Model of Fracture for the bamboo *Guadua angustifolia*. *Comput Phys Commun* 2011;182:188–91. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2010.06.015>.
- [117] Sharma B, Harries KA, Ghavami K. Methods of determining transverse mechanical properties of full-culm bamboo. *Constr Build Mater* 2013;38:627–37.
- [118] Estrada M, Linero DL, Ramirez F. Constitutive relationship of the fiber cluster of bamboo *Guadua angustifolia*, determined by means of a Weibull probability function and a model of progressive failure. *Mech Mater* 2013;63:12–20. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2013.04.007>.
- [119] Archila-Santos HF, Ansell MP, Walker P. Elastic Properties of Thermo-Hydro-Mechanically Modified Bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) Measured in Tension. *Key Eng Mater* 2014;600:111–20. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.600.111>.
- [120] Orozco G, Villegas L, García JJ. Mechanical Behavior of Bamboo Species *Guadua angustifolia* under Compression along the Thickness of the Culm. *Key Eng Mater* 2014;600:49–56. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.600.49>.
- [121] Cardenas JI, Vargas-Hernandez C. Elastic Module Study of the Radial Section of *Guadua angustifolia* Kunth Variety Bicolor. *Adv Mater Sci Eng* 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/935206>.
- [122] Lee P-H, Odlin M, Yin H. Development of a hollow cylinder test for the elastic modulus distribution and the ultimate strength of bamboo. *Constr Build Mater* 2014;51:235–43.
- [123] Gottron J, Harries KA, Xu Q. Creep behaviour of bamboo. *Constr Build Mater* 2014;66:79–88.
- [124] Keogh, Lauren y O’Hanlon, Patrick y O’Reilly, Peter y Taylor D. Fatigue in bamboo. *Int J Fatigue* 2015;75.
- [125] Trujillo D, Lopez LF. Bamboo material characterisation. *Nonconv. Vernac. Constr. Mater.*, Elsevier; 2016, p. 365–92.
- [126] Ribeiro RAS, Ribeiro MGS, Miranda IPA. Bending strength and nondestructive evaluation of structural bamboo. *Constr Build Mater* 2017;146:38–42.
- [127] Nurmadina, Nugroho N, Bahtiar ET. Structural grading of *Gigantochloa apus* bamboo based on its flexural properties. *Constr Build Mater* 2017;157:1173–89. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.170>.
- [128] Moran R, Webb K, Harries K, Garcia JJ. Edge bearing tests to assess the influence of radial gradation on the transverse behavior of bamboo. *Constr Build Mater* 2017;131:574–84. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.106>.
- [129] Trujillo D, Jangra S, Gibson JM. Flexural properties as a basis for bamboo strength grading. *Proc Inst Civ Eng Build* 2017;170:284–94. <https://doi.org/10.1680/jstbu.16.00084>.
- [130] Sapuyes E, Osorio J, Takeuchi C, Duarte M, Erazo W. Resistencia y elasticidad a la flexión de la *guadua angustifolia* Kunth de Pitalito, Huila. *Rev Invest (Guadalajara)* 2018;11:97–111.
- [131] García-Aladín MF, Correal JF, García JJ. Theoretical and experimental analysis of two-
-

-
- culm bamboo beams. Proc Inst Civ Eng - Struct Build 2018;171:316–25.
<https://doi.org/10.1680/jstbu.16.00044>.
- [132] Trujillo D. Bamboo structures in Colombia. Struct. Eng., vol. 85, 2007, p. 25–30.
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2007.11.005>.
- [133] Takeuchi Tam CP. Connections in Guadua Connections in Guadua Connections in Guadua Connections in Guadua. vol. 55. Bogotá D.C.: 2004.
- [134] Añazco M. Estudio Cadena del Bambú desde Producción al Consumo del Bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú. Quito, Ecuador: 2015.
- [135] Echezuría H. Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. UCAB Depos Leg Pp 97-0007 2018:17.
- [136] Jarín Ruíz AJ. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR PRODUCTOR DE CAÑA GUADUA ECUATORIANA EN EL CANTÓN HUAQUILLAS FRONTERA CON PERÚ. Quito, Ecuador: 2014.
- [137] Carolina D, Pérez E. DOCUMENTO DE TRABAJO No.35 LA CADENA DE LA GUADUA EN COLOMBIA. Bogotá, Colombia: 2004.
- [138] Tiria C, Marcela P, others. Zonificación climatológica según el modelo Caldas--Lang de la cuenca Rio rio negro mediante el uso del Sistema de Información Geográfica SIG n.d.
- [139] Capitanelli RG. Las clasificaciones climáticas y sus aplicaciones regionales. Boletín Estud Geográficos 1956.
- [140] Koeppen W. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra 1948.
- [141] ESLAVA A, LOPEZ G. VA; OLAYA, T, G. 1986b. Los Climas de Colombia Sistema CW Thorntwaite, Caldas-Lang y Koeppen. Rev Atmósfera, Soc Col Meteor n.d.:6.
- [142] Martonne E de. Tratado de geografía física. Juv Barcelona 1964.
- [143] Holdridge LR. Ecología basada en zonas de vida. Agroamérica; 1987.
- [144] Lamus F. Calificación de una conexión viga columna resistente a momento en *Guadua angustifolia*. Bogotá Univ Nac Colomb Dep Ing Civ y Agric 2008.
- [145] Canavos G. Applied probability and statistical methods. Mexico: Impresora Carbayón; 1991.

APÉNDICE 1. NORMAS EMPLEADAS

Reglamento NSR-10 “Reglamento colombiano de construcción sismorresistente”, en vigor desde el año 2010.

NTC 5458 “Elaboración de artesanías y muebles con culmos maduros de *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2006.

NTC 5301 “Secado e inmunizado de los culmos de *Guadua angustifolia kunth*” publicada en el año 2007.

NTC 5525 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2007.

NTC 5300 “Cosecha y postcosecha de la *Guadua angustifolia kunth*” publicada en el año 2008.

NTC 5726 “Inventario de rodales de *Guadua angustifolia kunth* para aprovechamientos con fines comerciales” editada en el año 2009.

NTC 5829 “Obtención de latas y tablillas de *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2010.

NTC 6100 “Etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano. Criterios ambientales para productos de primero y segundo grado de transformación de *Guadua angustifolia Kunth*” editada en el año 2010.

NTC 5401 “Propagación vegetativa de la *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2006 y actualizada en el año 2016.

NTC 5727 “Terminología aplicada a la guadua, sus procesos y sus productos” editada en el año 2017.

NTC 5407 “Uniones de estructuras con *Guadua angustifolia kunth*” editada en el año 2018.

ISO 22156:2004 “*Bamboo -- Structural design*” última actualización en el año 2012. Actualmente se encuentra nuevamente en revisión.

ISO 22157-1:2004 “*Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties -- Part 1: Requirements*” última actualización en el año 2008.

ISO 22157-2:2004 “*Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties -- Part 2: Laboratory manual*” última actualización en el año 2018.

ISO 22157 “*Bamboo structures -- Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms -- Test methods*” en proceso de publicación.

ISO 19624:2018 “*Bamboo structures -- Grading of bamboo culms -- Basic principles and procedures*” publicada en el año 2018.

ISO/WD 23478 “*Bamboo structures -- Glued laminated bamboo -- Test methods for determination of physical and mechanical properties*” esta norma se encuentra en desarrollo.

ISO/WD 21629 “*Bamboo floorings*” esta norma se encuentra en preparación.

ISO/WD 21626 “*Bamboo charcoal*” esta norma se encuentra en preparación.

ASTM D5456—18 “*Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products*”²⁰.

²⁰ Una revisión propuesta a la norma D5456 de ASTM International, Especificación para la evaluación de productos de madera compuesta estructural, agregaría el bambú como un material de fibra que se puede usar en la fabricación de productos cubiertos en la norma.

**APÉNDICE 2. CARACTERIZACIÓN Y ENSAYOS DE
LABORATORIO**

Se anexa CD

APÉNDICE 3. DATOS Y RESULTADOS DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL

#	Número de ensayo
Equi.	Equipo utilizado
Inst.	Instrumentación
Tecn.	Laboratorista
Dpto.	Departamento (N= Nariño, C= Cauca, T= Tolima, V= Valle, Q= Quindío, CU= Cundinamarca, S= Santander)
Muni.	Municipio
Temp. °C	Temperatura media anual
Pluv.	Pluviosidad media anual (mm)
Alti.	Altitud (msnm)
D	Diámetro (mm)
t	Espesor pared (mm)
Tipo	Tipo de ensayo (C= compresión paralela, T=tracción paralela, V= corte sin nudo, VN= Corte con nudo, CP= compresión perpendicular, F= flexión)
Prob.	Número de probeta
Par.	Localización probeta (Inferior, Media, Superior)
σ_{ult}	Esfuerzo último (MPa)

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	72,25	15,01	C	01	I	41,1
2	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	77,72	12,49	C	02	I	37,6
3	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	83,06	17,25	C	03	I	36,7
4	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	97,17	20,99	C	04	I	41,4
5	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	75,63	17,58	C	05	I	43,7
6	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	101,58	17,45	C	06	I	45,1
7	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	105,66	20,01	C	07	I	56,8
8	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	89,23	20,07	C	08	I	47,7
9	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	111,11	19,79	C	09	I	53,9
10	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	99,68	18,33	C	10	I	59,5
11	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	79,49	16,23	C	11	I	44,4
12	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	93,23	22,5	C	12	I	44,9
13	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	59,75	12,97	C	13	I	35,0
14	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100,71	16,19	C	14	I	65,1
15	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	91,93	16,17	C	15	I	53,2
16	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	76,01	10,7	C	01	M	69,1
17	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	67,29	10,61	C	02	M	26,0
18	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	75,44	11	C	03	M	36,8
19	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,72	9,44	C	04	M	35,2

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
20	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	70,88	11,1	C	05	M	39,9
21	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	71,92	8	C	06	M	39,9
22	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	66,54	8,86	C	07	M	34,1
23	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,44	7,72	C	08	M	41,2
24	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	73,6	7,92	C	09	M	33,0
25	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	73,53	9,09	C	10	M	42,5
26	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100,67	10,05	C	11	M	46,3
27	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	75,46	10,81	C	12	M	33,9
28	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	107,61	15,16	C	13	M	47,2
29	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	92,39	10,33	C	14	M	50,7
30	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,6	10,42	C	16	M	67,0
31	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	86,05	12,32	C	17	M	41,3
32	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	86,35	9,82	C	18	M	49,6
33	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	83,26	9,7	C	19	M	44,0
34	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	104,61	11,43	C	20	M	45,1
35	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,13	7,02	C	21	M	43,5
36	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	68,05	7,21	C	22	M	42,6
37	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	87,4	9,26	C	23	M	41,3
38	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,59	8,33	C	24	M	38,3
39	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	68,89	6,98	C	25	M	34,4
40	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	87,61	8,56	C	26	M	47,9
41	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,93	9,87	C	28	M	42,7
42	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	68,29	6,71	C	29	M	22,8
43	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	70,75	10,78	C	30	M	46,6
44	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	55,98	6,35	C	01	S	44,7
45	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	56,54	6,34	C	02	S	46,5
46	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	56,47	7,25	C	03	S	45,4
47	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	48,8	6,5	C	04	S	47,5
48	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	61,34	7,47	C	05	S	45,9
49	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	64,03	7,32	C	06	S	34,2
50	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	76,88	9,36	C	07	S	47,5
51	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	52,03	7,03	C	08	S	50,0
52	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	48,55	7,75	C	09	S	59,2
53	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	69,34	7,33	C	10	S	31,2
54	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	90,16	10,08	C	11	S	47,6
55	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	92,44	9,93	C	12	S	52,1
56	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,79	8,77	C	13	S	51,1
57	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	77,57	7,76	C	14	S	43,0
58	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	81,12	8,69	C	15	S	38,9
59	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	79,64	8,44	C	16	S	34,6
60	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	64,3	7,47	C	17	S	42,1
61	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	41,6	6,21	C	18	S	51,1
62	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	61,62	7,96	C	19	S	92,7
63	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	89,77	9,5	C	20	S	53,1
64	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,51	7,61	C	21	S	39,5
65	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	57,16	6,92	C	22	S	47,9
66	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	60,48	6,74	C	23	S	41,6
67	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	74,56	7,51	C	24	S	20,6

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
68	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	100,17	10	C	25	S	48,5
69	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,64	7,39	C	26	S	35,3
70	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,93	7,57	C	27	S	41,6
71	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	92,18	9,34	C	28	S	41,6
72	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	70,77	8,38	C	29	S	45,4
73	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	63,26	6,37	C	30	S	14,4
74	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	72,43	12,29	T	01	I	102,5
75	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	72,43	11,51	T	02	I	125,8
76	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	78,59	10,51	T	03	I	166,6
77	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	78,59	11,23	T	04	I	85,7
78	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	81,04	12,29	T	05	I	189,6
79	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	81,04	12,04	T	06	I	71,0
80	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,56	8,48	T	07	I	93,0
81	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,56	8,01	T	08	I	138,3
82	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,88	9	T	09	I	55,3
83	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,88	8,08	T	10	I	134,9
84	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	97,59	12,76	T	11	I	124,2
85	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	97,59	13,53	T	12	I	130,7
86	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,53	12,5	T	13	I	35,5
87	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,53	16,43	T	14	I	55,0
88	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	61,48	10,49	T	15	I	98,9
89	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	71,13	8,64	T	01	M	85,4
90	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	68,55	8,17	T	02	M	68,9
91	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	59,23	8,44	T	03	M	64,2
92	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	71,9	9,32	T	04	M	100,1
93	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	71,13	9,56	T	05	M	88,4
94	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	71,9	8,21	T	06	M	132,1
95	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	69,52	8,75	T	07	M	91,0
96	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	63,31	8,83	T	08	M	93,3
97	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,87	9,53	T	09	M	92,6
98	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	63,31	16,56	T	10	M	66,1
99	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,89	16,45	T	11	M	141,0
100	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	105,82	15,42	T	13	M	122,7
101	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	105,82	10,15	T	14	M	109,6
102	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,22	12,17	T	15	M	56,1
103	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,22	11,61	T	16	M	76,9
104	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100,28	11,88	T	17	M	82,6
105	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100,28	8,88	T	18	M	58,5
106	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,78	9,43	T	19	M	23,7
107	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,78	11,13	T	20	M	88,4
108	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	7,57	11,15	T	21	M	101,3
109	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	7,57	10,24	T	22	M	124,5
110	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	6,48	11,16	T	23	M	74,0
111	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	6,48	9,37	T	24	M	102,2
112	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,13	16,06	T	25	M	103,7
113	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,13	17,03	T	26	M	120,9
114	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	88,73	11,13	T	29	M	119,9
115	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	88,73	11,89	T	30	M	118,4

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
116	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	42,38	11,25	T	01	S	103,1
117	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	42,38	11,26	T	02	S	121,5
118	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	59,68	6,08	T	03	S	142,4
119	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	59,68	7,66	T	04	S	104,6
120	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	57,33	8,72	T	05	S	94,7
121	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	57,33	8,29	T	06	S	129,4
122	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	55,38	13,86	T	07	S	84,0
123	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	55,38	12,29	T	08	S	106,1
124	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,55	8,23	T	09	S	76,3
125	H	E	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,55	8,4	T	10	S	158,3
126	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	96,21	8,49	T	11	S	112,7
127	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	96,21	8,57	T	12	S	148,9
128	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,6	10,39	T	13	S	66,8
129	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,6	13,93	T	14	S	93,0
130	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	89,1	12,66	T	15	S	98,1
131	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	89,1	8,28	T	16	S	97,0
132	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	84,98	12,33	T	17	S	84,9
133	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	84,98	12,42	T	18	S	91,9
134	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	88,42	11,16	T	19	S	124,4
135	H	E	1	C	Mira	23,7	1481	1095	88,42	11,23	T	20	S	108,8
136	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,55	7,74	T	21	S	107,8
137	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,55	7,38	T	22	S	119,9
138	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	55,9	6,92	T	23	S	49,1
139	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	55,9	7,16	T	24	S	89,5
140	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	101,87	10,39	T	25	S	108,0
141	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	101,87	9,41	T	26	S	89,4
142	H	E	1	C	Tori	19,9	1624	1719	81,2	9,3	T	27	S	94,0
143	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	81,2	9,15	T	28	S	56,5
144	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	62,38	7,06	T	29	S	124,0
145	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	62,38	6,38	T	30	S	108,0
146	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	73,5	13,9	V	01	I	7,7
147	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	77,9	14,3	V	02	I	6,0
148	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	109	17,7	V	03	I	11,3
149	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100	17,8	V	04	I	4,2
150	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	112	19,5	V	05	I	8,9
151	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	99,7	16,1	V	06	I	8,1
152	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	72	13,6	V	07	I	4,9
153	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	99,8	14,8	V	08	I	5,2
154	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	78,9	14,1	Vn	01	I	6,4
155	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	103	19	Vn	02	I	7,2
156	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	76,8	13,6	Vn	03	I	3,0
157	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	105	17,4	Vn	04	I	5,9
158	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	111	18,8	Vn	05	I	7,3
159	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	145	62	Vn	06	I	1,6
160	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	73,5	11,6	Vn	07	I	6,6
161	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	93,1	14	Vn	08	I	7,7
162	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	66,1	7,1	V	01	M	6,2
163	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	67,4	9,89	V	02	M	5,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
164	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	72,4	8,61	V	03	M	7,2
165	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	72,3	8,54	V	04	M	6,6
166	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,8	7,92	V	05	M	5,1
167	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	91,7	10,3	V	06	M	6,5
168	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	105,6	14,48	V	07	M	6,0
169	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,5	11,33	V	08	M	2,9
170	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	110	12,9	V	09	M	5,7
171	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	97,8	11,1	V	10	M	7,7
172	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,1	9,68	V	11	M	5,3
173	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	74	8,73	V	12	M	6,3
174	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,8	8,28	V	13	M	6,0
175	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	114	11,9	V	14	M	5,8
176	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	96,4	9,71	V	15	M	7,5
177	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	73,2	9	Vn	01	M	6,3
178	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	73,2	8,62	Vn	02	M	6,2
179	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	75,7	10,6	Vn	03	M	5,5
180	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	73,2	8,86	Vn	04	M	6,2
181	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	70,9	7,88	Vn	05	M	7,5
182	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	99,6	11,9	Vn	06	M	7,0
183	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	75,9	11	Vn	07	M	12,3
184	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	105	10,6	Vn	08	M	4,8
185	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	95,4	12,4	Vn	09	M	6,9
186	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	86,1	10,6	Vn	10	M	6,7
187	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	82,1	10,5	Vn	11	M	5,4
188	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	62,6	7,18	Vn	12	M	6,9
189	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	68,7	7,8	Vn	13	M	9,9
190	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	75,4	9,33	Vn	14	M	7,5
191	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,8	9,73	Vn	15	M	9,0
192	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	78,4	8,51	V	01	S	4,8
193	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	62,8	6,86	V	02	S	7,1
194	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	49,6	6,09	V	03	S	6,6
195	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	77,8	7,79	V	04	S	7,5
196	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	56,9	7,02	V	05	S	6,4
197	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	58,9	6,43	V	06	S	5,8
198	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	79,8	9,57	V	07	S	10,6
199	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	102	9,78	V	08	S	4,3
200	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	66,2	7,66	V	09	S	9,3
201	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	75,9	7,85	V	10	S	6,0
202	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	77,5	9,53	V	11	S	6,8
203	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	67,3	7,45	V	12	S	5,9
204	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	60,8	7,49	V	13	S	8,2
205	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,2	7,28	V	14	S	6,6
206	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	84,1	8,24	V	15	S	5,1
207	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	66,2	8,09	Vn	01	S	7,9
208	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	61,4	7,61	Vn	02	S	8,2
209	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	61,2	8,27	Vn	03	S	7,5
210	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	43,7	6,69	Vn	04	S	9,6
211	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	79,5	8,63	Vn	05	S	6,0

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
212	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	65,3	8,69	Vn	06	S	8,8
213	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	66,2	7,83	Vn	07	S	8,2
214	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	57,9	7,78	Vn	08	S	6,8
215	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	81,7	9,44	Vn	09	S	7,8
216	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	82,3	9,43	Vn	10	S	6,5
217	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	64	8,24	Vn	11	S	6,0
218	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	58,79	6,9	Vn	12	S	8,4
219	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	48,8	7,24	Vn	13	S	8,1
220	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	63,4	6,87	Vn	14	S	3,4
221	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	78,4	8,29	Vn	15	S	8,9
222	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	109,5	17,8	CP	01	I	9,8
223	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	78,2	14	CP	02	I	6,4
224	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	112,8	17,2	CP	03	I	2,8
225	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	78,9	14,6	CP	04	I	10,1
226	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	7,69	13,1	CP	05	I	9,9
227	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	117,8	19,7	CP	07	I	3,4
228	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	97,5	16,5	CP	08	I	9,8
229	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	111,6	22,2	CP	09	I	5,6
230	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	102,6	19,3	CP	10	I	5,0
231	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	88	15,3	CP	11	I	9,8
232	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,2	19,2	CP	14	I	11,2
233	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	92,7	14,2	CP	15	I	7,3
234	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	77,7	9,9	CP	01	M	10,6
235	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	63,1	8,6	CP	02	M	11,9
236	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	68,3	7,4	CP	03	M	8,6
237	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	73,8	8,9	CP	04	M	3,7
238	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,5	9	CP	05	M	9,3
239	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	76,2	8,7	CP	06	M	10,9
240	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	67	18,8	CP	07	M	2,7
241	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	77	11,6	CP	08	M	9,5
242	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	76,9	11,8	CP	09	M	10,2
243	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	77,7	10,1	CP	10	M	12,3
244	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	102,5	10,7	CP	11	M	7,4
245	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	113,5	15,4	CP	12	M	4,4
246	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	106,9	12,3	CP	13	M	3,2
247	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	104,2	14,8	CP	14	M	9,7
248	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	87,5	12,8	CP	15	M	8,3
249	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	103,9	12,6	CP	16	M	8,5
250	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	70,8	8,1	CP	17	M	9,8
251	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	99,9	14,5	CP	18	M	10,0
252	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	92,9	12,2	CP	19	M	3,3
253	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	92,9	10,3	CP	20	M	1,7
254	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,4	7,8	CP	21	M	10,7
255	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	76,3	10,6	CP	22	M	10,6
256	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	66,7	7,8	CP	23	M	8,9
257	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	71,3	8,2	CP	24	M	12,2
258	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	69,7	8	CP	25	M	6,1
259	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	98,9	12,6	CP	26	M	4,5

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
260	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	74,5	9,2	CP	27	M	5,8
261	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	90,4	9,5	CP	28	M	10,4
262	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	67,6	7,2	CP	29	M	8,0
263	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	95,8	10	CP	30	M	10,1
264	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	66,1	7,2	CP	01	S	10,5
265	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	50,4	6	CP	02	S	21,8
266	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	61,3	7,4	CP	03	S	9,9
267	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	46,6	6,4	CP	04	S	20,3
268	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	53,6	6,6	CP	06	S	12,2
269	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	51,8	6,5	CP	07	S	16,6
270	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	66,6	6,8	CP	08	S	10,0
271	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	61	7,1	CP	09	S	8,5
272	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	68,5	8,1	CP	10	S	8,9
273	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	104,3	11,7	CP	11	S	7,1
274	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	78,7	8,3	CP	12	S	9,1
275	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	100,2	10,1	CP	13	S	4,9
276	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	57	7,3	CP	14	S	10,9
277	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	88,1	9,3	CP	15	S	7,2
278	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	87,2	9,7	CP	16	S	8,5
279	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	91,5	9,9	CP	17	S	11,2
280	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	68,4	7,4	CP	18	S	5,2
281	H	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	80,9	8,6	CP	19	S	9,7
282	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	65,1	7,7	CP	21	S	11,8
283	H	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	58,2	6,5	CP	22	S	11,6
284	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	63,6	6,3	CP	23	S	8,7
285	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	61,8	7,1	CP	24	S	14,2
286	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	53,7	6,2	CP	25	S	10,9
287	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	60,3	7,3	CP	26	S	16,5
288	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	58,5	6,6	CP	27	S	10,4
289	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	75,3	8,5	CP	28	S	8,3
290	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	66,1	7	CP	29	S	11,9
291	H	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	63	7,4	CP	30	S	8,2
292	Ing	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	56,45	22,45	F	08	M	229,3
293	Ing	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	75,52	11,95	F	09	M	134,3
294	Ing	M	1	C	Cori	23,8	1689	1053	67,63	8,83	F	11	M	153,4
295	Ing	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	107,79	15,63	F	01	M	119,7
296	Ing	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	93,91	12,05	F	05	M	129,4
297	Ing	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	109,3	13,47	F	06	M	55,5
298	Ing	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	96,37	14,39	F	08	M	128,5
299	Ing	M	1	C	Mira	23,7	1481	1095	92,04	13,13	F	14	M	170,2
300	Ing	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	93,9	11,56	F	10	M	111,3
301	Ing	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	83,08	10,46	F	11	M	159,0
302	Ing	M	1	C	Tori	19,9	1624	1719	84,28	10,35	F	14	M	106,9
303	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	78,39	12,83	C	01	I	22,2
304	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	85,89	16,02	C	02	I	31,1
305	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	118,9	18,48	C	03	I	23,4
306	H	E	1	N	C	19	1318	1669	82,42	15,14	C	04	I	61,0
307	H	M	1	N	C	19	1318	1669	87,9	12,41	C	05	I	35,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
308	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	102,22	16,44	C	06	I	31,0
309	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	112,75	20,16	C	07	I	41,5
310	H	M	1	N	C	19	1318	1669	73,42	12,73	C	08	I	21,6
311	H	E	1	N	C	19	1318	1669	99,22	16,34	C	09	I	38,0
312	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	101,51	15,41	C	10	I	43,3
313	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	93,01	19,08	C	11	I	26,6
314	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,49	14,35	C	12	I	19,4
315	H	M	2	N	CH	17,1	1646	1978	84,09	18,75	C	13	1	45,6
316	H	M	1	N	C	19	1318	1669	84,78	15,87	C	14	I	23,0
317	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	124,7	20,23	C	15	I	22,4
318	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	84,84	11,98	C	01	M	52,6
319	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	58,56	8,97	C	02	M	42,6
320	H	M	1	N	C	19	1318	1669	90,85	12,9	C	03	M	18,3
321	H	E	1	N	C	19	1318	1669	94,01	14,79	C	04	M	42,9
322	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	92,95	13,29	C	05	M	27,9
323	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	79,91	10,59	C	06	M	23,0
324	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	97,05	12,52	C	07	M	41,8
325	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	93,66	11,74	C	08	M	50,8
326	H	M	1	N	C	19	1318	1669	94,19	12,42	C	09	M	31,6
327	H	M	1	N	C	19	1318	1669	90,18	11,03	C	10	M	27,8
328	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	116,79	16,32	C	11	M	27,6
329	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	116,03	15,89	C	12	M	25,6
330	H	M	1	N	C	19	1318	1669	73,52	10,47	C	13	M	16,2
331	H	M	1	N	C	19	1318	1669	73,6	116,5	C	14	M	23,8
332	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	97,48	17,1	C	15	M	21,4
333	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	81,78	9,99	C	16	M	35,1
334	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	109,42	15,95	C	17	M	30,4
335	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	95,95	12,52	C	18	M	55,1
336	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	98,02	12,73	C	19	M	28,1
337	H	M	1	N		19	1318	1669	91,21	11	C	20	M	68,3
338	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99,46	15,22	C	21	M	13,1
339	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	85,6	10,87	C	22	M	28,3
340	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	86,04	10,19	C	23	M	24,9
341	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	93,09	13,5	C	24	M	20,9
342	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	93,05	12,63	C	25	M	35,6
343	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	90,2	11,33	C	26	M	37,8
344	H	M	1	N	C	19	1318	1669	94,92	11,42	C	27	M	32,5
345	H	M	1	N	C	19	1318	1669	98,08	13,68	C	28	M	38,8
346	H	M	1	N	C	19	1318	1669	76,47	9,44	C	29	M	32,4
347	H	M	1	N	C	19	1318	1669	80,46	10,96	C	30	M	36,4
348	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	63,83	7,76	C	01	S	48,7
349	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	75,71	9,06	C	02	S	31,2
350	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	69,09	8,37	C	03	S	45,0
351	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	75,34	8,89	C	04	S	31,6
352	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,73	10,35	C	05	S	77,8
353	H	M	1	N	C	19	1318	1669	89,85	10,25	C	06	S	47,1
354	H	M	1	N	C	19	1318	1669	47,82	7,47	C	07	S	45,1
355	H	M	1	N	C	19	1318	1669	68,83	7,82	C	08	S	26,8

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
356	H	M	1	N	C	19	1318	1669	56,72	7,2	C	09	S	38,1
357	H	E	1	N	C	19	1318	1669	68,73	7,47	C	10	S	57,7
358	H	E	1	N	C	19	1318	1669	69,42	7,37	C	11	S	31,5
359	H	M	1	N	C	19	1318	1669	65,58	7,7	C	12	S	22,8
360	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	59,4	8,68	C	13	S	26,6
361	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	66,65	9,5	C	14	S	36,9
362	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	50,23	7,7	C	15	S	43,8
363	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	57,95	7,8	C	16	S	39,9
364	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	70,76	9,37	C	17	S	29,7
365	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	66,31	8,75	C	18	S	32,7
366	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	79,58	10,83	C	19	S	68,0
367	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	67,65	8,59	C	20	S	50,8
368	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	73,6	9,72	C	21	S	49,1
369	H	M	1	N	C	19	1318	1669	66,07	8,01	C	22	S	21,2
370	H	E	1	N	C	19	1318	1669	67,98	8,11	C	23	S	31,3
371	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	53,39	7,6	C	24	S	35,2
372	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	81,79	9,64	C	25	S	28,3
373	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	68,12	8,63	C	26	S	32,6
374	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	80,15	9,73	C	27	S	29,9
375	H	M	1	N	C	19	1318	1669	71,87	8,07	C	28	S	18,6
376	H	M	1	N	C	19	1318	1669	62,95	7,76	C	29	S	26,7
377	H	M	1	N	C	19	1318	1669	74,45	9,1	C	30	S	32,4
378	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,63	14,76	T	01	I	61,9
379	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	103,1	20,43	T	07	I	97,9
380	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	103,05	20,88	T	08	I	79,1
381	H	E	1	N	C	19	1318	1669	76,66	14,51	T	09	I	86,4
382	H	M	1	N	C	19	1318	1669	76,66	16,54	T	10	I	70,5
383	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	124,42	21,34	T	11	I	52,5
384	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	124,42	19,72	T	12	I	73,5
385	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	103,23	18,51	T	13	I	125,8
386	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	76,76	14	T	02	M	59,4
387	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	67,37	11,34	T	05	M	83,7
388	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	67,37	11,99	T	06	M	61,4
389	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	75,85	13,3	T	07	M	103,3
390	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	97,72	11,48	T	10	M	115,4
391	H	E	1	N	C	19	1318	1669	86,35	16,63	T	11	M	72,2
392	H	E	1	N	C	19	1318	1669	86,35	15,79	T	12	M	52,5
393	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	103,99	13,46	T	13	M	107,7
394	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	103,99	12,76	T	14	M	95,9
395	H	M	1	N	C	19	1318	1669	69,82	10,1	T	15	M	56,3
396	H	M	1	N	C	19	1318	1669	69,82	10,8	T	16	M	66,0
397	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	86,84	12,59	T	18	M	69,9
398	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	99,21	15,69	T	19	M	96,4
399	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	94,37	14,84	T	22	M	81,3
400	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	92,17	14,79	T	27	M	66,4
401	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	92,17	14,55	T	28	M	60,6
402	H	M	1	N	C	19	1318	1669	92,45	9,03	T	29	M	90,0
403	H	M	1	N	C	19	1318	1669	92,45	14,52	T	30	M	117,5

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
404	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	67,46	9,38	T	02	S	99,9
405	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	64,79	10,31	T	03	S	99,7
406	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	64,79	9,14	T	04	S	134,1
407	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	71,44	11,03	T	05	S	74,8
408	H	E	1	N	C	19	1318	1669	86,73	11,97	T	07	S	89,8
409	H	E	1	N	C	19	1318	1669	86,73	12,58	T	08	S	122,9
410	H	M	1	N	C	19	1318	1669	60,91	9,3	T	12	S	74,4
411	H	M	1	N	C	19	1318	1669	60,4	8,99	T	13	S	50,3
412	H	E	1	N	C	19	1318	1669	60,4	9,45	T	14	S	72,4
413	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	83,73	11,51	T	15	S	146,6
414	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	83,73	11,27	T	16	S	108,4
415	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	51,71	8,95	T	17	S	109,2
416	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	51,71	8,52	T	18	S	93,5
417	H	E	1	N	CH	17,1	1646	1978	77,5	11,53	T	19	S	88,4
418	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	77,5	11,83	T	20	S	56,3
419	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	61,14	9,41	T	21	S	80,4
420	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	61,14	9,65	T	22	S	87,0
421	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	72,73	11,74	T	23	S	121,7
422	H	E	1	N	U	18,5	1802	1771	72,73	12,18	T	24	S	128,6
423	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	72,73	10,46	T	26	S	123,1
424	H	M	1	N	C	19	1318	1669	71,49	8,71	T	28	S	82,8
425	H	M	1	N	C	19	1318	1669	86,73	12,06	T	29	S	110,7
426	H	M	1	N	C	19	1318	1669	86,73	12,02	T	30	S	86,6
427	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	80,59	15,72	V	01	I	4,8
428	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	88,46	16,48	V	02	I	4,4
429	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	123,79	26,24	V	03	I	4,0
430	H	M	1	N	C	19	1318	1669	86,61	13,93	V	04	I	5,6
431	H	M	1	N	C	19	1318	1669	87,52	13,5	V	05	I	6,8
432	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	101,3	18,71	V	06	I	5,2
433	H	M	1	N	C	19	1318	1669	74,17	13,93	V	07	I	3,0
434	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	83,54	14,48	V	08	I	4,6
435	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	81,57	16,64	Vn	01	I	5,2
436	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	119,6	23,29	Vn	03	I	4,9
437	H	M	1	N	C	19	1318	1669	88,64	14,13	Vn	04	I	2,9
438	H	M	1	N	C	19	1318	1669	75,07	14,19	Vn	06	I	2,0
439	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	82,42	13,27	Vn	07	I	6,7
440	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99,65	21,83	Vn	08	I	1,2
441	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	59,8	9,05	V	01	M	7,2
442	H	M	1	N	C	19	1318	1669	90	13,3	V	02	M	3,7
443	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	63,5	8,3	V	03	M	4,7
444	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	80	10,7	V	04	M	3,9
445	H	M	1	N	C	19	1318	1669	90,5	11,2	V	06	M	5,0
446	H	M	1	N	C	19	1318	1669	72	10,35	V	08	M	4,3
447	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	81,7	9,97	V	09	M	5,1
448	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	73,2	11,6	V	10	M	3,9
449	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	94,6	11,9	V	11	M	6,8
450	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99,3	15,7	V	12	M	4,8
451	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	85,9	10,4	V	13	M	3,4

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
452	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	92,7	12,5	V	14	M	5,1
453	H	M	1	N	C	19	1318	1669	95,4	11,9	V	15	M	7,8
454	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	88	12,8	Vn	01	M	4,1
455	H	M	1	N	C	19	1318	1669	100,5	27,5	Vn	02	M	1,7
456	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	62,9	9,03	Vn	03	M	3,7
457	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	85,2	15,8	Vn	04	M	2,6
458	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	94,9	12,3	Vn	05	M	5,0
459	H	M	1	N	C	19	1318	1669	95,6	13,1	Vn	06	M	2,2
460	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	113	14,9	Vn	07	M	6,2
461	H	M	1	N	C	19	1318	1669	72,8	10,7	Vn	08	M	2,0
462	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	88,5	11,2	Vn	09	M	4,2
463	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	95,2	11,7	Vn	10	M	2,5
464	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	98,5	13,1	Vn	11	M	3,6
465	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	87,8	12,1	Vn	12	M	2,4
466	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	93,4	13,3	Vn	13	M	4,1
467	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,9	11,6	Vn	14	M	2,1
468	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	95,5	12,3	Vn	15	M	8,3
469	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	66,2	8,5	V	01	S	4,7
470	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	77,7	9,28	V	02	S	4,0
471	H	M	1	N	C	19	1318	1669	89,7	10,1	V	03	S	6,0
472	H	M	1	N	C	19	1318	1669	64,7	7,87	V	04	S	4,5
473	H	M	1	N	C	19	1318	1669	58,5	7,5	V	05	S	5,2
474	H	M	1	N	C	19	1318	1669	65,8	8,05	V	06	S	3,0
475	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	83,2	9,05	V	07	S	7,5
476	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	57	8,42	V	08	S	6,0
477	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	86,4	10,6	V	10	S	3,5
478	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	64,1	9,07	V	11	S	4,4
479	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	74,71	9,83	V	12	S	7,0
480	H	M	1	N	C	19	1318	1669	76,8	8,35	V	13	S	4,0
481	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	88,4	9,37	V	14	S	6,0
482	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	54	7,8	V	15	S	2,9
483	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	67,8	6,51	Vn	01	S	6,4
484	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	79,3	7,11	Vn	02	S	1,9
485	H	M	1	N	C	19	1318	1669	91,5	8,66	Vn	03	S	5,1
486	H	M	1	N	C	19	1318	1669	65	6,69	Vn	04	S	2,1
487	H	M	1	N	C	19	1318	1669	69,6	6,34	Vn	05	S	6,8
488	H	M	1	N	C	19	1318	1669	71,9	6,76	Vn	06	S	1,7
489	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	81,7	6,81	Vn	07	S	6,7
490	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	53,8	6,71	Vn	08	S	2,3
491	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	49,4	6,26	Vn	09	S	7,6
492	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	86,9	8,44	Vn	10	S	1,4
493	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	71,2	7,01	Vn	11	S	5,3
494	H	M	1	N	C	19	1318	1669	77	6,82	Vn	13	S	4,9
495	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	87,4	6,91	Vn	14	S	1,5
496	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	54,3	6,38	Vn	15	S	6,3
497	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	80,1	14,8	CP	01	I	6,7
498	H	M	1	N	C	19	1318	1669	83,7	17,6	CP	02	I	13,3
499	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	103,7	17,9	CP	03	I	7,5

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
500	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	116,4	24	CP	04	I	6,6
501	H	M	1	N	C	19	1318	1669	74,4	15,8	CP	05	I	4,4
502	H	M	1	N	C	19	1318	1669	103,1	16,3	CP	06	I	4,0
503	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	82,9	13,4	CP	07	I	9,3
504	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,9	17,4	CP	08	I	8,0
505	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	87,9	16	CP	09	I	7,5
506	H	M	1	N	C	19	1318	1669	85,9	15,3	CP	10	I	5,6
507	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	84,6	15,7	CP	11	I	6,0
508	H	M	1	N	C	19	1318	1669	85,6	20,2	CP	12	I	6,6
509	H	M	1	N	C	19	1318	1669	74,3	16,5	CP	13	I	4,5
510	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99	21,3	CP	14	I	8,6
511	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	84,1	16,1	CP	15	I	8,8
512	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	89,7	13	CP	01	M	5,6
513	H	M	1	N	C	19	1318	1669	80,5	10,3	CP	02	M	6,0
514	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	70,3	9,3	CP	03	M	8,3
515	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	84,3	14,9	CP	04	M	8,1
516	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	75,5	10,3	CP	05	M	7,6
517	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99	14,8	CP	06	M	9,6
518	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	93,9	12,2	CP	07	M	8,4
519	H	M	1	N	C	19	1318	1669	106,1	16,6	CP	08	M	4,3
520	H	M	1	N	C	19	1318	1669	92,8	11,8	CP	09	M	6,9
521	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	122,1	16,9	CP	10	M	3,5
522	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	120,4	18,2	CP	11	M	7,2
523	H	M	1	N	C	19	1318	1669	73,5	11,4	CP	12	M	5,1
524	H	M	1	N	C	19	1318	1669	72,1	9,6	CP	13	M	5,6
525	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	98,5	15,9	CP	14	M	4,9
526	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	95,8	13,3	CP	15	M	5,1
527	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	112,7	17,6	CP	16	M	5,9
528	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	92,8	11,5	CP	17	M	6,8
529	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	99,9	13,7	CP	18	M	3,8
530	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	93,7	11,8	CP	19	M	5,8
531	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	97,4	14,1	CP	20	M	4,9
532	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	92,8	12,4	CP	21	M	6,1
533	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	93,6	12,9	CP	22	M	4,9
534	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	91,4	15	CP	23	M	7,9
535	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	99	15,7	CP	24	M	7,1
536	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	94,1	13,2	CP	25	M	11,2
537	H	M	1	N	C	19	1318	1669	97,3	12,8	CP	26	M	13,0
538	H	M	1	N	C	19	1318	1669	93,9	11,2	CP	27	M	5,4
539	H	M	1	N	C	19	1318	1669	86,6	13	CP	28	M	10,2
540	H	M	1	N	C	19	1318	1669	80,6	11	CP	29	M	8,5
541	H	M	1	N	C	19	1318	1669	79,1	10,2	CP	30	M	7,8
542	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	77,3	10	CP	01	S	7,9
543	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	68,4	8,4	CP	02	S	10,0
544	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	70,8	8,5	CP	03	S	6,2
545	H	M	1	N	C	19	1318	1669	91,1	10,7	CP	04	S	7,6
546	H	M	1	N	C	19	1318	1669	59,9	8	CP	05	S	8,0
547	H	M	1	N	C	19	1318	1669	60,6	7,7	CP	06	S	12,9

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
548	H	M	1	N	C	19	1318	1669	71,6	8,4	CP	07	S	5,8
549	H	M	1	N	C	19	1318	1669	68	8,2	CP	08	S	6,2
550	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	52,1	8,5	CP	09	S	11,7
551	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	72	11	CP	10	S	5,6
552	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	56	7,8	CP	11	S	8,8
553	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	53,4	7,8	CP	12	S	11,8
554	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	86,4	11,1	CP	13	S	8,4
555	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	86,8	11,4	CP	14	S	7,5
556	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	69,6	9,1	CP	15	S	6,5
557	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	68,5	8,7	CP	16	S	6,0
558	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	78	10,7	CP	17	S	7,0
559	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	66,6	8,7	CP	18	S	6,9
560	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	72,3	9,6	CP	19	S	7,8
561	H	M	1	N	C	19	1318	1669	75,8	88	CP	20	S	7,5
562	H	M	1	N	C	19	1318	1669	73,9	8,6	CP	21	S	9,0
563	H	M	1	N	C	19	1318	1669	87,2	10	CP	22	S	7,4
564	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	161,5	7,5	CP	23	S	40,4
565	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	83,8	10,3	CP	24	S	6,7
566	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	69,1	9,1	CP	25	S	7,9
567	H	M	1	N	C	19	1318	1669	54,6	8,7	CP	26	S	10,5
568	H	M	1	N	C	19	1318	1669	69,8	8,5	CP	27	S	11,3
569	H	M	1	N	C	19	1318	1669	74,2	9	CP	28	S	10,2
570	H	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	73,8	11,9	CP	29	S	7,6
571	H	M	1	N	U	18,5	1802	1771	78,3	9,9	CP	30	S	8,2
572	Ing	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	68,27	9,35	F	03	M	131,6
573	Ing	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	61,4	9,46	F	05	M	233,7
574	Ing	M	1	N	CH	17,1	1646	1978	80,49	24,95	F	08	M	57,0
575	Ing	M	1	N	C	19	1318	1669	89,48	10,69	F	07	M	87,1
576	Ing	M	1	N	C	19	1318	1669	77,3	10,19	F	12	M	149,0
577	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	88,96	12,32	F	01	M	81,3
578	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	95,9	13,83	F	02	M	39,9
579	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	91,72	13,21	F	03	M	116,7
580	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	75,29	11,47	F	06	M	134,1
581	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	96	13,65	F	11	M	81,9
582	Ing	M	1	N	U	18,5	1802	1771	87,5	12,53	F	14	M	96,0
583	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	124,74	13,67	C	01	I	23,3
584	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	123,41	13,63	C	02	I	20,0
585	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,4	23,06	C	03	I	30,2
586	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,72	15,48	C	04	I	24,1
587	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115,89	23,7	C	05	I	22,6
588	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	138,6	18,48	C	06	I	34,1
589	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,54	19,2	C	07	I	30,1
590	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,2	16,69	C	08	I	50,0
591	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,18	11,56	C	09	I	39,4
592	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	100,03	15,78	C	10	I	27,7
593	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,58	12,09	C	11	I	32,2
594	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,05	19,5	C	12	I	32,0
595	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	126,44	22,87	C	13	I	31,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
596	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,02	22,26	C	14	I	29,0
597	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	118,61	16,8	C	15	I	40,5
598	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	132,09	16,49	C	01	M	25,4
599	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,43	14,05	C	02	M	24,2
600	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,8	13,34	C	03	M	24,9
601	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,78	11,42	C	04	M	26,9
602	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	122,73	11,6	C	05	M	30,4
603	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	129,72	16,09	C	06	M	30,2
604	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,58	11,66	C	07	M	47,1
605	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,1	12,18	C	08	M	32,5
606	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	124,38	11,59	C	09	M	23,5
607	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139,88	15,48	C	10	M	30,3
608	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,37	15,8	C	11	M	32,8
609	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	106,81	11,15	C	12	M	56,7
610	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	124,34	15,47	C	13	M	26,2
611	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,2	12,67	C	14	M	30,5
612	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	94,2	11,55	C	15	M	32,0
613	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	135,46	15,71	C	16	M	39,6
614	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,03	14,47	C	17	M	33,5
615	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,86	8,04	C	18	M	40,8
616	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,19	12,41	C	19	M	39,6
617	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,2	11,24	C	20	M	37,7
618	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115,84	10,87	C	21	M	34,0
619	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,15	16,2	C	22	M	26,5
620	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	146,77	17,51	C	23	M	19,6
621	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	147,23	15,38	C	24	M	21,8
622	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	88,74	8,41	C	25	M	39,6
623	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,33	10,11	C	26	M	34,5
624	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,77	9,38	C	27	M	33,8
625	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,32	9,44	C	28	M	32,6
626	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,05	10,82	C	29	M	45,1
627	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,84	8,81	C	30	M	38,8
628	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,54	12,78	C	31	M	27,8
629	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	81,74	7,64	C	01	S	36,6
630	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,44	10,89	C	02	S	31,6
631	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	111,28	10,48	C	03	S	27,3
632	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,01	8,15	C	04	S	30,3
633	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	116,48	9,91	C	05	S	41,4
634	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	132,39	11,64	C	06	S	33,7
635	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	132,54	10,66	C	07	S	30,9
636	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,86	8,46	C	08	S	30,8
637	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	110,9	10,09	C	09	S	31,7
638	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	81,43	7,58	C	10	S	33,4
639	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	85,26	7,72	C	11	S	37,2
640	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	78,35	8,2	C	12	S	32,5
641	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	113,31	9,38	C	13	S	35,6
642	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	108,33	8,87	C	14	S	41,0
643	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	109,18	10,08	C	15	S	28,5

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
644	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	116,03	9,91	C	16	S	35,9
645	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	112,54	10,24	C	17	S	30,0
646	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	118,66	10,89	C	18	S	30,1
647	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	75,8	6,88	C	19	S	37,8
648	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,37	13,09	C	20	S	33,1
649	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	81,62	7,77	C	21	S	35,5
650	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	76,9	7,76	C	22	S	35,7
651	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	76,08	7,46	C	23	S	37,9
652	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,62	13,96	C	24	S	31,2
653	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115	9,28	C	25	S	37,4
654	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	114,65	9,34	C	26	S	29,9
655	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	113,98	9,26	C	27	S	39,2
656	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115,52	9,48	C	28	S	33,8
657	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	109,4	9,56	C	29	S	32,1
658	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	88,99	14,67	C	30	S	35,3
659	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127,34	16,86	T	01	I	65,9
660	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127,34	15,21	T	02	I	63,5
661	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127,34	18,8	T	03	I	77,6
662	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127,34	10,39	T	05	I	86,7
663	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	143,23	22,85	T	09	I	80,3
664	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	143,23	27,93	T	10	I	65,2
665	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,72	13,17	T	11	I	95,6
666	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,72	15,16	T	12	I	87,0
667	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,72	16,2	T	13	I	85,6
668	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,72	14,46	T	14	I	96,8
669	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,21	15,25	T	06	M	47,6
670	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,21	14,28	T	08	M	66,5
671	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	117,9	20,61	T	11	M	85,8
672	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	117,9	20,74	T	12	M	92,9
673	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	117,9	18,11	T	14	M	69,6
674	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,18	14,14	T	17	M	44,2
675	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,18	15,33	T	18	M	59,9
676	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,18	13,64	T	19	M	46,6
677	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,18	14,12	T	20	M	53,4
678	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139,33	14,25	T	21	M	45,5
679	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139,33	17,43	T	22	M	46,6
680	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139,33	11,77	T	23	M	57,3
681	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139,33	14,31	T	24	M	56,9
682	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,64	13,06	T	27	M	72,2
683	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,64	14,44	T	28	M	50,8
684	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,64	11,33	T	29	M	60,8
685	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,23	12,12	T	01	S	78,3
686	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,23	13,66	T	02	S	66,8
687	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,23	12,82	T	03	S	77,8
688	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,23	13	T	05	S	74,5
689	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,93	10,08	T	06	S	75,4
690	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,93	11,76	T	10	S	88,0
691	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,53	9,79	T	11	S	53,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
692	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,53	10,24	T	12	S	75,2
693	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,53	10,14	T	13	S	74,7
694	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,53	10,65	T	14	S	67,0
695	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,53	8,81	T	15	S	70,4
696	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	102,64	9,09	T	17	S	44,3
697	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	102,64	8,41	T	18	S	62,4
698	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	102,64	9,01	T	19	S	56,4
699	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	102,64	14,3	T	20	S	68,1
700	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,58	8,21	T	21	S	75,6
701	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,58	8,47	T	23	S	72,8
702	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,58	9,19	T	24	S	88,8
703	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	108,8	11,73	T	26	S	70,8
704	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	108,8	11,71	T	28	S	50,7
705	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	108,8	14,69	T	29	S	50,6
706	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	108,8	14,34	T	30	S	51,0
707	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,21	5,88	V	01	I	12,3
708	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	150,11	20,12	V	02	I	5,0
709	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	141,94	21,27	V	03	I	7,2
710	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	123,03	16,26	V	04	I	3,4
711	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,67	22,79	V	05	I	4,3
712	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,35	12,42	V	06	I	6,6
713	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,22	17,02	V	07	I	7,4
714	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,01	12,86	V	08	I	7,5
715	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	89,96	7,13	V	09	I	11,7
716	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,28	14,79	V	10	I	6,4
717	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,64	13,39	Vn	01	I	6,4
718	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,54	22,09	Vn	02	I	5,3
719	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,3	15,93	Vn	03	I	6,2
720	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,39	8,83	Vn	04	I	8,2
721	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	140,05	15,77	Vn	05	I	6,4
722	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,77	19,13	Vn	06	I	6,8
723	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	85,7	15,33	Vn	07	I	7,0
724	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,5	10,67	Vn	08	I	8,7
725	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	95,66	16,27	Vn	09	I	9,4
726	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,99	15,57	Vn	10	I	10,5
727	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	122,8	12,43	V	01	M	5,6
728	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,7	13,77	V	02	M	5,2
729	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,07	15,31	V	03	M	5,3
730	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	97,74	11,55	V	04	M	5,2
731	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,27	15,4	V	05	M	5,0
732	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,17	15,33	V	06	M	6,7
733	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	114,93	10,8	V	07	M	7,1
734	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	135,69	15,2	V	08	M	6,7
735	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,54	13,38	V	09	M	5,8
736	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,76	11,35	V	10	M	6,0
737	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,5	17,99	V	11	M	4,6
738	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	135,57	14,63	V	12	M	4,8
739	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,2	10,64	V	13	M	8,7

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
740	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,16	11,31	V	14	M	6,4
741	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	97,09	12,92	V	15	M	5,7
742	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,74	9,95	V	16	M	5,3
743	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	96,89	11,43	V	17	M	5,4
744	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	132,36	15,87	Vn	01	M	5,8
745	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,73	14,46	Vn	02	M	5,8
746	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,64	10,81	Vn	03	M	8,3
747	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,23	15,36	Vn	04	M	6,6
748	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,94	15,28	Vn	05	M	5,2
749	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,34	11,34	Vn	06	M	6,2
750	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	124,17	31,3	Vn	07	M	3,5
751	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	121,14	13,49	Vn	08	M	6,7
752	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,83	15,28	Vn	09	M	6,6
753	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,46	12,96	Vn	10	M	6,6
754	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	139	14,36	Vn	11	M	6,9
755	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127,59	11,68	Vn	12	M	6,2
756	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	145,75	20,49	Vn	13	M	4,6
757	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	144,56	15,95	Vn	14	M	5,0
758	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,55	11,31	Vn	15	M	8,2
759	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,11	12,1	Vn	16	M	5,8
760	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,5	9,59	Vn	17	M	6,9
761	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	129,84	12,4	V	01	S	6,5
762	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,46	9,98	V	02	S	6,7
763	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	121,15	10,64	V	03	S	6,6
764	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,75	12,31	V	04	S	6,8
765	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	111,26	9,18	V	05	S	6,7
766	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,83	10,65	V	06	S	8,7
767	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	113,54	10,82	V	07	S	9,7
768	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	102,03	8,05	V	08	S	6,3
769	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	101,38	8,15	V	09	S	6,7
770	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	117,03	10,68	V	10	S	5,2
771	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	86,51	7,98	V	11	S	7,2
772	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	83,86	7,47	V	12	S	7,3
773	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	74,4	6,8	V	13	S	7,6
774	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,33	10,92	V	14	S	6,2
775	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	110,04	10,57	V	15	S	5,0
776	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	82,26	7,27	V	16	S	7,8
777	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,39	11,86	V	17	S	5,6
778	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	110,13	9,33	Vn	01	S	6,6
779	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119,98	10,55	Vn	02	S	8,2
780	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,17	12,04	Vn	03	S	6,2
781	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,18	11,25	Vn	04	S	3,6
782	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,92	11,42	Vn	05	S	6,0
783	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,67	10,92	Vn	06	S	7,4
784	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	76,36	7,36	Vn	07	S	7,0
785	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,78	8,34	Vn	08	S	6,5
786	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	82,68	7,87	Vn	09	S	7,1
787	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	99,61	7,99	Vn	10	S	7,2

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
788	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	122,4	11,75	Vn	11	S	6,0
789	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	110,97	9,33	Vn	12	S	5,8
790	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	87,03	8,52	Vn	13	S	7,9
791	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	81,75	8,1	Vn	14	S	7,8
792	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115,53	9,69	Vn	15	S	6,7
793	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	112,96	21,8	Vn	16	S	3,3
794	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	77,51	7,32	Vn	17	S	8,4
795	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	141,1	22,5	CP	01	I	7,8
796	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,7	28,5	CP	02	I	5,5
797	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	125,4	20,8	CP	03	I	5,8
798	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	136,8	25,6	CP	04	I	5,8
799	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,6	15,4	CP	05	I	7,6
800	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	96,4	16,9	CP	06	I	11,6
801	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	137,1	18,5	CP	07	I	9,3
802	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,7	22,5	CP	08	I	8,6
803	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,8	18,5	CP	09	I	9,0
804	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,4	21	CP	10	I	7,6
805	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	127	27,7	CP	11	I	4,8
806	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,8	21,1	CP	12	I	7,3
807	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	120,7	20,1	CP	13	I	9,0
808	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	126,8	29,5	CP	14	I	6,2
809	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	97,6	15,2	CP	15	I	9,4
810	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,1	15,8	CP	01	M	9,1
811	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	126	12,6	CP	02	M	4,4
812	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	135,4	20	CP	03	M	5,9
813	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	133,6	28,4	CP	04	M	1,7
814	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,6	14,5	CP	05	M	7,6
815	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	126	12,3	CP	06	M	4,5
816	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	114,8	11,4	CP	09	M	1,2
817	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	134,5	15	CP	10	M	6,7
818	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,6	10	CP	11	M	5,8
819	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	130,2	13,1	CP	12	M	4,8
820	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	90,8	9,4	CP	13	M	8,5
821	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	144	17,9	CP	14	M	5,6
822	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	145,3	16,7	CP	15	M	4,6
823	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,6	11,5	CP	16	M	18,0
824	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	94,7	12,8	CP	17	M	10,6
825	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	95,6	11,8	CP	18	M	10,7
826	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	94,3	10,8	CP	19	M	7,1
827	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,5	10,4	CP	20	M	5,4
828	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	113,1	9,7	CP	01	S	8,5
829	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	96,6	12,6	CP	02	S	5,2
830	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	131,1	12,5	CP	03	S	4,4
831	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	138,3	11,4	CP	04	S	4,7
832	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	78,3	7,1	CP	05	S	8,4
833	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,8	8,1	CP	06	S	6,2
834	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	78,1	7,2	CP	07	S	6,6
835	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	88,1	7,8	CP	08	S	8,3

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
836	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	113,5	10,8	CP	09	S	10,1
837	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	105,9	9,8	CP	10	S	7,3
838	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	119	10,8	CP	11	S	8,3
839	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	128,8	10,3	CP	12	S	3,2
840	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	85,5	8,9	CP	13	S	5,0
841	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	84,8	8,1	CP	14	S	6,0
842	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	86,3	8,3	CP	15	S	5,6
843	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	117,1	10	CP	17	S	5,1
844	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	115,9	9,9	CP	18	S	4,2
845	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	114,6	9,6	CP	19	S	4,4
846	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	114,7	9,4	CP	20	S	4,6
847	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	85,4	12,3	F	01	M	75,0
848	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	93,7	10,3	F	02	M	153,0
849	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	91,2	11,1	F	03	M	68,0
850	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	104,8	15,5	F	04	M	49,0
851	Ve	M	1	V	B	23,8	1081	963	92,2	10,9	F	05	M	65,0
852	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	110,5	17,03	C	01	I	37,6
853	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	111,82	19,32	C	02	I	36,2
854	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	134,48	24,43	C	03	I	29,7
855	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,25	21,82	C	05	I	26,1
856	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,17	9,87	C	01	M	30,7
857	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	97,02	9,54	C	02	M	28,9
858	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	152,93	16,38	C	03	M	36,6
859	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	121,62	11,24	C	04	M	51,7
860	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	110,43	11,55	C	05	M	25,9
861	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	93,13	9,67	C	06	M	34,7
862	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	116,05	12,33	C	07	M	26,7
863	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	136,46	15,13	C	08	M	37,7
864	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	142,87	13,9	C	09	M	26,1
865	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	80,51	10,68	C	10	M	26,1
866	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	125,1	16,58	C	15	M	28,7
867	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	126,74	15,01	C	16	M	36,7
868	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	124,21	14,15	C	17	M	34,5
869	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,37	17,7	C	18	M	44,3
870	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,63	21,57	C	19	M	28,1
871	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	103,24	14,22	C	20	M	33,1
872	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	102,49	12,98	C	21	M	40,7
873	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	102,31	12,56	C	22	M	30,9
874	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	101,23	10,11	C	01	S	27,6
875	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	103,84	10,68	C	02	S	36,5
876	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,36	12,53	C	03	S	57,6
877	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,5	10,94	C	04	S	45,1
878	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	97,65	9,32	C	05	S	62,7
879	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	101,45	12,06	C	06	S	60,4
880	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,5	31,65	T	01	I	47,2
881	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,5	33,4	T	02	I	46,2
882	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,5	32,36	T	03	I	53,5
883	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,5	26,11	T	04	I	81,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
884	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	171,5	26,01	T	05	I	74,9
885	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	174,25	32,31	T	06	I	63,6
886	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	174,25	24,86	T	07	I	60,0
887	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	174,25	30,14	T	08	I	44,6
888	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	174,25	25,93	T	09	I	54,2
889	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	174,25	34,15	T	10	I	55,6
890	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	157,28	16,23	T	01	M	64,8
891	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	157,28	16,48	T	02	M	59,6
892	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	157,28	21,05	T	03	M	68,2
893	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	157,28	20,82	T	04	M	72,2
894	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	157,28	20,87	T	05	M	76,9
895	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,1	19,82	T	06	M	77,4
896	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,1	16,61	T	07	M	60,2
897	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,1	22,21	T	08	M	70,3
898	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,1	22,93	T	09	M	72,0
899	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,1	17,5	T	10	M	81,1
900	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	107,98	11,51	T	02	S	61,8
901	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	107,98	14,2	T	03	S	58,3
902	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	107,98	12,91	T	04	S	59,4
903	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	107,98	12,3	T	05	S	56,9
904	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	92,9	12,2	T	06	S	65,6
905	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	92,9	13,04	T	07	S	51,2
906	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	92,9	14,89	T	08	S	58,4
907	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	111,22	18,35	V	01	I	8,6
908	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	100,82	24,3	V	02	I	4,0
909	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	143,83	26,21	V	03	I	6,8
910	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	165,3	25,87	Vn	01	I	5,3
911	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	113,21	24,22	Vn	02	I	7,2
912	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	111,53	17,22	Vn	03	I	8,2
913	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	134,68	22,61	Vn	04	I	6,0
914	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	155,09	24,13	Vn	05	I	3,2
915	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	146,74	21,67	Vn	06	I	7,6
916	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	102,38	12,27	V	01	M	6,1
917	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	155,31	16,67	V	02	M	5,1
918	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	117,32	12,81	V	03	M	2,2
919	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	98,81	11,68	V	04	M	2,5
920	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	120,46	11,01	V	05	M	7,9
921	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	155,31	16,67	V	06	M	5,1
922	Ve	M	1	Q	Mont.	21	1973	1294	83,58	11,78	V	07	M	4,2
923	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	85,19	11,69	V	08	M	5,0
924	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	120,61	19,19	V	09	M	5,3
925	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	119,75	19,32	V	10	M	5,0
926	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	111,65	13,08	V	11	M	6,2
927	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	93,36	9	V	12	M	6,6
928	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	133,11	18,84	V	13	M	7,2
929	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	100,58	13,94	V	15	M	4,2
930	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	98,53	11,6	V	16	M	5,1
931	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	166,13	18,78	Vn	01	M	6,7

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
932	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	155,4	16,78	Vn	02	M	6,4
933	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	184,4	11,54	Vn	05	M	6,2
934	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	85,45	11,8	Vn	07	M	5,8
935	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	83,51	11,91	Vn	08	M	5,7
936	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	124,82	17,47	Vn	09	M	4,9
937	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	126,89	16,92	Vn	10	M	5,7
938	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	90,51	9,65	Vn	11	M	7,6
939	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	127,82	15,59	Vn	12	M	2,8
940	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	103,07	15,12	Vn	14	M	5,8
941	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	103,02	14,21	Vn	15	M	3,7
942	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	84,69	10,75	V	01	S	7,4
943	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	107,17	12,75	V	02	S	4,2
944	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	109,11	11,95	V	03	S	3,8
945	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	100,84	12,57	Vn	01	S	3,5
946	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	112,51	12,17	Vn	02	S	6,0
947	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	92,49	13,43	Vn	03	S	10,3
948	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,28	12,55	Vn	04	S	8,1
949	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	106,33	11,62	Vn	05	S	7,0
950	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	102,8	22,3	CP	01	I	6,2
951	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	165,3	31,8	CP	03	I	6,4
952	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	146	27,9	CP	04	I	9,0
953	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	146	22,4	CP	05	I	7,1
954	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	167,5	19,8	CP	01	M	8,1
955	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	166,8	18,9	CP	02	M	5,1
956	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	155,5	17,4	CP	03	M	3,7
957	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	134	16	CP	04	M	3,8
958	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	126,8	11,6	CP	05	M	12,3
959	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	86,7	12,7	CP	06	M	9,1
960	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	176	23,5	CP	07	M	3,4
961	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	80,9	15,6	CP	08	M	6,2
962	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	114,5	17,9	CP	09	M	6,7
963	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	129	15,6	CP	10	M	10,8
964	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	129	17,5	CP	11	M	5,5
965	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	121,5	14,4	CP	12	M	10,8
966	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	102,5	14	CP	13	M	4,7
967	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	100,3	12,4	CP	14	M	6,7
968	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	99	16,1	CP	15	M	3,6
969	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	98,3	9,9	CP	16	M	10,6
970	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	100,3	12,1	CP	17	M	3,7
971	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	108	11,9	CP	01	S	9,5
972	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	108	11,3	CP	02	S	8,9
973	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	111	12,6	CP	03	S	9,1
974	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	104,8	11,2	CP	04	S	7,4
975	Ve		1	Q	Mont.	21	1973	1294	99,5	10,9	CP	05	S	11,2
976	H	E	2	T	P	19,6	2900	1447	131,99	14,61	C	01	I	36,2
977	H	E	2	T	P	19,6	2900	1447	124,97	10,69	C	03	I	41,4
978	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	118,61	16,42	C	04	I	53,1
979	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	144,54	17,15	C	06	I	27,0

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
980	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	140,49	13,61	C	07	I	32,9
981	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	122,77	14,54	C	08	I	37,6
982	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	122,38	12,53	C	09	I	31,2
983	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	136,4	15,43	C	10	I	34,0
984	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	128,81	18,68	C	11	I	43,8
985	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	133,96	16,26	C	12	I	41,1
986	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	138,55	18,31	C	13	I	22,5
987	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	124,48	14,54	C	14	I	39,0
988	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	138,32	13,36	C	01	M	26,9
989	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	152,66	13,51	C	02	M	27,3
990	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	137,36	11,86	C	04	M	54,6
991	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	133,09	13,33	C	05	M	23,8
992	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	144,86	12,97	C	06	M	31,6
993	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	148,57	14,07	C	07	M	29,4
994	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	135,07	13,09	C	08	M	28,2
995	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	129,76	12,6	C	09	M	43,1
996	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	130,39	13,41	C	11	M	18,3
997	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	123,4	12,37	C	12	M	19,2
998	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	128,36	11,32	C	13	M	28,2
999	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	137,14	11,9	C	14	M	16,4
1000	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	130,63	10,77	C	15	M	29,8
1001	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	145,09	13,43	C	16	M	16,1
1002	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	139,18	10,81	C	17	M	59,1
1003	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	138,15	12,36	C	18	M	32,9
1004	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	110,6	10,43	C	20	M	27,5
1005	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	129,76	12,6	C	23	M	54,4
1006	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	119,91	11,07	C	24	M	51,2
1007	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	119,31	9,97	C	25	M	64,4
1008	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	109,25	10,45	C	27	M	37,5
1009	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	101,78	9,75	C	28	M	37,1
1010	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	118,64	10,5	C	29	M	48,8
1011	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	134,28	11,57	C	30	M	24,5
1012	H		2	T	V	16,9	2488	2038	112,74	9,28	C	01	S	48,0
1013	H		2	T	V	16,9	2488	2038	116,06	9,61	C	02	S	32,5
1014	H		2	T	P	19,6	2900	1447	127,68	9,8	C	03	S	22,8
1015	H		2	T	P	19,6	2900	1447	118,45	10,08	C	04	S	15,0
1016	H		2	T	V	16,9	2488	2038	111,67	8,58	C	05	S	45,9
1017	H		2	T	L	18,9	23,78	1568	111,05	9,44	C	06	S	16,4
1018	H		2	T	L	18,9	23,78	1568	102,2	8,93	C	07	S	39,2
1019	H		2	T	P	19,6	2900	1447	106,22	8,06	C	08	S	46,4
1020	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	112,89	8,65	C	09	S	14,6
1021	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	129,98	10,48	C	10	S	35,6
1022	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	126,39	10,31	C	11	S	30,0
1023	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	94,17	7,1	C	12	S	13,8
1024	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	125,06	9,78	C	13	S	56,2
1025	H		2	T	P	19,6	2900	1447	125,89	10,54	C	14	S	49,3
1026	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	127,61	9,93	C	16	S	24,4
1027	H		2	T	V	16,9	2488	2038	116,6	10,18	C	17	S	15,7

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1028	H		2	T	P	19,6	2900	1447	113,78	8,43	C	18	S	46,2
1029	H		2	T	P	19,6	2900	1447	118,43	9,29	C	19	S	32,1
1030	H		2	T	Ve	27,1	1388	329	109,5	9,42	C	20	S	53,4
1031	H		2	T	L	18,9	2378	1568	112,45	11,92	C	23	S	42,5
1032	H		2	T	V	16,9	2488	2038	116,8	10,02	C	24	S	24,6
1033	H		2	T	P	19,6	2900	1447	112,28	9,18	C	25	S	23,0
1034	H		2	T	L	18,9	2378	1568	110,19	9,8	C	26	S	46,8
1035	H		2	T	L	18,9	2378	1568	110,2	9,75	C	28	S	51,5
1036	H		2	T	P	19,6	2900	1447	119,13	9,72	C	29	S	26,7
1037	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	151,76	14,68	T	01	I	69,8
1038	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	132,14	12,94	T	02	I	49,4
1039	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	143,53	18,85	T	03	I	53,5
1040	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	149	15,07	T	04	I	62,7
1041	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	137,33	17,23	T	05	I	38,3
1042	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	135,5	11,71	T	06	I	87,4
1043	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	130,28	15,07	T	07	I	39,6
1044	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	146,29	15,58	T	08	I	47,4
1045	H	E	2	T	P	19,6	2900	1447	156,79	12,83	T	09	I	94,4
1046	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	136,22	17,35	T	10	I	35,2
1047	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	140,56	16,37	T	11	I	77,2
1048	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	130,91	15,06	T	12	I	53,3
1049	H	E	2	T	P	19,6	2900	1447	147,84	16,94	T	13	I	47,2
1050	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	136,73	14,9	T	01	M	51,1
1051	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	135,71	16,28	T	03	M	59,9
1052	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	138,03	12,18	T	04	M	83,1
1053	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	125,27	14,72	T	05	M	88,4
1054	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,76	13,36	T	08	M	43,2
1055	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	122,02	13,35	T	09	M	64,1
1056	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	126,93	12,19	T	11	M	51,2
1057	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	126,37	14,03	T	13	M	51,9
1058	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,64	11,48	T	14	M	77,1
1059	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	136,71	9,21	T	15	M	55,7
1060	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	141,02	13,1	T	16	M	30,8
1061	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	138,14	11,49	T	17	M	62,5
1062	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	132,14	10,38	T	19	M	55,4
1063	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	104,37	11,1	T	20	M	77,2
1064	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	122,29	12,87	T	21	M	65,6
1065	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	103,32	9,07	T	27	M	88,2
1066	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	99,06	13,98	T	28	M	56,2
1067	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	121,57	11,5	T	29	M	62,2
1068	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	138,58	14,27	T	30	M	60,9
1069	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	117,7	10,23	T	02	S	64,7
1070	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	122,08	10,28	T	03	S	80,0
1071	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	121,21	10,28	T	04	S	67,3
1072	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	108,35	11,59	T	06	S	53,2
1073	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	99,13	10,87	T	07	S	78,5
1074	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	97,25	8,48	T	08	S	49,3
1075	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	128,77	8,47	T	10	S	32,9

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1076	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,27	11,3	T	11	S	70,0
1077	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	93,15	6,43	T	12	S	39,4
1078	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	123,21	10,2	T	13	S	35,5
1079	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	153,09	10,59	T	16	S	68,3
1080	H	E	2	T	V	16,9	2488	2038	115,31	10,79	T	17	S	52,9
1081	H	E	2	T	P	19,6	2900	1447	111,78	9,23	T	19	S	66,0
1082	H	E	2	T	Ve	27,1	1388	329	105,59	9,76	T	20	S	99,8
1083	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	104,88	11,43	T	21	S	35,9
1084	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	108,46	8,62	T	22	S	100,0
1085	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	106,66	8,15	T	23	S	38,4
1086	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	118,84	8,5	T	24	S	65,6
1087	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	106,81	8,47	T	25	S	77,4
1088	H	E	2	T	L	18,9	2378	1568	106,76	9,47	T	26	S	50,0
1089	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	123,03	10,15	T	27	S	47,7
1090	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	104,87	7,52	T	30	S	68,0
1091	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	129,9	14,86	V	02	I	5,1
1092	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	104,9	13,92	V	03	I	5,6
1093	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	143,9	15,77	V	04	I	4,7
1094	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	141,9	14,46	V	05	I	4,9
1095	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	117,6	12,18	V	06	I	5,2
1096	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	137,1	15,57	V	07	I	2,7
1097	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	126,1	33,35	V	08	I	3,3
1098	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	137	15,7	Vn	02	I	4,2
1099	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	128,7	13,92	Vn	03	I	4,0
1100	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	120	10,14	Vn	04	I	6,1
1101	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	141,3	17	Vn	05	I	5,1
1102	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,9	13,1	Vn	06	I	3,9
1103	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	130,71	13,64	Vn	07	I	4,9
1104	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	135,08	14,45	Vn	08	I	5,3
1105	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	127,11	11,57	V	01	M	5,9
1106	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	127,1	11,23	V	02	M	3,8
1107	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	147,15	13,35	V	03	M	2,9
1108	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	141,29	12,55	V	04	M	3,4
1109	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	133,1	12,66	V	05	M	1,6
1110	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	132,95	12,95	V	06	M	4,9
1111	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	147,55	12,78	V	07	M	3,1
1112	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	129,3	12,84	V	08	M	5,8
1113	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	117,86	10,89	V	09	M	2,0
1114	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	124,07	11,76	V	10	M	4,7
1115	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	132,62	10,5	V	11	M	4,1
1116	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	136,9	11,15	V	12	M	4,3
1117	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	140,52	12,64	V	13	M	2,7
1118	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	140,62	11,04	V	14	M	1,7
1119	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	139,75	12,83	V	15	M	3,6
1120	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	142,84	13,58	Vn	01	M	1,5
1121	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	132,2	12,88	Vn	02	M	4,9
1122	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	140,5	13,21	Vn	04	M	2,3
1123	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	133,1	12,91	Vn	05	M	4,6

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1124	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	137,35	15,65	Vn	06	M	3,9
1125	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	150,74	13,78	Vn	07	M	3,5
1126	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	128,53	12,79	Vn	08	M	6,5
1127	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	115,47	10,88	Vn	09	M	3,6
1128	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	134,32	11,4	Vn	11	M	1,6
1129	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	122,5	11,58	Vn	12	M	2,5
1130	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	145,53	13,92	Vn	13	M	4,2
1131	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	139,79	11,52	Vn	14	M	3,8
1132	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	138,86	12,6	Vn	15	M	6,2
1133	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	114,92	9,27	V	01	S	2,8
1134	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	111,33	9,7	V	02	S	4,5
1135	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	132,82	10,34	V	03	S	3,4
1136	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	116,56	9,82	V	04	S	3,0
1137	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	112,47	8,88	V	05	S	5,4
1138	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	109,4	9,39	V	06	S	6,3
1139	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	100,19	8,41	V	07	S	5,1
1140	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	101,3	7,8	V	08	S	4,7
1141	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	118,9	8,77	V	09	S	5,4
1142	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,23	10,16	V	10	S	6,0
1143	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,19	10,4	V	11	S	3,2
1144	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	96,13	7,33	V	12	S	5,1
1145	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,72	9,98	V	13	S	4,9
1146	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	120,84	10,06	V	14	S	3,7
1147	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,81	9,66	V	15	S	6,3
1148	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	113,46	9,97	Vn	01	S	6,4
1149	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	116,11	10,21	Vn	02	S	8,1
1150	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	133,33	10,78	Vn	03	S	4,2
1151	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	118,29	10,39	Vn	04	S	5,7
1152	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	111,39	8,8	Vn	05	S	2,9
1153	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	109,91	9,9	Vn	06	S	3,4
1154	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	102,85	9,15	Vn	07	S	3,8
1155	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	107,9	8,35	Vn	08	S	3,5
1156	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	98,68	8,56	Vn	09	S	3,8
1157	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,92	10,89	Vn	10	S	8,0
1158	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	92,5	7,1	Vn	12	S	5,3
1159	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	131,12	10,75	Vn	13	S	5,9
1160	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	129,67	11,29	Vn	14	S	5,3
1161	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,24	10,07	Vn	15	S	5,8
1162	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	128,07	14,54	CP	01	I	2,7
1163	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	140,19	16,37	CP	03	I	4,1
1164	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	130,8	14,89	CP	04	I	2,6
1165	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	128,7	16,7	CP	05	I	4,6
1166	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	106,7	13,3	CP	06	I	6,9
1167	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	143,4	16,5	CP	07	I	6,3
1168	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	142,9	17	CP	08	I	4,1
1169	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	125,7	13,6	CP	09	I	4,6
1170	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	138,6	17,5	CP	10	I	4,8
1171	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	129,4	18,7	CP	11	I	6,2

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1172	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	139,1	18,9	CP	12	I	4,9
1173	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	124	14,3	CP	13	I	4,0
1174	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	133,4	13,8	CP	14	I	5,0
1175	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	131,5	14,2	CP	15	I	6,5
1176	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	140,6	14,6	CP	01	M	4,6
1177	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	150,2	13,1	CP	02	M	3,7
1178	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	138,7	12,2	CP	03	M	3,3
1179	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	135,9	11,9	CP	04	M	4,3
1180	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	126,5	10,9	CP	05	M	4,5
1181	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	115,1	9,4	CP	06	M	8,3
1182	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	149,4	14,9	CP	07	M	2,5
1183	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	131,7	12,7	CP	08	M	2,4
1184	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	128,6	12,7	CP	09	M	5,1
1185	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	145,3	12,8	CP	10	M	2,8
1186	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	133,4	14,5	CP	11	M	6,1
1187	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	120,4	11,9	CP	12	M	2,7
1188	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	130,2	13	CP	13	M	4,8
1189	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	135,3	11,5	CP	14	M	4,0
1190	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	138,8	11,5	CP	15	M	6,1
1191	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	137,9	12,2	CP	16	M	3,8
1192	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	115,6	12	CP	17	M	3,4
1193	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	138,1	12,3	CP	18	M	4,2
1194	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	107,9	10,8	CP	20	M	5,1
1195	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	123,6	11,9	CP	21	M	4,4
1196	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	123,9	9,9	CP	22	M	4,1
1197	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	120,9	11,5	CP	23	M	3,7
1198	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	122,9	11,9	CP	24	M	4,7
1199	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	121,2	10,7	CP	25	M	3,2
1200	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	126,9	12,5	CP	26	M	3,5
1201	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	110,2	11	CP	27	M	3,6
1202	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	105,3	10,5	CP	28	M	3,6
1203	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	120,7	11,5	CP	29	M	5,4
1204	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	144,2	14,1	CP	30	M	4,8
1205	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	117,7	9,6	CP	01	S	4,4
1206	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	118,7	10,2	CP	02	S	4,1
1207	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	130	10,4	CP	03	S	4,0
1208	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	120,9	10,2	CP	04	S	4,9
1209	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	108,3	8,6	CP	05	S	6,0
1210	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	107,7	9,4	CP	06	S	3,1
1211	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	97,8	8,4	CP	07	S	5,6
1212	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	103,9	8	CP	08	S	4,7
1213	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	120,9	9,1	CP	09	S	3,9
1214	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	132,5	11	CP	10	S	4,9
1215	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	124,7	10,4	CP	11	S	5,7
1216	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	100,1	7,4	CP	12	S	5,2
1217	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	127,4	9,9	CP	13	S	6,4
1218	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	121,9	12,7	CP	14	S	4,2
1219	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,7	10	CP	15	S	3,6

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1220	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	129,7	10,4	CP	16	S	5,8
1221	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	188,7	10,2	CP	17	S	4,4
1222	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	117,3	9,4	CP	18	S	3,7
1223	H	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	107,8	8,6	CP	20	S	8,1
1224	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	108,2	9,7	CP	21	S	5,2
1225	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	105,5	9,5	CP	22	S	4,2
1226	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	108,5	9,4	CP	23	S	2,6
1227	H	M	2	T	V	16,9	2488	2038	119	10,5	CP	24	S	4,7
1228	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	107,8	9,3	CP	25	S	4,0
1229	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	119,4	9,6	CP	26	S	2,5
1230	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	127,7	10,4	CP	27	S	5,3
1231	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	105,6	9,1	CP	28	S	6,8
1232	H	M	2	T	P	19,6	2900	1447	114	9,4	CP	29	S	3,6
1233	H	M	2	T	L	18,9	2378	1568	100,7	8,1	CP	30	S	7,9
1234	Ing	M	2	T	P	19,6	2900	1447	106,6	8,9	F	01	M	41,3
1235	Ing	M	2	T	L	18,9	2378	1568	102,5	9,6	F	02	M	46,5
1236	Ing	M	2	T	V	16,9	2488	2038	124	11,7	F	03	M	37,8
1237	Ing	M	2	T	L	18,9	2378	1568	116,02	13,11	F	04	M	36,8
1238	Ing	M	2	T	L	18,9	2378	1568	109,1	11,5	F	05	M	38,6
1239	Ing	M	2	T	P	19,6	2900	1447	118,4	12,6	F	06	M	34,9
1240	Ing	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	117,9	12,1	F	07	M	33,8
1241	Ing	M	2	T	P	19,6	2900	1447	128,8	13	F	08	M	34,2
1242	Ing	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	124,1	12,4	F	09	M	34,0
1243	Ing	M	2	T	L	18,9	2378	1568	108,9	10,7	F	10	M	47,3
1244	Ing	M	2	T	Ve	27,1	1388	329	120,6	9,5	F	11	M	44,1
1245	Ing	M	2	T	V	16,9	2488	2038	119,9	11	F	12	M	37,3
1246	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	111,14	15,21	C	01	I	34,1
1247	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,38	13,34	C	02	I	32,3
1248	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	124,77	17,30	C	03	I	32,8
1249	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,12	17,22	C	04	I	33,0
1250	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	109,28	15,95	C	05	I	31,3
1251	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,04	13,28	C	06	I	39,6
1252	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	118,63	19,07	C	07	I	32,1
1253	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	107,25	15,71	C	08	I	30,2
1254	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	103,50	14,44	C	09	I	30,7
1255	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	116,82	17,91	C	10	I	29,5
1256	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	120,74	14,59	C	11	I	33,7
1257	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	115,08	16,08	C	12	I	28,3
1258	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,92	14,78	C	13	I	39,8
1259	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	101,44	12,32	C	14	I	41,9
1260	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,42	13,75	C	15	I	41,1
1261	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,76	12,47	C	16	I	41,4
1262	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,88	11,20	C	01	M	42,2
1263	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,44	10,33	C	02	M	45,1
1264	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,49	10,27	C	03	M	44,4
1265	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,26	12,15	C	04	M	31,0
1266	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	87,94	10,57	C	05	M	43,3
1267	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,56	11,87	C	06	M	27,2

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1268	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,10	7,99	C	07	M	43,0
1269	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,32	7,96	C	08	M	43,5
1270	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,69	9,64	C	09	M	32,1
1271	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	110,43	13,86	C	10	M	33,6
1272	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,06	7,95	C	11	M	38,2
1273	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	108,55	11,64	C	12	M	37,7
1274	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	98,31	12,33	C	13	M	29,7
1275	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,55	11,83	C	14	M	29,2
1276	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,25	11,40	C	15	M	32,6
1277	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,81	12,18	C	16	M	32,3
1278	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	99,71	11,90	C	17	M	27,7
1279	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,92	10,23	C	18	M	31,3
1280	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,15	9,96	C	19	M	33,8
1281	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,74	10,76	C	20	M	33,3
1282	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,58	10,44	C	21	M	34,0
1283	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	116,04	13,11	C	22	M	34,5
1284	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,75	10,72	C	23	M	36,4
1285	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,67	10,11	C	24	M	38,2
1286	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,67	8,91	C	25	M	36,9
1287	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	101,96	10,29	C	26	M	37,1
1288	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,21	9,28	C	27	S	41,3
1289	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,88	11,42	C	28	S	32,3
1290	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,37	8,29	C	29	S	32,5
1291	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,75	9,54	C	30	S	40,3
1292	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,02	8,91	C	01	S	43,4
1293	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	81,32	7,82	C	02	S	48,3
1294	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	77,71	7,58	C	03	S	48,6
1295	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,35	7,75	C	04	S	39,8
1296	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,84	9,11	C	05	S	39,1
1297	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,94	8,47	C	06	S	43,7
1298	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,84	8,92	C	07	S	41,6
1299	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,65	8,16	C	08	S	46,7
1300	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,40	7,91	C	09	S	36,2
1301	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,92	8,91	C	10	S	40,0
1302	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	87,87	8,48	C	11	S	42,8
1303	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,77	8,92	C	12	S	40,4
1304	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,35	8,21	C	13	S	38,3
1305	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,36	7,73	C	14	S	45,4
1306	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	74,85	7,53	C	15	S	46,0
1307	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	70,20	7,26	C	16	S	48,5
1308	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,32	9,25	C	17	S	35,7
1309	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	62,43	7,13	C	18	S	43,6
1310	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,91	7,92	C	19	S	36,3
1311	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	77,35	7,64	C	20	S	36,8
1312	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	68,72	7,18	C	21	S	39,2
1313	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	98,99	9,85	C	22	S	38,7
1314	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,99	9,76	C	23	S	34,2
1315	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,21	7,72	C	24	S	39,1

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1316	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,88	8,00	C	25	S	45,3
1317	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,87	8,07	C	26	S	44,0
1318	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,08	8,63	C	27	S	38,1
1319	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,47	8,72	C	28	S	45,4
1320	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,65	8,37	C	29	S	45,2
1321	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,21	8,38	C	30	S	43,7
1322	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,60	7,48	C	31	S	41,0
1323	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	111,15	15,50	T	01	I	64,9
1324	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	111,15	16,23	T	02	I	42,5
1325	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	111,15	15,01	T	03	I	44,0
1326	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,87	15,29	T	04	I	51,7
1327	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,87	11,89	T	05	I	36,0
1328	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,87	14,27	T	06	I	36,3
1329	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	122,51	17,21	T	07	I	56,2
1330	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	122,51	18,33	T	08	I	85,1
1331	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	122,51	15,88	T	09	I	58,5
1332	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	114,71	15,66	T	10	I	57,1
1333	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	114,71	17,85	T	11	I	49,7
1334	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	114,71	15,14	T	12	I	57,9
1335	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	107,58	13,61	T	13	I	69,8
1336	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	107,58	16,81	T	14	I	54,6
1337	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,07	11,47	T	01	M	36,9
1338	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,07	11,86	T	02	M	63,3
1339	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,07	10,76	T	03	M	42,4
1340	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,23	10,36	T	04	M	53,2
1341	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,23	11,11	T	06	M	60,9
1342	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,04	11,56	T	07	M	54,2
1343	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,04	10,30	T	08	M	23,1
1344	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,52	10,30	T	10	M	52,5
1345	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,52	8,78	T	11	M	42,1
1346	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,52	10,45	T	12	M	56,4
1347	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,40	9,67	T	13	M	51,7
1348	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,40	8,76	T	14	M	66,7
1349	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,70	9,41	T	01	S	53,9
1350	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,70	11,39	T	02	S	57,8
1351	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,70	11,52	T	03	S	62,0
1352	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	66,75	9,03	T	05	S	99,4
1353	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	66,75	8,11	T	06	S	57,0
1354	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,73	12,22	T	07	S	45,5
1355	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,75	9,51	T	10	S	53,8
1356	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,75	9,79	T	11	S	50,7
1357	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,75	8,70	T	12	S	47,7
1358	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,33	9,90	T	13	S	40,3
1359	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,33	9,21	T	15	S	31,2
1360	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	70,78	10,05	T	16	S	28,1
1361	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	70,78	8,28	T	17	S	49,6
1362	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	70,78	9,82	T	18	S	57,7
1363	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,45	10,16	T	19	S	49,6

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1364	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,45	11,09	T	21	S	55,2
1365	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	73,06	10,25	T	22	S	35,2
1366	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	73,06	9,34	T	23	S	65,4
1367	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,48	12,54	T	25	S	46,6
1368	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,48	11,52	T	26	S	31,7
1369	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,48	10,29	T	27	S	44,3
1370	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,78	10,85	T	28	S	45,8
1371	H	E	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,78	10,24	T	29	S	34,8
1372	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,78	9,65	T	30	S	64,6
1373	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,65	17,09	V	01	I	3,9
1374	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,96	17,75	V	03	I	4,6
1375	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,28	13,78	V	04	I	7,1
1376	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	105,86	16,58	V	05	I	4,3
1377	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	116,33	16,81	V	06	I	5,7
1378	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,45	12,92	V	08	I	8,5
1379	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,71	14,79	VN	01	I	7,3
1380	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	123,51	18,19	VN	02	I	5,8
1381	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	112,12	16,44	VN	03	I	4,8
1382	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,01	12,81	VN	04	I	8,0
1383	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	106,55	16,69	VN	05	I	6,3
1384	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	111,72	17,44	VN	06	I	5,9
1385	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,51	16,58	VN	07	I	6,1
1386	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	121,14	15,01	VN	08	I	6,0
1387	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,93	10,75	V	01	M	9,6
1388	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,14	9,85	V	02	M	7,3
1389	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	106,12	12,31	V	03	M	6,2
1390	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,20	8,65	V	04	M	8,3
1391	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,44	7,91	V	05	M	8,0
1392	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,80	8,21	V	06	M	7,3
1393	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	101,93	11,72	V	07	M	6,0
1394	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,59	10,16	V	08	M	5,8
1395	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,54	11,17	V	09	M	6,0
1396	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,00	10,60	V	10	M	6,7
1397	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,10	9,50	V	11	M	8,0
1398	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,72	8,93	V	12	M	6,9
1399	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,51	11,45	V	13	M	6,6
1400	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	107,58	11,24	V	14	M	6,5
1401	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	99,30	10,07	V	15	M	8,7
1402	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,15	11,69	VN	01	M	7,2
1403	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,58	10,59	VN	02	M	10,5
1404	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	103,84	12,64	VN	03	M	6,7
1405	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,83	9,37	VN	04	M	9,4
1406	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,55	11,45	VN	05	M	7,1
1407	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,21	8,25	VN	06	M	8,8
1408	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	102,86	12,32	VN	07	M	6,5
1409	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	81,96	8,44	VN	08	M	8,3
1410	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	102,96	13,01	VN	09	M	6,2
1411	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,00	10,52	VN	10	M	6,5

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1412	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,18	11,30	VN	11	M	7,1
1413	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	105,48	11,07	VN	12	M	7,6
1414	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,84	8,85	VN	13	M	7,1
1415	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,60	10,53	VN	14	M	6,3
1416	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,47	8,93	VN	15	M	10,2
1417	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,36	8,34	V	01	S	9,5
1418	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	75,44	7,61	V	02	S	8,4
1419	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,26	7,88	V	03	S	7,5
1420	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,63	8,26	V	04	S	6,8
1421	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,84	8,40	V	05	S	7,1
1422	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,98	8,67	V	06	S	9,0
1423	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,03	8,37	V	07	S	8,6
1424	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	74,17	7,48	V	08	S	8,7
1425	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,21	9,98	V	09	S	7,4
1426	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,29	8,98	V	10	S	7,8
1427	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,96	7,53	V	11	S	7,6
1428	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,24	9,29	V	12	S	7,8
1429	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,32	7,99	V	13	S	9,2
1430	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	81,35	7,87	V	14	S	7,6
1431	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,26	7,97	V	15	S	8,3
1432	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	80,63	8,57	V	16	S	7,6
1433	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	87,31	8,91	VN	01	S	8,8
1434	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	72,16	7,81	VN	02	S	8,9
1435	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,10	9,03	VN	03	S	8,5
1436	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	71,45	7,87	VN	04	S	9,2
1437	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	76,76	7,88	VN	05	S	8,2
1438	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,46	9,01	VN	06	S	9,8
1439	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,62	8,44	VN	07	S	8,8
1440	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,72	8,54	VN	08	S	8,4
1441	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	69,71	7,99	VN	09	S	9,7
1442	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,73	9,70	VN	10	S	9,4
1443	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	78,39	8,14	VN	11	S	8,0
1444	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	73,00	7,97	VN	12	S	8,8
1445	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	74,32	8,11	VN	13	S	8,3
1446	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	87,43	8,92	VN	14	S	8,3
1447	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,02	8,55	VN	15	S	8,2
1448	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,35	8,30	VN	16	S	7,6
1449	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	118,99	15,64	CP	01	I	6,3
1450	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	122,15	18,16	CP	02	I	6,3
1451	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,58	17,60	CP	03	I	6,0
1452	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	110,70	15,02	CP	04	I	7,5
1453	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	107,45	13,85	CP	05	I	6,9
1454	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,42	14,88	CP	06	I	5,9
1455	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	109,68	17,74	CP	07	I	5,8
1456	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	108,80	16,96	CP	08	I	3,9
1457	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	115,03	16,43	CP	09	I	6,7
1458	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	114,44	17,72	CP	10	I	6,6
1459	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	116,33	18,70	CP	11	I	4,1

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1460	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	120,83	14,67	CP	12	I	6,1
1461	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	112,90	15,46	CP	13	I	6,4
1462	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	112,23	14,62	CP	14	I	5,8
1463	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,42	14,39	CP	15	I	9,2
1464	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,17	15,62	CP	16	I	6,6
1465	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,69	9,96	CP	01	M	7,3
1466	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,16	9,94	CP	02	M	7,5
1467	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,77	12,52	CP	03	M	6,4
1468	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,19	8,94	CP	04	M	10,2
1469	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	99,60	14,55	CP	05	M	5,9
1470	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	85,40	8,13	CP	06	M	10,6
1471	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	103,41	12,42	CP	07	M	6,2
1472	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	113,22	16,39	CP	08	M	6,2
1473	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	117,68	15,82	CP	09	M	6,6
1474	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	81,11	8,77	CP	10	M	7,6
1475	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	112,16	13,10	CP	11	M	7,5
1476	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	105,37	14,06	CP	12	M	5,9
1477	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,26	13,11	CP	13	M	7,3
1478	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	105,71	13,24	CP	14	M	6,0
1479	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,44	13,03	CP	15	M	4,4
1480	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	108,06	12,42	CP	16	M	6,8
1481	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,63	10,66	CP	17	M	7,7
1482	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,22	10,41	CP	18	M	8,2
1483	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	94,27	9,79	CP	19	M	9,9
1484	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,44	10,97	CP	20	M	7,0
1485	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,17	12,53	CP	21	M	5,4
1486	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,51	8,61	CP	22	M	6,7
1487	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,41	10,56	CP	23	M	7,7
1488	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,55	9,74	CP	24	M	10,1
1489	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,37	10,14	CP	25	M	6,3
1490	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	84,61	8,46	CP	26	M	8,5
1491	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	87,62	8,79	CP	27	M	6,8
1492	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	93,92	10,59	CP	28	M	9,2
1493	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,92	9,17	CP	29	M	6,7
1494	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,68	8,72	CP	30	M	9,1
1495	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,22	8,76	CP	01	S	11,0
1496	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,26	7,99	CP	02	S	10,3
1497	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	92,60	8,86	CP	03	S	10,9
1498	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	74,68	8,02	CP	04	S	9,0
1499	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	72,63	7,66	CP	05	S	8,9
1500	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	71,33	8,82	CP	06	S	7,7
1501	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	91,53	9,52	CP	07	S	8,5
1502	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,77	8,51	CP	08	S	11,7
1503	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,53	8,53	CP	09	S	10,9
1504	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,34	8,11	CP	10	S	11,8
1505	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,27	10,22	CP	11	S	7,6
1506	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	99,30	10,09	CP	12	S	10,1
1507	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,97	8,55	CP	13	S	10,3

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1508	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	77,02	7,88	CP	14	S	11,7
1509	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	72,76	7,56	CP	15	S	12,1
1510	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,64	8,66	CP	16	S	8,0
1511	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	83,78	8,44	CP	17	S	8,0
1512	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,98	9,18	CP	18	S	7,9
1513	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	78,72	8,03	CP	19	S	7,6
1514	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	82,44	8,41	CP	20	S	9,6
1515	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	96,35	9,80	CP	21	S	6,7
1516	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	79,03	8,18	CP	22	S	13,4
1517	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	89,43	9,10	CP	23	S	8,4
1518	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	90,26	8,36	CP	24	S	8,7
1519	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,00	10,16	F	01	M	91,7
1520	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	97,66	11,83	F	02	M	77,1
1521	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	95,68	11,23	F	03	M	68,0
1522	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	106,42	11,70	F	04	M	66,8
1523	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	105,35	12,81	F	05	M	67,7
1524	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,33	9,81	F	06	M	70,8
1525	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	88,55	10,34	F	07	M	77,2
1526	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	98,38	10,69	F	08	M	80,2
1527	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	104,71	12,96	F	09	M	73,0
1528	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	112,85	14,90	F	10	M	55,6
1529	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	86,31	9,97	F	11	M	81,5
1530	H	M	3	CU	Guad	23,3	1605	988	100,80	10,70	F	12	M	64,3
1531	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	131,17	22,81	C	01	I	11,2
1532	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,05	16,22	C	02	I	15,9
1533	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,20	14,21	C	03	I	12,7
1534	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,71	14,19	C	04	I	26,8
1535	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,44	13,15	C	05	I	27,6
1536	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	123,54	17,88	C	06	I	18,1
1537	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	112,43	19,26	C	07	I	19,4
1538	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,60	14,26	C	09	I	31,1
1539	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	116,38	15,45	C	10	I	10,9
1540	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	117,22	20,69	C	11	I	21,4
1541	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,37	12,28	C	12	I	22,3
1542	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,18	15,65	C	13	I	23,9
1543	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,50	14,62	C	14	I	20,6
1544	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	96,12	11,23	C	15	I	20,7
1545	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,94	13,00	C	16	I	18,0
1546	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,96	12,54	C	01	M	16,3
1547	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,67	8,18	C	02	M	30,9
1548	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	87,34	8,11	C	03	M	30,6
1549	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,89	7,83	C	04	M	28,9
1550	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,33	8,77	C	05	M	27,3
1551	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,76	8,69	C	06	M	28,6
1552	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,19	11,70	C	07	M	7,4
1553	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	105,41	9,89	C	08	M	22,5
1554	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,72	9,75	C	09	M	23,2
1555	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,70	8,99	C	10	M	6,8

#	Equi.	Inst.	Técn.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1556	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,75	8,58	C	11	M	25,0
1557	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	98,40	8,21	C	12	M	25,2
1558	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,28	9,30	C	13	M	20,9
1559	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,44	11,10	C	14	M	24,6
1560	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,83	8,61	C	15	M	16,2
1561	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,80	8,99	C	16	M	25,5
1562	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,32	10,91	C	17	M	29,7
1563	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	87,96	10,04	C	18	M	31,9
1564	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	95,90	9,15	C	19	M	24,6
1565	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,83	11,57	C	20	M	23,8
1566	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	105,54	11,59	C	21	M	19,8
1567	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	83,60	7,58	C	22	M	24,8
1568	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,15	12,41	C	23	M	18,6
1569	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,51	11,14	C	24	M	19,9
1570	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,24	11,18	C	25	M	22,5
1571	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	96,31	11,60	C	26	M	17,9
1572	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	96,25	11,56	C	27	M	16,7
1573	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,56	10,24	C	28	M	18,2
1574	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	87,65	7,84	C	29	M	29,1
1575	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,82	8,56	C	30	M	21,9
1576	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	64,00	5,95	C	02	S	27,2
1577	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	53,31	5,55	C	03	S	38,8
1578	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,45	7,36	C	04	S	29,4
1579	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	63,41	6,88	C	06	S	28,0
1580	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,63	7,61	C	07	S	29,4
1581	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,82	7,61	C	08	S	23,9
1582	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	71,04	6,59	C	09	S	31,5
1583	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,37	7,80	C	10	S	28,8
1584	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,33	7,59	C	11	S	30,1
1585	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,75	7,12	C	12	S	29,0
1586	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	83,75	8,33	C	13	S	24,9
1587	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	67,16	7,37	C	14	S	29,5
1588	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,00	7,94	C	15	S	24,7
1589	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,77	7,60	C	16	S	26,8
1590	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,79	8,35	C	17	S	37,4
1591	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	71,23	7,65	C	18	S	41,5
1592	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,18	8,35	C	19	S	23,1
1593	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,83	7,66	C	20	S	32,3
1594	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	83,06	8,16	C	21	S	27,8
1595	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	74,79	7,62	C	22	S	12,6
1596	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,02	8,55	C	23	S	15,9
1597	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	78,64	7,62	C	24	S	23,2
1598	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	96,66	9,07	C	25	S	12,4
1599	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,45	8,78	C	26	S	27,4
1600	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,74	6,90	C	27	S	26,6
1601	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	71,34	6,71	C	28	S	31,6
1602	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,40	9,07	C	29	S	12,9
1603	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,32	9,05	C	30	S	21,9

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1604	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,07	7,25	C	31	S	32,6
1605	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,90	17,74	T	01	I	25,5
1606	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,04	18,45	T	02	I	19,5
1607	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,22	10,86	T	03	I	77,0
1608	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	114,39	14,86	T	04	I	51,7
1609	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,38	15,10	T	05	I	77,0
1610	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,48	12,81	T	06	I	65,6
1611	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,50	13,99	T	07	I	36,4
1612	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,44	14,84	T	08	I	64,4
1613	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	109,34	11,86	T	10	I	57,1
1614	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,39	11,38	T	11	I	27,7
1615	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	95,84	13,72	T	12	I	65,7
1616	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,45	14,00	T	13	I	43,0
1617	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,02	18,27	T	14	I	46,3
1618	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,02	18,22	T	15	I	25,3
1619	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,02	8,35	T	01	M	43,9
1620	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	8,38	T	02	M	85,3
1621	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,13	T	03	M	79,1
1622	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	10,82	T	04	M	45,4
1623	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	11,26	T	05	M	51,4
1624	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	13,32	T	06	M	30,5
1625	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,32	T	07	M	73,7
1626	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	8,71	T	08	M	39,4
1627	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	10,85	T	09	M	63,6
1628	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,16	T	10	M	46,3
1629	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	7,49	T	11	M	68,6
1630	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,28	T	12	M	57,7
1631	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,78	T	13	M	84,1
1632	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,52	T	14	M	73,3
1633	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,98	9,10	T	15	M	75,8
1634	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,91	9,38	T	16	M	28,9
1635	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,91	9,67	T	17	M	56,5
1636	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,91	10,44	T	18	M	62,1
1637	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,57	9,05	T	19	M	32,6
1638	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,57	9,97	T	20	M	69,0
1639	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,57	9,01	T	21	M	31,6
1640	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	9,73	T	22	M	41,7
1641	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	7,41	T	23	M	86,3
1642	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	8,98	T	24	M	82,3
1643	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	9,22	T	25	M	65,5
1644	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	7,56	T	26	M	83,7
1645	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	10,26	T	27	M	46,5
1646	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	8,03	T	28	M	44,1
1647	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	7,12	T	29	M	67,7
1648	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,19	10,72	T	30	M	53,3
1649	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	63,54	8,29	T	01	S	67,3
1650	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	63,54	7,09	T	02	S	59,9
1651	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	63,54	9,71	T	03	S	52,0

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1652	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,88	7,14	T	04	S	72,8
1653	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,88	7,56	T	05	S	79,7
1654	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,88	7,35	T	06	S	78,1
1655	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,77	7,42	T	07	S	72,4
1656	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,77	7,79	T	08	S	44,3
1657	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,77	7,63	T	09	S	86,6
1658	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,50	7,56	T	11	S	32,2
1659	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,50	7,79	T	12	S	71,0
1660	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,85	8,43	T	13	S	37,2
1661	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,85	8,52	T	14	S	30,3
1662	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,52	8,46	T	15	S	71,2
1663	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,52	8,27	T	16	S	59,2
1664	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,94	7,49	T	17	S	39,6
1665	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,94	10,13	T	18	S	81,6
1666	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,40	8,74	T	19	S	42,5
1667	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,40	8,26	T	20	S	52,7
1668	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,24	8,13	T	21	S	64,6
1669	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,24	8,00	T	22	S	39,1
1670	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,11	9,04	T	23	S	62,3
1671	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,11	7,64	T	24	S	102,8
1672	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,67	9,22	T	25	S	41,1
1673	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,67	8,30	T	26	S	11,6
1674	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,70	10,20	T	27	S	42,0
1675	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,70	9,82	T	28	S	42,9
1676	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	72,40	8,43	T	29	S	62,2
1677	H		4	S	Oiba	20,5	2977	1418	72,40	7,27	T	30	S	84,4
1678	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,33	14,57	V	01	I	3,6
1679	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	109,90	13,17	V	02	I	3,9
1680	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	114,78	13,80	V	03	I	3,9
1681	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	120,13	17,78	V	04	I	2,1
1682	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	124,31	23,51	V	05	I	2,7
1683	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,31	14,73	V	06	I	3,2
1684	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,39	16,90	V	07	I	2,6
1685	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,74	14,53	V	08	I	4,7
1686	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,39	16,12	VN	01	I	3,6
1687	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	112,48	14,86	VN	02	I	3,0
1688	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,69	16,14	VN	03	I	3,3
1689	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	117,36	15,17	VN	04	I	2,5
1690	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,36	15,87	VN	05	I	3,4
1691	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,09	13,48	VN	06	I	2,2
1692	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	117,93	15,69	VN	07	I	2,8
1693	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	117,62	21,48	VN	08	I	2,0
1694	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,37	11,30	V	01	M	2,9
1695	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,35	7,62	V	02	M	3,8
1696	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,60	10,68	V	03	M	2,5
1697	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,85	8,36	V	04	M	3,4
1698	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,99	7,29	V	05	M	4,5
1699	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,90	9,39	V	06	M	5,2

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1700	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,95	8,77	V	07	M	2,5
1701	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,72	9,28	V	08	M	4,5
1702	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,69	8,37	V	09	M	3,7
1703	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,00	9,41	V	10	M	6,6
1704	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,05	8,58	V	11	M	5,1
1705	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,88	14,38	V	12	M	4,2
1706	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,38	10,17	V	13	M	2,6
1707	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,13	8,61	V	14	M	3,8
1708	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,54	7,63	V	15	M	4,6
1709	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,44	11,51	VN	01	M	4,2
1710	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,58	11,35	VN	02	M	3,8
1711	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,26	7,88	VN	03	M	6,2
1712	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,93	8,60	VN	04	M	5,8
1713	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,89	9,28	VN	05	M	3,6
1714	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,96	9,41	VN	06	M	3,2
1715	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,16	8,95	VN	07	M	3,9
1716	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,28	9,55	VN	08	M	4,6
1717	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,13	8,39	VN	09	M	2,7
1718	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,44	12,33	VN	10	M	3,1
1719	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,16	8,59	VN	11	M	4,4
1720	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,59	10,85	VN	12	M	4,2
1721	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,79	13,47	VN	13	M	3,9
1722	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,14	11,31	VN	14	M	4,1
1723	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	87,94	8,20	VN	15	M	4,1
1724	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	66,67	6,06	V	01	S	6,4
1725	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	58,88	5,81	V	02	S	3,5
1726	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,66	6,84	V	03	S	3,5
1727	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,02	7,50	V	04	S	3,8
1728	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,40	7,41	V	05	S	4,2
1729	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	78,75	7,79	V	06	S	4,0
1730	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	84,19	7,97	V	07	S	2,8
1731	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,39	8,50	V	08	S	4,3
1732	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,33	8,30	V	09	S	4,9
1733	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,11	7,09	V	10	S	5,4
1734	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,58	7,67	V	11	S	5,7
1735	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,12	8,26	V	12	S	5,1
1736	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	97,10	9,09	V	13	S	3,8
1737	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	75,02	6,72	V	14	S	5,0
1738	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,14	8,70	V	15	S	4,5
1739	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	77,94	7,32	VN	01	S	4,8
1740	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,15	6,62	VN	02	S	3,7
1741	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	70,03	7,28	VN	03	S	6,4
1742	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	73,71	7,28	VN	04	S	6,0
1743	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,63	7,32	VN	05	S	4,3
1744	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,11	8,01	VN	06	S	4,0
1745	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,27	7,78	VN	07	S	3,9
1746	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	77,19	8,04	VN	08	S	5,9
1747	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,83	8,13	VN	09	S	4,4

#	Equi.	Inst.	Técn.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1748	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,09	7,40	VN	10	S	3,4
1749	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,62	8,01	VN	11	S	5,1
1750	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,05	8,72	VN	12	S	3,7
1751	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	96,85	9,23	VN	13	S	3,0
1752	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	76,47	7,31	VN	14	S	4,5
1753	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,53	9,11	VN	15	S	1,9
1754	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,04	12,97	CP	01	I	1,4
1755	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,52	14,39	CP	02	I	3,9
1756	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,29	12,92	CP	03	I	4,9
1757	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,11	15,18	CP	04	I	4,9
1758	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,82	14,25	CP	05	I	3,8
1759	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	113,48	19,57	CP	06	I	2,4
1760	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,27	12,71	CP	07	I	3,0
1761	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	105,26	15,12	CP	08	I	4,5
1762	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	114,22	13,44	CP	09	I	5,0
1763	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	112,09	13,91	CP	10	I	3,6
1764	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,06	13,56	CP	11	I	4,6
1765	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,07	13,01	CP	12	I	4,7
1766	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	112,93	18,43	CP	13	I	5,5
1767	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,62	16,53	CP	14	I	7,6
1768	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,53	13,81	CP	15	I	3,1
1769	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,91	10,42	CP	16	I	4,2
1770	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,02	11,59	CP	01	M	3,2
1771	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	101,17	11,29	CP	02	M	2,2
1772	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	109,26	11,89	CP	03	M	2,7
1773	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,90	7,99	CP	04	M	5,6
1774	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,16	12,86	CP	05	M	4,0
1775	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,95	10,59	CP	06	M	2,6
1776	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,14	10,12	CP	07	M	4,4
1777	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	107,60	15,26	CP	08	M	1,7
1778	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,84	9,25	CP	09	M	4,8
1779	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	102,98	10,56	CP	10	M	2,5
1780	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	93,69	10,07	CP	11	M	3,9
1781	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,88	9,89	CP	12	M	1,9
1782	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,26	10,05	CP	13	M	4,4
1783	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	95,48	11,59	CP	14	M	2,4
1784	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	105,20	11,61	CP	15	M	3,6
1785	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,29	8,62	CP	16	M	4,6
1786	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	112,64	15,66	CP	17	M	2,8
1787	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	111,74	13,63	CP	18	M	3,3
1788	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	110,09	13,23	CP	19	M	3,4
1789	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	108,32	12,11	CP	20	M	3,9
1790	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,94	9,85	CP	21	M	3,7
1791	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	93,46	9,62	CP	22	M	2,2
1792	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,94	8,89	CP	23	M	1,3
1793	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,80	8,97	CP	24	M	5,4
1794	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	90,87	8,37	CP	25	M	5,7
1795	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,04	8,34	CP	26	M	3,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1796	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	87,44	8,68	CP	27	M	3,7
1797	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	83,60	10,25	CP	28	M	2,9
1798	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,24	7,69	CP	29	M	3,7
1799	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,12	6,67	CP	01	S	4,4
1800	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	72,09	6,76	CP	02	S	5,5
1801	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	61,40	6,09	CP	03	S	10,5
1802	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,40	7,57	CP	04	S	4,5
1803	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	66,47	6,80	CP	05	S	7,2
1804	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	61,81	6,57	CP	06	S	9,6
1805	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	88,63	8,08	CP	07	S	4,6
1806	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,34	7,42	CP	08	S	6,6
1807	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	69,30	6,72	CP	09	S	7,1
1808	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	94,03	7,89	CP	10	S	6,8
1809	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	86,29	7,54	CP	11	S	9,9
1810	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,00	6,70	CP	12	S	11,1
1811	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	81,42	7,94	CP	13	S	6,7
1812	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	70,95	7,39	CP	14	S	9,9
1813	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	72,32	7,49	CP	15	S	11,1
1814	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	82,69	8,70	CP	16	S	7,9
1815	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	73,05	7,67	CP	17	S	10,3
1816	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	85,36	8,25	CP	18	S	8,9
1817	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	74,34	7,34	CP	19	S	9,8
1818	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,72	7,28	CP	20	S	7,6
1819	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	70,75	6,55	CP	21	S	9,3
1820	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	84,54	8,11	CP	22	S	5,5
1821	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	73,03	7,64	CP	23	S	4,4
1822	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,08	8,13	CP	24	S	6,4
1823	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	80,62	7,73	CP	25	S	8,7
1824	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	98,04	8,83	CP	26	S	6,0
1825	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	92,40	9,02	CP	27	S	5,6
1826	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	77,65	7,13	CP	28	S	8,0
1827	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	68,06	6,43	CP	29	S	7,5
1828	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,43	8,86	CP	30	S	5,5
1829	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	89,31	8,82	CP	31	S	5,3
1830	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,29	11,66	F	01	M	44,9
1831	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	91,34	10,29	F	02	M	36,1
1832	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	79,07	15,56	F	03	M	95,4
1833	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	104,49	17,82	F	04	M	44,0
1834	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,57	12,20	F	05	M	44,1
1835	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	99,27	15,05	F	06	M	63,6
1836	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,23	19,05	F	07	M	27,3
1837	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	100,41	14,14	F	08	M	33,7
1838	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	97,56	13,49	F	09	M	49,4
1839	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	106,52	15,34	F	10	M	34,9
1840	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	105,44	16,73	F	11	M	29,1
1841	H	M	4	S	Oiba	20,5	2977	1418	103,64	13,93	F	12	M	30,8
1842	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	131,78	15,78	C	01	I	24,3
1843	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	125,29	13,00	C	02	I	31,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1844	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	128,92	13,60	C	03	I	24,5
1845	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	125,68	13,44	C	04	I	35,1
1846	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	125,27	13,00	C	05	I	23,8
1847	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	123,91	12,69	C	06	I	38,4
1848	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	125,67	13,45	C	07	I	33,6
1849	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	126,80	13,48	C	08	I	30,2
1850	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	123,89	12,69	C	09	I	31,5
1851	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,59	18,74	C	10	I	27,6
1852	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	126,78	13,49	C	11	I	33,9
1853	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	131,75	20,33	C	12	I	23,6
1854	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,58	18,74	C	13	I	31,7
1855	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,37	10,30	C	14	I	47,0
1856	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	131,73	20,34	C	15	I	23,2
1857	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,28	10,58	C	16	I	47,7
1858	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,35	10,31	C	01	M	55,7
1859	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	120,84	12,95	C	02	M	33,7
1860	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,26	10,59	C	03	M	37,1
1861	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	120,17	12,65	C	04	M	33,5
1862	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	118,01	13,05	C	05	M	34,3
1863	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,05	11,39	C	06	M	42,7
1864	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	111,93	9,46	C	07	M	38,1
1865	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,76	10,48	C	08	M	48,6
1866	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,04	11,40	C	09	M	33,5
1867	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,14	10,40	C	10	M	48,9
1868	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,75	10,49	C	11	M	39,8
1869	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,25	9,46	C	12	M	51,1
1870	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,12	10,40	C	13	M	39,9
1871	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,23	9,40	C	14	M	54,2
1872	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,23	9,46	C	15	M	29,5
1873	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,77	20,19	C	16	M	25,7
1874	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,21	9,41	C	17	M	40,7
1875	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,21	16,52	C	18	M	26,9
1876	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,76	20,20	C	19	M	34,6
1877	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,62	17,62	C	20	M	23,1
1878	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,20	16,53	C	21	M	31,4
1879	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,21	14,62	C	22	M	35,7
1880	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,61	17,63	C	23	M	31,9
1881	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,47	15,36	C	24	M	29,2
1882	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,19	14,63	C	25	M	33,4
1883	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	122,04	12,26	C	26	M	26,7
1884	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,46	15,37	C	27	M	26,7
1885	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,21	16,52	C	28	M	22,6
1886	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	122,02	12,27	C	29	M	36,2
1887	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,23	16,15	C	30	M	22,7
1888	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	92,54	10,44	C	01	S	31,6
1889	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	89,64	10,96	C	02	S	31,5
1890	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	83,51	9,83	C	03	S	34,4
1891	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	90,10	10,34	C	04	S	32,3

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1892	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	89,62	10,97	C	05	S	28,3
1893	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,73	9,90	C	06	S	35,4
1894	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	90,08	10,35	C	07	S	29,8
1895	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,42	10,43	C	08	S	29,0
1896	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,72	9,91	C	09	S	36,9
1897	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	83,58	9,79	C	10	S	37,3
1898	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,40	10,44	C	11	S	28,9
1899	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,01	9,93	C	12	S	32,5
1900	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	83,57	9,79	C	13	S	33,5
1901	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,32	10,90	C	14	S	32,5
1902	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,00	9,94	C	15	S	35,4
1903	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,23	10,24	C	16	S	34,0
1904	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,30	10,91	C	17	S	30,2
1905	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,01	9,93	C	18	S	30,9
1906	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,21	10,25	C	19	S	34,3
1907	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,42	10,43	C	20	S	32,2
1908	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,03	9,92	C	21	S	31,9
1909	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	83,58	9,79	C	22	S	34,9
1910	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,33	10,89	C	23	S	31,9
1911	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,01	9,93	C	24	S	31,9
1912	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,24	10,23	C	25	S	34,7
1913	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,32	10,90	C	26	S	31,9
1914	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,03	9,92	C	27	S	31,8
1915	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	85,23	10,24	C	28	S	35,3
1916	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,43	10,42	C	29	S	28,7
1917	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	88,04	9,92	C	30	S	32,3
1918	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	83,60	9,78	C	31	S	36,5
1919	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	17,34	T	01	I	29,4
1920	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	17,61	T	02	I	38,9
1921	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	22,03	T	03	I	37,3
1922	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,65	21,23	T	04	I	25,4
1923	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,65	22,48	T	05	I	35,1
1924	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,65	18,46	T	06	I	29,1
1925	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,65	20,21	T	07	I	33,5
1926	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,98	20,38	T	08	I	54,4
1927	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,98	19,20	T	09	I	37,0
1928	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,98	18,32	T	10	I	51,9
1929	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,98	19,22	T	11	I	42,1
1930	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	117,93	19,50	T	12	I	42,2
1931	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	117,93	20,87	T	13	I	38,2
1932	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	117,93	21,91	T	14	I	22,8
1933	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,90	18,54	T	01	M	42,3
1934	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,90	21,07	T	02	M	32,2
1935	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,90	19,72	T	03	M	36,5
1936	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,90	20,37	T	04	M	35,2
1937	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,82	20,78	T	05	M	32,6
1938	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,82	20,63	T	06	M	29,5
1939	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	0,00	20,57	T	07	M	31,8

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1940	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,95	22,86	T	08	M	26,5
1941	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,95	20,83	T	09	M	26,4
1942	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	18,36	T	10	M	25,4
1943	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	23,06	T	11	M	29,9
1944	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	18,88	T	12	M	35,4
1945	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	15,84	T	13	M	34,8
1946	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	23,26	T	14	M	30,4
1947	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,50	16,66	T	15	M	41,5
1948	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	16,04	T	16	M	36,8
1949	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	19,71	T	17	M	40,9
1950	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	16,86	T	18	M	37,7
1951	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,52	18,80	T	19	M	31,6
1952	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,41	19,91	T	20	M	28,7
1953	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,41	16,27	T	21	M	47,3
1954	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	98,36	19,00	T	22	M	34,3
1955	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	17,89	T	23	M	39,0
1956	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	16,47	T	24	M	26,0
1957	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,95	17,60	T	25	M	56,8
1958	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,95	18,09	T	26	M	26,1
1959	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,99	15,87	T	27	M	46,5
1960	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,99	17,80	T	28	M	46,3
1961	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	122,07	12,64	T	29	M	78,8
1962	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	122,07	16,07	T	30	M	18,4
1963	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,65	20,07	T	01	S	59,0
1964	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,65	12,84	T	02	S	61,3
1965	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,95	19,56	T	03	S	51,2
1966	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,95	19,67	T	04	S	37,4
1967	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,95	18,16	T	05	S	34,9
1968	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,20	13,04	T	06	S	59,8
1969	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,20	18,78	T	07	S	43,5
1970	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,20	17,38	T	08	S	46,8
1971	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,26	13,24	T	09	S	47,4
1972	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,26	13,35	T	10	S	52,0
1973	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,26	17,58	T	11	S	51,9
1974	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	89,76	13,66	T	12	S	59,1
1975	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	89,76	13,55	T	13	S	40,8
1976	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	89,76	13,02	T	14	S	56,2
1977	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,13	13,86	T	15	S	25,0
1978	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,13	13,31	T	16	S	68,4
1979	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,13	13,22	T	17	S	56,5
1980	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	13,32	T	18	S	50,6
1981	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	12,38	T	19	S	61,6
1982	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	13,42	T	20	S	51,9
1983	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	87,85	11,98	T	21	S	53,1
1984	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,99	12,58	T	22	S	56,5
1985	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,99	12,91	T	23	S	55,5
1986	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,99	12,18	T	25	S	59,1
1987	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,13	13,33	T	26	S	53,6

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1988	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,13	13,11	T	27	S	64,2
1989	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,27	13,13	T	28	S	55,5
1990	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,27	13,53	T	29	S	59,0
1991	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,27	13,33	T	30	S	51,9
1992	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,16	11,05	V	01	I	6,7
1993	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,83	12,00	V	03	I	6,3
1994	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,52	12,44	V	04	I	5,9
1995	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,38	12,55	V	05	I	6,4
1996	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,73	12,65	V	06	I	7,4
1997	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,95	10,84	V	08	I	7,0
1998	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,62	11,79	VN	01	I	6,2
1999	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,31	12,23	VN	02	I	5,7
2000	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,17	12,34	VN	03	I	5,9
2001	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,52	12,44	VN	04	I	5,1
2002	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,74	10,63	VN	05	I	5,8
2003	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,41	11,58	VN	06	I	6,3
2004	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,76	11,68	VN	07	I	6,8
2005	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,10	12,02	VN	08	I	5,7
2006	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,96	12,13	VN	09	I	4,6
2007	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,31	12,23	V	01	M	7,4
2008	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,53	10,42	V	02	M	5,5
2009	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,54	11,71	V	03	M	7,9
2010	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,89	11,81	V	04	M	4,0
2011	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,75	11,92	V	05	M	5,9
2012	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,10	12,02	V	06	M	4,2
2013	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,32	10,21	V	07	M	10,0
2014	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,33	11,50	V	08	M	4,2
2015	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,68	11,60	V	09	M	6,4
2016	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,54	11,71	V	10	M	7,8
2017	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,89	11,81	V	11	M	7,7
2018	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,11	10,00	V	12	M	5,4
2019	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,64	10,16	V	13	M	10,1
2020	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,32	10,21	V	14	M	8,4
2021	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,85	10,37	V	15	M	7,8
2022	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,07	9,63	VN	01	M	8,7
2023	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,55	10,19	VN	02	M	8,3
2024	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,28	9,84	VN	03	M	8,5
2025	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,76	10,40	VN	04	M	7,7
2026	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,49	10,05	VN	05	M	8,1
2027	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,97	10,61	VN	06	M	7,9
2028	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,70	10,26	VN	07	M	9,3
2029	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,18	10,82	VN	08	M	7,8
2030	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,91	10,47	VN	09	M	8,3
2031	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,39	11,03	VN	10	M	9,7
2032	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,12	10,68	VN	11	M	10,3
2033	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,60	11,24	VN	12	M	8,5
2034	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,33	10,89	VN	13	M	8,6
2035	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,81	11,45	VN	14	M	10,2

#	Equi.	Inst.	Técn.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2036	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,54	11,10	VN	15	M	8,7
2037	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,25	10,36	V	01	S	7,1
2038	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,86	10,38	V	02	S	8,0
2039	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,46	10,57	V	03	S	7,5
2040	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,07	10,59	V	04	S	7,7
2041	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,38	10,29	V	05	S	9,5
2042	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,28	10,80	V	06	S	9,1
2043	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,59	10,50	V	07	S	9,3
2044	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,20	11,68	V	08	S	8,4
2045	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,80	10,71	V	09	S	9,2
2046	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,40	9,99	V	10	S	8,1
2047	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,74	10,20	V	11	S	6,6
2048	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,61	10,20	V	12	S	7,9
2049	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,95	10,41	V	13	S	7,7
2050	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,82	10,41	V	14	S	11,5
2051	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	115,54	12,58	V	15	S	9,1
2052	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,89	9,10	V	16	S	7,9
2053	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,14	11,00	VN	01	S	5,3
2054	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,00	10,33	VN	02	S	5,6
2055	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,35	11,21	VN	03	S	9,6
2056	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,41	10,45	VN	04	S	8,6
2057	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,73	10,59	VN	05	S	8,6
2058	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,62	10,66	VN	06	S	9,5
2059	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,53	11,03	VN	07	S	4,5
2060	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,54	11,21	VN	08	S	9,1
2061	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,15	11,86	VN	09	S	8,0
2062	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,75	11,42	VN	10	S	9,2
2063	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,37	10,19	VN	11	S	9,6
2064	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,01	9,57	VN	12	S	7,8
2065	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,58	10,40	VN	13	S	8,6
2066	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,37	12,70	VN	14	S	7,5
2067	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,79	10,61	VN	15	S	9,0
2068	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,58	12,91	VN	16	S	6,9
2069	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	118,33	14,07	VN	17	S	9,1
2070	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,79	13,12	VN	18	S	8,3
2071	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	118,54	14,28	VN	19	S	6,2
2072	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,90	12,19	VN	20	S	7,3
2073	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,54	9,91	VN	21	S	8,8
2074	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	97,10	9,95	VN	22	S	7,9
2075	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,72	10,11	VN	23	S	8,1
2076	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	97,31	10,16	VN	24	S	11,3
2077	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	114,33	11,99	CP	01	I	20,9
2078	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	58,80	11,66	CP	02	I	5,5
2079	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	115,02	10,46	CP	03	I	12,8
2080	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,25	9,59	CP	04	I	7,8
2081	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	106,86	9,75	CP	05	I	6,5
2082	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,15	12,17	CP	06	I	7,0
2083	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,88	14,86	CP	07	I	8,5

#	Equi.	Inst.	Téc. n.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2084	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,33	16,63	CP	08	I	7,1
2085	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,31	11,93	CP	09	I	7,5
2086	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,55	10,76	CP	10	I	9,9
2087	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	119,07	12,86	CP	01	M	4,0
2088	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,96	12,17	CP	02	M	15,7
2089	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,24	11,48	CP	03	M	4,3
2090	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	92,92	9,68	CP	04	M	5,6
2091	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,17	11,35	CP	05	M	8,3
2092	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	103,10	9,68	CP	06	M	7,7
2093	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,82	10,30	CP	07	M	13,5
2094	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,35	11,31	CP	08	M	8,5
2095	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,42	9,60	CP	09	M	6,1
2096	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,67	10,54	CP	10	M	6,4
2097	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,87	18,93	CP	11	M	2,3
2098	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	98,03	9,50	CP	12	M	6,6
2099	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	122,02	9,62	CP	13	M	4,8
2100	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,90	9,71	CP	14	M	7,3
2101	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,37	9,33	CP	15	M	9,9
2102	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	92,41	9,14	CP	16	M	3,2
2103	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,44	9,66	CP	17	M	9,4
2104	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,14	10,20	CP	18	M	7,3
2105	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,38	10,93	CP	19	M	1,9
2106	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,24	10,34	CP	20	M	4,4
2107	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,63	17,91	CP	21	M	2,5
2108	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,38	12,36	CP	22	M	5,4
2109	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,48	10,26	CP	23	M	12,9
2110	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,48	11,32	CP	24	M	5,8
2111	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,63	10,56	CP	25	M	9,7
2112	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,57	10,82	CP	26	M	7,3
2113	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	114,38	18,20	CP	27	M	3,1
2114	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,17	11,31	CP	28	M	6,5
2115	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	123,77	9,60	CP	29	M	9,6
2116	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	123,77	9,50	CP	30	M	12,0
2117	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,53	9,62	CP	01	S	8,0
2118	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	94,86	9,71	CP	02	S	11,1
2119	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	107,40	18,66	CP	03	S	3,6
2120	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	111,28	11,32	CP	04	S	8,7
2121	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,47	10,17	CP	05	S	7,4
2122	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,44	10,77	CP	06	S	8,7
2123	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	119,03	11,98	CP	07	S	7,2
2124	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	119,56	9,33	CP	08	S	9,8
2125	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,11	9,14	CP	09	S	12,9
2126	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	108,49	9,66	CP	10	S	9,2
2127	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,96	10,20	CP	11	S	10,6
2128	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	114,08	10,93	CP	12	S	7,5
2129	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	112,15	11,03	CP	13	S	8,9
2130	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,88	10,97	CP	14	S	8,3
2131	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	113,33	9,17	CP	15	S	10,2

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Muni.	Temp. °C	Pluv. mm	Alti. m	D (mm)	t (mm)	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2132	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,31	9,85	CP	16	S	8,8
2133	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	104,55	11,36	CP	17	S	6,5
2134	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,35	13,47	CP	18	S	5,6
2135	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	91,42	18,16	CP	19	S	6,8
2136	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	92,61	18,16	CP	20	S	3,2
2137	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,66	12,38	CP	21	S	6,8
2138	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,67	10,83	CP	22	S	4,0
2139	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	96,87	13,45	CP	23	S	4,9
2140	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	98,03	10,94	CP	24	S	7,7
2141	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,14	10,90	CP	25	S	8,6
2142	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,38	11,48	CP	26	S	6,5
2143	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	110,24	9,68	CP	27	S	10,2
2144	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	99,63	11,35	CP	28	S	6,6
2145	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	101,38	9,68	CP	29	S	10,4
2146	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	105,50	10,30	CP	30	S	10,9
2147	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,39	13,61	F	01	M	97,3
2148	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	114,67	12,35	F	02	M	97,4
2149	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	115,04	12,27	F	03	M	94,2
2150	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	109,56	13,78	F	04	M	95,8
2151	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	92,86	12,15	F	05	M	45,6
2152	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	116,84	14,40	F	06	M	65,9
2153	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	102,13	14,40	F	07	M	29,2
2154	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,36	12,41	F	08	M	66,8
2155	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	95,34	12,94	F	09	M	90,1
2156	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	100,34	14,12	F	10	M	26,3
2157	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	93,69	12,09	F	11	M	33,5
2158	H		5	S	Socor	22,3	1906	1199	125,98	13,87	F	12	M	90,8

APÉNDICE 4. TABLA DE ESFUERZOS ÚLTIMOS

Tabla con 2651 valores de esfuerzos últimos (MPa) en los siete Departamentos estudiados de la Región Andina de Colombia, con la siguiente nomenclatura:

Número de ensayo

Equi. Equipo utilizado

Inst. Instrumentación

Tecn. Laboratorista

Dpto. Departamento (N= Nariño, C= Cauca, T= Tolima, V= Valle, Q= Quindío, CU= Cundinamarca, S= Santander)

Tipo Tipo de ensayo (C= compresión paralela, T=tracción paralela, V= corte sin nudo, VN= Corte con nudo, CP= compresión perpendicular, F= flexión)

Prob. Número de probeta

Par. Localización probeta (Inferior, Media, Superior)

σ ult Esfuerzo último MPa

#	Equi.	Inst.	Técn.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1	1	M	1	N	C	01	I	22,23
2	1	M	1	N	C	02	I	31,10
3	1	M	1	N	C	03	I	23,40
4	1	E	1	N	C	04	I	61,04
5	1	M	1	N	C	05	I	35,85
6	1	M	1	N	C	06	I	30,99
7	1	E	1	N	C	07	I	41,48
8	1	M	1	N	C	08	I	21,64
9	1	E	1	N	C	09	I	37,96
10	1	M	1	N	C	10	I	43,31
11	1	E	1	N	C	11	I	26,59
12	1	M	1	N	C	12	I	19,43
13	1	M	2	N	C	13	I	45,6
14	1	M	1	N	C	14	I	23,01
15	1	M	1	N	C	15	I	22,38
16	1	E	1	N	C	01	M	52,55
17	1	M	1	N	C	02	M	42,62
18	1	M	1	N	C	03	M	18,29
19	1	E	1	N	C	04	M	42,94
20	1	M	1	N	C	05	M	27,95
21	1	M	1	N	C	06	M	23,04
22	1	M	1	N	C	07	M	41,78
23	1	E	1	N	C	08	M	50,84

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
24	1	M	1	N	C	09	M	31,59
25	1	M	1	N	C	10	M	27,78
26	1	M	1	N	C	11	M	27,56
27	1	M	1	N	C	12	M	25,65
28	1	M	1	N	C	13	M	16,17
29	1	M	1	N	C	14	M	23,82
30	1	M	1	N	C	15	M	21,39
31	1	M	1	N	C	16	M	35,12
32	1	M	1	N	C	17	M	30,36
33	1	E	1	N	C	18	M	55,11
34	1	M	1	N	C	19	M	28,09
35	1	E	1	N	C	20	M	68,31
36	1	M	1	N	C	21	M	13,06
37	1	M	1	N	C	22	M	28,25
38	1	M	1	N	C	23	M	24,91
39	1	M	1	N	C	24	M	20,90
40	1	M	1	N	C	25	M	35,61
41	1	M	1	N	C	26	M	37,78
42	1	M	1	N	C	27	M	32,55
43	1	M	1	N	C	28	M	38,76
44	1	M	1	N	C	29	M	32,44
45	1	M	1	N	C	30	M	36,42
46	1	M	1	N	C	01	S	48,71
47	1	M	1	N	C	02	S	31,22
48	1	M	1	N	C	03	S	44,99
49	1	M	1	N	C	04	S	31,58
50	1	E	1	N	C	05	S	77,75
51	1	M	1	N	C	06	S	47,11
52	1	M	1	N	C	07	S	45,07
53	1	M	1	N	C	08	S	26,83
54	1	M	1	N	C	09	S	38,12
55	1	E	1	N	C	10	S	57,66
56	1	E	1	N	C	11	S	31,47
57	1	M	1	N	C	12	S	22,82
58	1	M	1	N	C	13	S	26,60
59	1	M	1	N	C	14	S	36,95
60	1	M	1	N	C	15	S	43,80
61	1	M	1	N	C	16	S	39,87
62	1	M	1	N	C	17	S	29,66
63	1	M	1	N	C	18	S	32,68
64	1	E	1	N	C	19	S	68,04
65	1	M	1	N	C	20	S	50,81
66	1	M	1	N	C	21	S	49,14
67	1	M	1	N	C	22	S	21,22
68	1	E	1	N	C	23	S	31,33
69	1	M	1	N	C	24	S	35,18
70	1	M	1	N	C	25	S	28,32
71	1	M	1	N	C	26	S	32,58

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
72	1	M	1	N	C	27	S	29,85
73	1	M	1	N	C	28	S	18,63
74	1	M	1	N	C	29	S	26,71
75	1	M	1	N	C	30	S	32,41
76	1	M	1	N	T	01	I	61,87
77	1	M	1	N	T	07	I	97,90
78	1	E	1	N	T	08	I	79,10
79	1	E	1	N	T	09	I	86,40
80	1	M	1	N	T	10	I	70,54
81	1	M	1	N	T	11	I	52,51
82	1	E	1	N	T	12	I	73,49
83	1	M	1	N	T	13	I	125,76
84	1	E	1	N	T	02	M	59,44
85	1	E	1	N	T	05	M	83,70
86	1	M	1	N	T	06	M	61,43
87	1	E	1	N	T	07	M	103,32
88	1	M	1	N	T	10	M	115,38
89	1	E	1	N	T	11	M	72,19
90	1	E	1	N	T	12	M	52,50
91	1	E	1	N	T	13	M	107,74
92	1	M	1	N	T	14	M	95,91
93	1	M	1	N	T	15	M	56,31
94	1	M	1	N	T	16	M	66,05
95	1	M	1	N	T	18	M	69,86
96	1	E	1	N	T	19	M	96,40
97	1	E	1	N	T	22	M	81,26
98	1	M	1	N	T	27	M	66,41
99	1	E	1	N	T	28	M	60,63
100	1	M	1	N	T	29	M	89,96
101	1	M	1	N	T	30	M	117,49
102	1	M	1	N	T	02	S	99,90
103	1	M	1	N	T	03	S	99,68
104	1	M	1	N	T	04	S	134,14
105	1	E	1	N	T	05	S	74,82
106	1	E	1	N	T	07	S	89,83
107	1	E	1	N	T	08	S	122,93
108	1	M	1	N	T	12	S	74,40
109	1	M	1	N	T	13	S	50,26
110	1	E	1	N	T	14	S	72,41
111	1	E	1	N	T	15	S	146,63
112	1	E	1	N	T	16	S	108,36
113	1	M	1	N	T	17	S	109,23
114	1	M	1	N	T	18	S	93,47
115	1	E	1	N	T	19	S	88,44
116	1	M	1	N	T	20	S	56,31
117	1	M	1	N	T	21	S	80,41
118	1	M	1	N	T	22	S	86,98
119	1	E	1	N	T	23	S	121,72

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
120	1	E	1	N	T	24	S	128,59
121	1	M	1	N	T	26	S	123,08
122	1	M	1	N	T	28	S	82,84
123	1	M	1	N	T	29	S	110,69
124	1	M	1	N	T	30	S	86,61
125	1	M	1	N	V	01	I	4,83
126	1	M	1	N	V	02	I	4,40
127	1	M	1	N	V	03	I	4,03
128	1	M	1	N	V	04	I	5,63
129	1	M	1	N	V	05	I	6,76
130	1	M	1	N	V	06	I	5,15
131	1	M	1	N	V	07	I	2,96
132	1	M	1	N	V	08	I	4,61
133	1	M	1	N	Vn	01	I	5,19
134	1	M	1	N	Vn	03	I	4,93
135	1	M	1	N	Vn	04	I	2,89
136	1	M	1	N	Vn	06	I	2,04
137	1	M	1	N	Vn	07	I	6,68
138	1	M	1	N	Vn	08	I	1,15
139	1	M	1	N	V	01	M	7,24
140	1	M	1	N	V	02	M	3,73
141	1	M	1	N	V	03	M	4,75
142	1	M	1	N	V	04	M	3,91
143	1	M	1	N	V	06	M	5,04
144	1	M	1	N	V	08	M	4,29
145	1	M	1	N	V	09	M	5,13
146	1	M	1	N	V	10	M	3,89
147	1	M	1	N	V	11	M	6,80
148	1	M	1	N	V	12	M	4,83
149	1	M	1	N	V	13	M	3,41
150	1	M	1	N	V	14	M	5,10
151	1	M	1	N	V	15	M	7,81
152	1	M	1	N	Vn	01	M	4,10
153	1	M	1	N	Vn	02	M	1,68
154	1	M	1	N	Vn	03	M	3,68
155	1	M	1	N	Vn	04	M	2,59
156	1	M	1	N	Vn	05	M	5,00
157	1	M	1	N	Vn	06	M	2,17
158	1	M	1	N	Vn	07	M	6,19
159	1	M	1	N	Vn	08	M	1,96
160	1	M	1	N	Vn	09	M	4,25
161	1	M	1	N	Vn	10	M	2,53
162	1	M	1	N	Vn	11	M	3,58
163	1	M	1	N	Vn	12	M	2,35
164	1	M	1	N	Vn	13	M	4,14
165	1	M	1	N	Vn	14	M	2,15
166	1	M	1	N	Vn	15	M	8,32
167	1	M	1	N	V	01	S	4,73

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
168	1	M	1	N	V	02	S	3,98
169	1	M	1	N	V	03	S	5,97
170	1	M	1	N	V	04	S	4,51
171	1	M	1	N	V	05	S	5,23
172	1	M	1	N	V	06	S	3,02
173	1	M	1	N	V	07	S	7,46
174	1	M	1	N	V	08	S	6,01
175	1	M	1	N	V	10	S	3,53
176	1	M	1	N	V	11	S	4,39
177	1	M	1	N	V	12	S	6,96
178	1	M	1	N	V	13	S	4,04
179	1	M	1	N	V	14	S	6,01
180	1	M	1	N	V	15	S	2,92
181	1	M	1	N	Vn	01	S	6,36
182	1	M	1	N	Vn	02	S	1,89
183	1	M	1	N	Vn	03	S	5,09
184	1	M	1	N	Vn	04	S	2,13
185	1	M	1	N	Vn	05	S	6,78
186	1	M	1	N	Vn	06	S	1,73
187	1	M	1	N	Vn	07	S	6,67
188	1	M	1	N	Vn	08	S	2,31
189	1	M	1	N	Vn	09	S	7,56
190	1	M	1	N	Vn	10	S	1,37
191	1	M	1	N	Vn	11	S	5,29
192	1	M	1	N	Vn	13	S	4,90
193	1	M	1	N	Vn	14	S	1,48
194	1	M	1	N	Vn	15	S	6,32
195	1	M	1	N	CP	01	I	6,73
196	1	M	1	N	CP	02	I	13,32
197	1	M	1	N	CP	03	I	7,48
198	1	M	1	N	CP	04	I	6,64
199	1	M	1	N	CP	05	I	4,36
200	1	M	1	N	CP	06	I	4,00
201	1	M	1	N	CP	07	I	9,32
202	1	M	1	N	CP	08	I	8,05
203	1	M	1	N	CP	09	I	7,48
204	1	M	1	N	CP	10	I	5,57
205	1	M	1	N	CP	11	I	6,01
206	1	M	1	N	CP	12	I	6,59
207	1	M	1	N	CP	13	I	4,55
208	1	M	1	N	CP	14	I	8,62
209	1	M	1	N	CP	15	I	8,77
210	1	M	1	N	CP	01	M	5,61
211	1	M	1	N	CP	02	M	5,97
212	1	M	1	N	CP	03	M	8,34
213	1	M	1	N	CP	04	M	8,05
214	1	M	1	N	CP	05	M	7,59
215	1	M	1	N	CP	06	M	9,59

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
216	1	M	1	N	CP	07	M	8,40
217	1	M	1	N	CP	08	M	4,35
218	1	M	1	N	CP	09	M	6,91
219	1	M	1	N	CP	10	M	3,51
220	1	M	1	N	CP	11	M	7,24
221	1	M	1	N	CP	12	M	5,13
222	1	M	1	N	CP	13	M	5,56
223	1	M	1	N	CP	14	M	4,92
224	1	M	1	N	CP	15	M	5,12
225	1	M	1	N	CP	16	M	5,92
226	1	M	1	N	CP	17	M	6,75
227	1	M	1	N	CP	18	M	3,79
228	1	M	1	N	CP	19	M	5,85
229	1	M	1	N	CP	20	M	4,94
230	1	M	1	N	CP	21	M	6,11
231	1	M	1	N	CP	22	M	4,88
232	1	M	1	N	CP	23	M	7,87
233	1	M	1	N	CP	24	M	7,07
234	1	M	1	N	CP	25	M	11,19
235	1	M	1	N	CP	26	M	13,02
236	1	M	1	N	CP	27	M	5,40
237	1	M	1	N	CP	28	M	10,22
238	1	M	1	N	CP	29	M	8,54
239	1	M	1	N	CP	30	M	7,82
240	1	M	1	N	CP	01	S	7,89
241	1	M	1	N	CP	02	S	10,00
242	1	M	1	N	CP	03	S	6,24
243	1	M	1	N	CP	04	S	7,63
244	1	M	1	N	CP	05	S	7,98
245	1	M	1	N	CP	06	S	12,89
246	1	M	1	N	CP	07	S	5,81
247	1	M	1	N	CP	08	S	6,16
248	1	M	1	N	CP	09	S	11,72
249	1	M	1	N	CP	10	S	5,58
250	1	M	1	N	CP	11	S	8,77
251	1	M	1	N	CP	12	S	11,78
252	1	M	1	N	CP	13	S	8,35
253	1	M	1	N	CP	14	S	7,51
254	1	M	1	N	CP	15	S	6,52
255	1	M	1	N	CP	16	S	6,04
256	1	M	1	N	CP	17	S	6,96
257	1	M	1	N	CP	18	S	6,88
258	1	M	1	N	CP	19	S	7,77
259	1	M	1	N	CP	20	S	7,48
260	1	M	1	N	CP	21	S	8,96
261	1	M	1	N	CP	22	S	7,44
262	1	M	1	N	CP	23	S	40,42
263	1	M	1	N	CP	24	S	6,68

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
264	1	M	1	N	CP	25	S	7,92
265	1	M	1	N	CP	26	S	10,48
266	1	M	1	N	CP	27	S	11,30
267	1	M	1	N	CP	28	S	10,17
268	1	M	1	N	CP	29	S	7,60
269	1	M	1	N	CP	30	S	8,17
270	3	M	1	N	F	03	M	131,58
271	3	M	1	N	F	05	M	233,67
272	3	M	1	N	F	08	M	57,04
273	3	M	1	N	F	07	M	87,12
274	3	M	1	N	F	12	M	148,99
275	3	M	1	N	F	01	M	81,27
276	3	M	1	N	F	02	M	39,90
277	3	M	1	N	F	03	M	116,65
278	3	M	1	N	F	06	M	134,13
279	3	M	1	N	F	11	M	81,93
280	3	M	1	N	F	14	M	96,02
281	1	M	1	C	C	01	I	41,10
282	1	M	1	C	C	02	I	37,58
283	1	M	1	C	C	03	I	36,73
284	1	M	1	C	C	04	I	41,39
285	1	M	1	C	C	05	I	43,70
286	1	M	1	C	C	06	I	45,07
287	1	E	1	C	C	07	I	56,83
288	1	M	1	C	C	08	I	47,70
289	1	E	1	C	C	09	I	53,88
290	1	E	1	C	C	10	I	59,54
291	1	M	1	C	C	11	I	44,39
292	1	E	1	C	C	12	I	44,93
293	1	M	1	C	C	13	I	34,97
294	1	M	1	C	C	14	I	65,12
295	1	E	1	C	C	15	I	53,16
296	1	E	1	C	C	01	M	69,14
297	1	M	1	C	C	02	M	25,97
298	1	M	1	C	C	03	M	36,83
299	1	E	1	C	C	04	M	35,20
300	1	M	1	C	C	05	M	39,88
301	1	M	1	C	C	06	M	39,89
302	1	M	1	C	C	07	M	34,15
303	1	M	1	C	C	08	M	41,16
304	1	M	1	C	C	09	M	33,02
305	1	M	1	C	C	10	M	42,49
306	1	E	1	C	C	11	M	46,26
307	1	M	1	C	C	12	M	33,86
308	1	M	1	C	C	13	M	47,23
309	1	M	1	C	C	14	M	50,70
310	1	E	1	C	C	16	M	66,97
311	1	M	1	C	C	17	M	41,27

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
312	1	M	1	C	C	18	M	49,57
313	1	M	1	C	C	19	M	44,00
314	1	M	1	C	C	20	M	45,10
315	1	M	1	C	C	21	M	43,47
316	1	M	1	C	C	22	M	42,59
317	1	M	1	C	C	23	M	41,30
318	1	M	1	C	C	24	M	38,32
319	1	M	1	C	C	25	M	34,36
320	1	E	1	C	C	26	M	47,94
321	1	M	1	C	C	28	M	42,73
322	1	M	1	C	C	29	M	22,79
323	1	M	1	C	C	30	M	46,60
324	1	M	1	C	C	01	S	44,72
325	1	M	1	C	C	02	S	46,47
326	1	M	1	C	C	03	S	45,38
327	1	M	1	C	C	04	S	47,50
328	1	M	1	C	C	05	S	45,93
329	1	M	1	C	C	06	S	34,24
330	1	M	1	C	C	07	S	47,55
331	1	M	1	C	C	08	S	49,99
332	1	M	1	C	C	09	S	59,23
333	1	M	1	C	C	10	S	31,18
334	1	M	1	C	C	11	S	47,57
335	1	M	1	C	C	12	S	52,14
336	1	E	1	C	C	13	S	51,08
337	1	M	1	C	C	14	S	42,97
338	1	M	1	C	C	15	S	38,86
339	1	M	1	C	C	16	S	34,58
340	1	M	1	C	C	17	S	42,12
341	1	M	1	C	C	18	S	51,14
342	1	E	1	C	C	19	S	92,68
343	1	E	1	C	C	20	S	53,15
344	1	M	1	C	C	21	S	39,54
345	1	M	1	C	C	22	S	47,94
346	1	M	1	C	C	23	S	41,59
347	1	M	1	C	C	24	S	20,61
348	1	E	1	C	C	25	S	48,55
349	1	M	1	C	C	26	S	35,32
350	1	M	1	C	C	27	S	41,64
351	1	M	1	C	C	28	S	41,60
352	1	M	1	C	C	29	S	45,36
353	1	M	1	C	C	30	S	14,38
354	1	E	1	C	T	01	I	102,49
355	1	E	1	C	T	02	I	125,83
356	1	E	1	C	T	03	I	166,56
357	1	M	1	C	T	04	I	85,66
358	1	M	1	C	T	06	I	71,01
359	1	M	1	C	T	07	I	93,05

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
360	1	M	1	C	T	08	I	138,32
361	1	M	1	C	T	09	I	55,27
362	1	M	1	C	T	10	I	134,88
363	1	M	1	C	T	11	I	124,22
364	1	E	1	C	T	12	I	130,71
365	1	E	1	C	T	13	I	35,47
366	1	M	1	C	T	14	I	54,96
367	1	E	1	C	T	15	I	98,90
368	1	M	1	C	T	01	M	85,37
369	1	M	1	C	T	02	M	68,87
370	1	M	1	C	T	03	M	64,22
371	1	M	1	C	T	04	M	100,06
372	1	M	1	C	T	05	M	88,44
373	1	M	1	C	T	06	M	132,14
374	1	M	1	C	T	07	M	91,02
375	1	M	1	C	T	08	M	93,27
376	1	M	1	C	T	09	M	92,59
377	1	E	1	C	T	11	M	140,98
378	1	E	1	C	T	13	M	122,74
379	1	M	1	C	T	14	M	109,62
380	1	M	1	C	T	15	M	56,09
381	1	E	1	C	T	17	M	82,57
382	1	M	1	C	T	18	M	58,46
383	1	M	1	C	T	19	M	23,71
384	1	M	1	C	T	20	M	88,36
385	1	M	1	C	T	21	M	101,32
386	1	M	1	C	T	22	M	124,47
387	1	M	1	C	T	23	M	74,04
388	1	M	1	C	T	24	M	102,24
389	1	M	1	C	T	25	M	103,75
390	1	E	1	C	T	26	M	120,91
391	1	M	1	C	T	29	M	119,94
392	1	M	1	C	T	30	M	118,37
393	1	M	1	C	T	02	S	121,46
394	1	E	1	C	T	03	S	142,36
395	1	M	1	C	T	04	S	104,61
396	1	E	1	C	T	05	S	94,67
397	1	E	1	C	T	06	S	129,45
398	1	M	1	C	T	07	S	84,00
399	1	M	1	C	T	08	S	106,05
400	1	M	1	C	T	09	S	76,34
401	1	E	1	C	T	10	S	158,30
402	1	M	1	C	T	11	S	112,72
403	1	M	1	C	T	12	S	148,94
404	1	M	1	C	T	13	S	66,84
405	1	M	1	C	T	14	S	92,98
406	1	M	1	C	T	15	S	98,08
407	1	M	1	C	T	16	S	96,97

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
408	1	M	1	C	T	17	S	84,93
409	1	M	1	C	T	18	S	91,87
410	1	M	1	C	T	19	S	124,39
411	1	E	1	C	T	20	S	108,80
412	1	M	1	C	T	21	S	107,78
413	1	M	1	C	T	22	S	119,86
414	1	M	1	C	T	23	S	49,06
415	1	M	1	C	T	24	S	89,50
416	1	M	1	C	T	25	S	107,98
417	1	E	1	C	T	26	S	89,42
418	1	E	1	C	T	27	S	93,95
419	1	M	1	C	T	28	S	56,51
420	1	M	1	C	T	29	S	123,97
421	1	M	1	C	T	30	S	108,02
422	1	M	1	C	V	02	I	5,98
423	1	M	1	C	V	03	I	11,32
424	1	M	1	C	V	04	I	4,21
425	1	M	1	C	V	05	I	8,93
426	1	M	1	C	V	06	I	8,14
427	1	M	1	C	V	07	I	4,89
428	1	M	1	C	V	08	I	5,18
429	1	M	1	C	Vn	01	I	6,36
430	1	M	1	C	Vn	02	I	7,23
431	1	M	1	C	Vn	03	I	3,01
432	1	M	1	C	Vn	04	I	5,92
433	1	M	1	C	Vn	05	I	7,26
434	1	M	1	C	Vn	06	I	1,58
435	1	M	1	C	Vn	07	I	6,56
436	1	M	1	C	Vn	08	I	7,65
437	1	M	1	C	V	01	M	6,24
438	1	M	1	C	V	02	M	5,83
439	1	M	1	C	V	03	M	7,25
440	1	M	1	C	V	04	M	6,56
441	1	M	1	C	V	05	M	5,09
442	1	M	1	C	V	06	M	6,46
443	1	M	1	C	V	07	M	6,00
444	1	M	1	C	V	08	M	2,94
445	1	M	1	C	V	09	M	5,65
446	1	M	1	C	V	10	M	7,71
447	1	M	1	C	V	11	M	5,28
448	1	M	1	C	V	12	M	6,29
449	1	M	1	C	V	13	M	5,95
450	1	M	1	C	V	14	M	5,79
451	1	M	1	C	V	15	M	7,51
452	1	M	1	C	Vn	01	M	6,33
453	1	M	1	C	Vn	02	M	6,24
454	1	M	1	C	Vn	03	M	5,50
455	1	M	1	C	Vn	04	M	6,20

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
456	1	M	1	C	Vn	05	M	7,52
457	1	M	1	C	Vn	06	M	6,97
458	1	M	1	C	Vn	07	M	12,26
459	1	M	1	C	Vn	08	M	4,83
460	1	M	1	C	Vn	09	M	6,88
461	1	M	1	C	Vn	10	M	6,69
462	1	M	1	C	Vn	11	M	5,43
463	1	M	1	C	Vn	12	M	6,91
464	1	M	1	C	Vn	13	M	9,91
465	1	M	1	C	Vn	14	M	7,50
466	1	M	1	C	Vn	15	M	8,96
467	1	M	1	C	V	01	S	4,79
468	1	M	1	C	V	02	S	7,06
469	1	M	1	C	V	03	S	6,61
470	1	M	1	C	V	04	S	7,50
471	1	M	1	C	V	05	S	6,35
472	1	M	1	C	V	07	S	10,58
473	1	M	1	C	V	08	S	4,28
474	1	M	1	C	V	09	S	9,29
475	1	M	1	C	V	10	S	5,95
476	1	M	1	C	V	11	S	6,80
477	1	M	1	C	V	12	S	5,95
478	1	M	1	C	V	13	S	8,25
479	1	M	1	C	V	14	S	6,57
480	1	M	1	C	V	15	S	5,06
481	1	M	1	C	Vn	01	S	7,95
482	1	M	1	C	Vn	02	S	8,19
483	1	M	1	C	Vn	03	S	7,53
484	1	M	1	C	Vn	04	S	9,65
485	1	M	1	C	Vn	05	S	6,04
486	1	M	1	C	Vn	06	S	8,77
487	1	M	1	C	Vn	07	S	8,24
488	1	M	1	C	Vn	08	S	6,84
489	1	M	1	C	Vn	09	S	7,78
490	1	M	1	C	Vn	10	S	6,52
491	1	M	1	C	Vn	11	S	6,03
492	1	M	1	C	Vn	12	S	8,44
493	1	M	1	C	Vn	13	S	8,06
494	1	M	1	C	Vn	14	S	3,36
495	1	M	1	C	Vn	15	S	8,92
496	1	M	1	C	CP	01	I	9,80
497	1	M	1	C	CP	02	I	6,41
498	1	M	1	C	CP	03	I	2,77
499	1	M	1	C	CP	04	I	10,12
500	1	M	1	C	CP	05	I	9,86
501	1	M	1	C	CP	07	I	3,42
502	1	M	1	C	CP	08	I	9,76
503	1	M	1	C	CP	09	I	5,57

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
504	1	M	1	C	CP	10	I	5,01
505	1	M	1	C	CP	11	I	9,77
506	1	M	1	C	CP	14	I	11,18
507	1	M	1	C	CP	15	I	7,30
508	1	M	1	C	CP	01	M	10,60
509	1	M	1	C	CP	02	M	11,85
510	1	M	1	C	CP	03	M	8,65
511	1	M	1	C	CP	04	M	3,74
512	1	M	1	C	CP	05	M	9,25
513	1	M	1	C	CP	06	M	10,86
514	1	M	1	C	CP	07	M	2,66
515	1	M	1	C	CP	08	M	9,50
516	1	M	1	C	CP	09	M	10,18
517	1	M	1	C	CP	10	M	12,33
518	1	M	1	C	CP	11	M	7,43
519	1	M	1	C	CP	12	M	4,43
520	1	M	1	C	CP	13	M	3,23
521	1	M	1	C	CP	14	M	9,73
522	1	M	1	C	CP	15	M	8,31
523	1	M	1	C	CP	16	M	8,53
524	1	M	1	C	CP	17	M	9,85
525	1	M	1	C	CP	18	M	9,97
526	1	M	1	C	CP	19	M	3,31
527	1	M	1	C	CP	20	M	1,69
528	1	M	1	C	CP	21	M	10,73
529	1	M	1	C	CP	22	M	10,59
530	1	M	1	C	CP	23	M	8,89
531	1	M	1	C	CP	24	M	12,25
532	1	M	1	C	CP	25	M	6,08
533	1	M	1	C	CP	26	M	4,47
534	1	M	1	C	CP	27	M	5,83
535	1	M	1	C	CP	28	M	10,40
536	1	M	1	C	CP	29	M	7,99
537	1	M	1	C	CP	30	M	10,09
538	1	M	1	C	CP	01	S	10,50
539	1	M	1	C	CP	02	S	21,76
540	1	M	1	C	CP	03	S	9,93
541	1	M	1	C	CP	04	S	20,28
542	1	M	1	C	CP	06	S	12,19
543	1	M	1	C	CP	07	S	16,60
544	1	M	1	C	CP	08	S	9,96
545	1	M	1	C	CP	09	S	8,47
546	1	M	1	C	CP	10	S	8,88
547	1	M	1	C	CP	11	S	7,06
548	1	M	1	C	CP	12	S	9,14
549	1	M	1	C	CP	13	S	4,91
550	1	M	1	C	CP	14	S	10,88
551	1	M	1	C	CP	15	S	7,25

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
552	1	M	1	C	CP	16	S	8,50
553	1	M	1	C	CP	17	S	11,20
554	1	M	1	C	CP	18	S	5,17
555	1	M	1	C	CP	19	S	9,65
556	1	M	1	C	CP	21	S	11,79
557	1	M	1	C	CP	22	S	11,57
558	1	M	1	C	CP	23	S	8,69
559	1	M	1	C	CP	24	S	14,23
560	1	M	1	C	CP	25	S	10,90
561	1	M	1	C	CP	26	S	16,51
562	1	M	1	C	CP	27	S	10,45
563	1	M	1	C	CP	28	S	8,26
564	1	M	1	C	CP	29	S	11,86
565	1	M	1	C	CP	30	S	8,24
566	3	M	1	C	F	08	M	229,33
567	3	M	1	C	F	09	M	134,33
568	3	M	1	C	F	11	M	153,38
569	3	M	1	C	F	01	M	119,72
570	3	M	1	C	F	05	M	129,35
571	3	M	1	C	F	06	M	55,48
572	3	M	1	C	F	08	M	128,47
573	3	M	1	C	F	14	M	170,16
574	3	M	1	C	F	10	M	111,28
575	3	M	1	C	F	11	M	158,98
576	3	M	1	C	F	14	M	106,91
577	2	M	1	V	C	01	I	23,28
578	2	M	1	V	C	02	I	19,98
579	2	M	1	V	C	03	I	30,22
580	2	M	1	V	C	04	I	24,06
581	2	M	1	V	C	05	I	22,58
582	2	M	1	V	C	06	I	34,09
583	2	M	1	V	C	07	I	30,08
584	2	M	1	V	C	08	I	50,01
585	2	M	1	V	C	09	I	39,37
586	2	M	1	V	C	10	I	27,74
587	2	M	1	V	C	11	I	32,24
588	2	M	1	V	C	12	I	31,96
589	2	M	1	V	C	13	I	31,81
590	2	M	1	V	C	14	I	28,95
591	2	M	1	V	C	15	I	40,50
592	2	M	1	V	C	01	M	25,35
593	2	M	1	V	C	02	M	24,17
594	2	M	1	V	C	03	M	24,89
595	2	M	1	V	C	04	M	26,86
596	2	M	1	V	C	05	M	30,43
597	2	M	1	V	C	06	M	30,23
598	2	M	1	V	C	07	M	47,12
599	2	M	1	V	C	08	M	32,52

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
600	2	M	1	V	C	09	M	23,46
601	2	M	1	V	C	10	M	30,32
602	2	M	1	V	C	11	M	32,82
603	2	M	1	V	C	12	M	56,73
604	2	M	1	V	C	13	M	26,24
605	2	M	1	V	C	14	M	30,50
606	2	M	1	V	C	15	M	32,04
607	2	M	1	V	C	16	M	39,55
608	2	M	1	V	C	17	M	33,45
609	2	M	1	V	C	18	M	40,77
610	2	M	1	V	C	19	M	39,62
611	2	M	1	V	C	20	M	37,67
612	2	M	1	V	C	21	M	33,98
613	2	M	1	V	C	22	M	26,53
614	2	M	1	V	C	23	M	19,60
615	2	M	1	V	C	24	M	21,80
616	2	M	1	V	C	25	M	39,64
617	2	M	1	V	C	26	M	34,49
618	2	M	1	V	C	27	M	33,83
619	2	M	1	V	C	28	M	32,62
620	2	M	1	V	C	29	M	45,11
621	2	M	1	V	C	30	M	38,76
622	2	M	1	V	C	31	M	27,75
623	2	M	1	V	C	01	S	36,57
624	2	M	1	V	C	02	S	31,61
625	2	M	1	V	C	03	S	27,27
626	2	M	1	V	C	04	S	30,27
627	2	M	1	V	C	05	S	41,36
628	2	M	1	V	C	06	S	33,66
629	2	M	1	V	C	07	S	30,91
630	2	M	1	V	C	08	S	30,81
631	2	M	1	V	C	09	S	31,67
632	2	M	1	V	C	10	S	33,39
633	2	M	1	V	C	11	S	37,19
634	2	M	1	V	C	12	S	32,47
635	2	M	1	V	C	13	S	35,62
636	2	M	1	V	C	14	S	41,00
637	2	M	1	V	C	15	S	28,53
638	2	M	1	V	C	16	S	35,93
639	2	M	1	V	C	17	S	30,03
640	2	M	1	V	C	18	S	30,11
641	2	M	1	V	C	19	S	37,77
642	2	M	1	V	C	20	S	33,05
643	2	M	1	V	C	21	S	35,53
644	2	M	1	V	C	22	S	35,70
645	2	M	1	V	C	23	S	37,88
646	2	M	1	V	C	24	S	31,24
647	2	M	1	V	C	25	S	37,44

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
648	2	M	1	V	C	26	S	29,90
649	2	M	1	V	C	27	S	39,15
650	2	M	1	V	C	28	S	33,76
651	2	M	1	V	C	29	S	32,14
652	2	M	1	V	C	30	S	35,27
653	2	M	1	V	T	01	I	65,92
654	2	M	1	V	T	02	I	63,52
655	2	M	1	V	T	03	I	77,60
656	2	M	1	V	T	05	I	86,72
657	2	M	1	V	T	09	I	80,31
658	2	M	1	V	T	10	I	65,15
659	2	M	1	V	T	11	I	95,64
660	2	M	1	V	T	12	I	87,02
661	2	M	1	V	T	13	I	85,55
662	2	M	1	V	T	14	I	96,80
663	2	M	1	V	T	06	M	47,63
664	2	M	1	V	T	08	M	66,46
665	2	M	1	V	T	11	M	85,79
666	2	M	1	V	T	12	M	92,92
667	2	M	1	V	T	14	M	69,60
668	2	M	1	V	T	17	M	44,19
669	2	M	1	V	T	18	M	59,89
670	2	M	1	V	T	19	M	46,56
671	2	M	1	V	T	20	M	53,38
672	2	M	1	V	T	21	M	45,45
673	2	M	1	V	T	22	M	46,63
674	2	M	1	V	T	23	M	57,25
675	2	M	1	V	T	24	M	56,85
676	2	M	1	V	T	27	M	72,19
677	2	M	1	V	T	28	M	50,84
678	2	M	1	V	T	29	M	60,80
679	2	M	1	V	T	01	S	78,31
680	2	M	1	V	T	02	S	66,83
681	2	M	1	V	T	03	S	77,79
682	2	M	1	V	T	05	S	74,49
683	2	M	1	V	T	06	S	75,36
684	2	M	1	V	T	10	S	87,99
685	2	M	1	V	T	11	S	53,77
686	2	M	1	V	T	12	S	75,21
687	2	M	1	V	T	13	S	74,65
688	2	M	1	V	T	14	S	66,95
689	2	M	1	V	T	15	S	70,37
690	2	M	1	V	T	17	S	44,26
691	2	M	1	V	T	18	S	62,41
692	2	M	1	V	T	19	S	56,40
693	2	M	1	V	T	20	S	68,05
694	2	M	1	V	T	21	S	75,63
695	2	M	1	V	T	23	S	72,78

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
696	2	M	1	V	T	24	S	88,80
697	2	M	1	V	T	26	S	70,76
698	2	M	1	V	T	28	S	50,72
699	2	M	1	V	T	29	S	50,59
700	2	M	1	V	T	30	S	50,97
701	2	M	1	V	V	01	I	12,26
702	2	M	1	V	V	02	I	4,95
703	2	M	1	V	V	03	I	7,16
704	2	M	1	V	V	04	I	3,39
705	2	M	1	V	V	05	I	4,31
706	2	M	1	V	V	06	I	6,63
707	2	M	1	V	V	07	I	7,36
708	2	M	1	V	V	08	I	7,49
709	2	M	1	V	V	09	I	11,68
710	2	M	1	V	V	10	I	6,43
711	2	M	1	V	Vn	01	I	6,4
712	2	M	1	V	Vn	02	I	5,26
713	2	M	1	V	Vn	03	I	6,23
714	2	M	1	V	Vn	04	I	8,22
715	2	M	1	V	Vn	05	I	6,41
716	2	M	1	V	Vn	06	I	6,75
717	2	M	1	V	Vn	07	I	7,01
718	2	M	1	V	Vn	08	I	8,71
719	2	M	1	V	Vn	09	I	9,4
720	2	M	1	V	Vn	10	I	10,54
721	2	M	1	V	V	01	M	5,6
722	2	M	1	V	V	02	M	5,2
723	2	M	1	V	V	03	M	5,33
724	2	M	1	V	V	04	M	5,2
725	2	M	1	V	V	05	M	4,95
726	2	M	1	V	V	06	M	6,74
727	2	M	1	V	V	07	M	7,08
728	2	M	1	V	V	08	M	6,71
729	2	M	1	V	V	09	M	5,77
730	2	M	1	V	V	10	M	6,04
731	2	M	1	V	V	11	M	4,62
732	2	M	1	V	V	12	M	4,77
733	2	M	1	V	V	13	M	8,71
734	2	M	1	V	V	14	M	6,39
735	2	M	1	V	V	15	M	5,67
736	2	M	1	V	V	16	M	5,34
737	2	M	1	V	V	17	M	5,42
738	2	M	1	V	Vn	01	M	5,81
739	2	M	1	V	Vn	02	M	5,79
740	2	M	1	V	Vn	03	M	8,27
741	2	M	1	V	Vn	04	M	6,6
742	2	M	1	V	Vn	05	M	5,22
743	2	M	1	V	Vn	06	M	6,2

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
744	2	M	1	V	Vn	07	M	3,54
745	2	M	1	V	Vn	08	M	6,73
746	2	M	1	V	Vn	09	M	6,58
747	2	M	1	V	Vn	10	M	6,59
748	2	M	1	V	Vn	11	M	6,93
749	2	M	1	V	Vn	12	M	6,21
750	2	M	1	V	Vn	13	M	4,57
751	2	M	1	V	Vn	14	M	4,96
752	2	M	1	V	Vn	15	M	8,15
753	2	M	1	V	Vn	16	M	5,83
754	2	M	1	V	Vn	17	M	6,86
755	2	M	1	V	V	01	S	6,46
756	2	M	1	V	V	02	S	6,69
757	2	M	1	V	V	03	S	6,57
758	2	M	1	V	V	04	S	6,76
759	2	M	1	V	V	05	S	6,66
760	2	M	1	V	V	06	S	8,7
761	2	M	1	V	V	07	S	9,69
762	2	M	1	V	V	08	S	6,32
763	2	M	1	V	V	09	S	6,69
764	2	M	1	V	V	10	S	5,17
765	2	M	1	V	V	11	S	7,21
766	2	M	1	V	V	12	S	7,25
767	2	M	1	V	V	13	S	7,57
768	2	M	1	V	V	14	S	6,18
769	2	M	1	V	V	15	S	5,03
770	2	M	1	V	V	16	S	7,78
771	2	M	1	V	V	17	S	5,62
772	2	M	1	V	Vn	01	S	6,6
773	2	M	1	V	Vn	02	S	8,19
774	2	M	1	V	Vn	03	S	6,19
775	2	M	1	V	Vn	04	S	3,55
776	2	M	1	V	Vn	05	S	6
777	2	M	1	V	Vn	06	S	7,39
778	2	M	1	V	Vn	07	S	6,95
779	2	M	1	V	Vn	08	S	6,54
780	2	M	1	V	Vn	09	S	7,07
781	2	M	1	V	Vn	10	S	7,17
782	2	M	1	V	Vn	11	S	6,04
783	2	M	1	V	Vn	12	S	5,82
784	2	M	1	V	Vn	13	S	7,91
785	2	M	1	V	Vn	14	S	7,77
786	2	M	1	V	Vn	15	S	6,72
787	2	M	1	V	Vn	16	S	3,27
788	2	M	1	V	Vn	17	S	8,42
789	2	M	1	V	CP	01	I	7,84
790	2	M	1	V	CP	02	I	5,51
791	2	M	1	V	CP	03	I	5,79

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
792	2	M	1	V	CP	04	I	5,83
793	2	M	1	V	CP	05	I	7,6
794	2	M	1	V	CP	06	I	11,55
795	2	M	1	V	CP	07	I	9,32
796	2	M	1	V	CP	08	I	8,64
797	2	M	1	V	CP	09	I	8,99
798	2	M	1	V	CP	10	I	7,58
799	2	M	1	V	CP	11	I	4,83
800	2	M	1	V	CP	12	I	7,32
801	2	M	1	V	CP	13	I	8,98
802	2	M	1	V	CP	14	I	6,15
803	2	M	1	V	CP	15	I	9,38
804	2	M	1	V	CP	01	M	9,06
805	2	M	1	V	CP	02	M	4,37
806	2	M	1	V	CP	03	M	5,93
807	2	M	1	V	CP	04	M	1,74
808	2	M	1	V	CP	05	M	7,64
809	2	M	1	V	CP	06	M	4,47
810	2	M	1	V	CP	09	M	1,22
811	2	M	1	V	CP	10	M	6,74
812	2	M	1	V	CP	11	M	5,8
813	2	M	1	V	CP	12	M	4,82
814	2	M	1	V	CP	13	M	8,47
815	2	M	1	V	CP	14	M	5,55
816	2	M	1	V	CP	15	M	4,6
817	2	M	1	V	CP	16	M	17,97
818	2	M	1	V	CP	17	M	10,61
819	2	M	1	V	CP	18	M	10,73
820	2	M	1	V	CP	19	M	7,07
821	2	M	1	V	CP	20	M	5,39
822	2	M	1	V	CP	01	S	8,46
823	2	M	1	V	CP	02	S	5,23
824	2	M	1	V	CP	03	S	4,44
825	2	M	1	V	CP	04	S	4,74
826	2	M	1	V	CP	05	S	8,37
827	2	M	1	V	CP	06	S	6,15
828	2	M	1	V	CP	07	S	6,55
829	2	M	1	V	CP	08	S	8,33
830	2	M	1	V	CP	09	S	10,12
831	2	M	1	V	CP	10	S	7,28
832	2	M	1	V	CP	11	S	8,31
833	2	M	1	V	CP	12	S	3,17
834	2	M	1	V	CP	13	S	5
835	2	M	1	V	CP	14	S	5,98
836	2	M	1	V	CP	15	S	5,58
837	2	M	1	V	CP	17	S	5,1
838	2	M	1	V	CP	18	S	4,2
839	2	M	1	V	CP	19	S	4,39

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
840	2	M	1	V	CP	20	S	4,55
841	Ing	M	1	V	F	01	M	75
842	Ing	M	1	V	F	02	M	153
843	Ing	M	1	V	F	03	M	68
844	Ing	M	1	V	F	04	M	49
845	Ing	M	1	V	F	05	M	65
846	3	M	1	V	F	01	S	46
847	3	M	1	V	F	02	S	54
848	3	M	1	V	F	03	S	56
849	3	M	1	V	F	04	S	99
850	3	M	1	V	F	05	S	55
851	3	M	1	V	F	06	S	59
852	3	M	1	V	F	07	S	27
853	2	M	1	Q	C	01	I	37,64
854	2	M	1	Q	C	02	I	36,15
855	2	M	1	Q	C	03	I	29,65
856	2	M	1	Q	C	05	I	26,07
857	2		1	Q	C	09	I	24,09
858	2		1	Q	C	10	I	32,22
859	2		1	Q	C	11	I	18,47
860	2		1	Q	C	12	I	34,79
861	2		1	Q	C	13	I	38,14
862	2		1	Q	C	14	I	16,17
863	2		1	Q	C	15	I	28
864	2		1	Q	C	18	I	31,64
865	2		1	Q	C	19	I	34,88
866	2		1	Q	C	20	I	33,14
867	2	M	1	Q	C	01	M	30,74
868	2	M	1	Q	C	02	M	28,90
869	2	M	1	Q	C	03	M	36,61
870	2	M	1	Q	C	04	M	51,70
871	2	M	1	Q	C	05	M	25,89
872	2	M	1	Q	C	06	M	34,72
873	2	M	1	Q	C	07	M	26,72
874	2	M	1	Q	C	08	M	37,73
875	2	M	1	Q	C	09	M	26,05
876	2	M	1	Q	C	10	M	26,10
877	2	M	1	Q	C	15	M	28,65
878	2	M	1	Q	C	16	M	36,66
879	2	M	1	Q	C	17	M	34,48
880	2	M	1	Q	C	18	M	44,25
881	2	M	1	Q	C	19	M	28,13
882	2	M	1	Q	C	20	M	33,10
883	2	M	1	Q	C	21	M	40,70
884	2	M	1	Q	C	22	M	30,92
885	2		1	Q	C	23	M	21,68
886	2		1	Q	C	24	M	26,06
887	2		1	Q	C	25	M	29,79

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
888	2		1	Q	C	26	M	22,45
889	2		1	Q	C	27	M	24,04
890	2		1	Q	C	28	M	25,92
891	2		1	Q	C	29	M	21,33
892	2		1	Q	C	30	M	25,36
893	2		1	Q	C	34	M	37,45
894	2		1	Q	C	35	M	42,29
895	2		1	Q	C	36	M	25,52
896	2		1	Q	C	37	M	24,231
897	2		1	Q	C	38	M	12,64
898	2	M	1	Q	C	01	S	27,55
899	2	M	1	Q	C	02	S	36,45
900	2	M	1	Q	C	03	S	57,59
901	2	M	1	Q	C	04	S	45,14
902	2	M	1	Q	C	05	S	62,66
903	2	M	1	Q	C	06	S	60,44
904	2		1	Q	C	07	S	44,94
905	2		1	Q	C	08	S	29,4
906	2		1	Q	C	09	S	45,93
907	2		1	Q	C	10	S	37,4
908	2		1	Q	C	11	S	40,6
909	2		1	Q	C	12	S	32,66
910	2		1	Q	C	13	S	44,2
911	2		1	Q	C	15	S	51,29
912	2		1	Q	C	16	S	50,04
913	2		1	Q	C	17	S	29,78
914	2		1	Q	C	18	S	32,9
915	2		1	Q	C	19	S	33,29
916	2		1	Q	C	22	S	46,24
917	2		1	Q	C	24	S	51,01
918	2		1	Q	C	25	S	28,50
919	2		1	Q	C	26	S	25,02
920	2		1	Q	C	28	S	47,03
921	2		1	Q	C	29	S	42,07
922	2		1	Q	C	30	S	47,28
923	2		1	Q	C	31	S	28,96
924	2		1	Q	C	34	S	28,85
925	2		1	Q	C	36	S	25,46
926	2		1	Q	C	37	S	25,03
927	2		1	Q	C	39	S	21,57
928	2		1	Q	C	40	S	34,24
929	2	M	1	Q	T	01	I	47,20
930	2	M	1	Q	T	02	I	46,24
931	2	M	1	Q	T	03	I	53,53
932	2	M	1	Q	T	04	I	81,81
933	2	M	1	Q	T	05	I	74,94
934	2	M	1	Q	T	06	I	63,60
935	2	M	1	Q	T	07	I	60,04

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
936	2	M	1	Q	T	08	I	44,61
937	2	M	1	Q	T	09	I	54,21
938	2	M	1	Q	T	10	I	55,60
939	2		1	Q	T	11	I	50,59
940	2		1	Q	T	12	I	36,67
941	2		1	Q	T	13	I	58,60
942	2		1	Q	T	14	I	52,56
943	2		1	Q	T	15	I	54,11
944	2	M	1	Q	T	01	M	64,84
945	2	M	1	Q	T	02	M	59,57
946	2	M	1	Q	T	03	M	68,17
947	2	M	1	Q	T	04	M	72,18
948	2	M	1	Q	T	05	M	76,93
949	2	M	1	Q	T	06	M	77,42
950	2	M	1	Q	T	07	M	60,16
951	2	M	1	Q	T	08	M	70,29
952	2	M	1	Q	T	09	M	71,98
953	2	M	1	Q	T	10	M	81,10
954	2		1	Q	T	11	M	78,82
955	2		1	Q	T	12	M	63,40
956	2		1	Q	T	13	M	66,77
957	2		1	Q	T	14	M	78,40
958	2		1	Q	T	15	M	72,97
959	2		1	Q	T	16	M	53,66
960	2		1	Q	T	17	M	61,52
961	2		1	Q	T	18	M	66,20
962	2		1	Q	T	19	M	66,67
963	2		1	Q	T	20	M	53,34
964	2		1	Q	T	21	M	48,91
965	2		1	Q	T	22	M	38,87
966	2		1	Q	T	23	M	60,50
967	2		1	Q	T	25	M	20,58
968	2		1	Q	T	27	M	70,19
969	2		1	Q	T	28	M	86,62
970	2		1	Q	T	29	M	42,73
971	2		1	Q	T	30	M	96,27
972	2	M	1	Q	T	02	S	61,83
973	2	M	1	Q	T	03	S	58,29
974	2	M	1	Q	T	04	S	59,38
975	2	M	1	Q	T	05	S	56,93
976	2	M	1	Q	T	06	S	65,64
977	2	M	1	Q	T	07	S	51,24
978	2	M	1	Q	T	08	S	58,43
979	2		1	Q	T	11	S	65,25
980	2		1	Q	T	14	S	61,52
981	2		1	Q	T	15	S	36,3
982	2		1	Q	T	16	S	63,81
983	2		1	Q	T	17	S	46,65

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
984	2		1	Q	T	19	S	77,79
985	2		1	Q	T	24	S	75,21
986	2		1	Q	T	26	S	68,54
987	2		1	Q	T	28	S	62,53
988	2		1	Q	T	29	S	55,67
989	2		1	Q	T	30	S	64,55
990	2	M	1	Q	V	01	I	8,6
991	2	M	1	Q	V	02	I	4,01
992	2	M	1	Q	V	03	I	6,79
993	2		1	Q	V	04	I	3,62
994	2		1	Q	V	05	I	5,21
995	2		1	Q	V	06	I	5,16
996	2		1	Q	V	07	I	5,52
997	2		1	Q	V	08	I	6,52
998	2		1	Q	V	10	I	5,78
999	2	M	1	Q	Vn	01	I	5,32
1000	2	M	1	Q	Vn	02	I	7,21
1001	2	M	1	Q	Vn	03	I	8,17
1002	2	M	1	Q	Vn	04	I	5,96
1003	2	M	1	Q	Vn	05	I	3,21
1004	2	M	1	Q	Vn	06	I	7,59
1005	2		1	Q	Vn	07	I	3,98
1006	2		1	Q	Vn	08	I	4,23
1007	2		1	Q	Vn	09	I	5,68
1008	2		1	Q	Vn	10	I	7,59
1009	2	M	1	Q	V	01	M	6,06
1010	2	M	1	Q	V	02	M	5,09
1011	2	M	1	Q	V	03	M	2,19
1012	2	M	1	Q	V	04	M	2,47
1013	2	M	1	Q	V	05	M	7,87
1014	2	M	1	Q	V	06	M	5,09
1015	2	M	1	Q	V	07	M	4,22
1016	2		1	Q	V	08	M	5,02
1017	2		1	Q	V	09	M	5,28
1018	2		1	Q	V	10	M	4,97
1019	2		1	Q	V	11	M	6,18
1020	2		1	Q	V	12	M	6,58
1021	2		1	Q	V	13	M	7,24
1022	2		1	Q	V	15	M	4,19
1023	2		1	Q	V	16	M	5,08
1024	2		1	Q	V	17	M	6,34
1025	2		1	Q	V	18	M	6,58
1026	2		1	Q	V	19	M	6
1027	2		1	Q	V	20	M	5,93
1028	2		1	Q	Vn	01	M	6,74
1029	2		1	Q	Vn	02	M	6,41
1030	2		1	Q	Vn	05	M	6,24
1031	2		1	Q	Vn	06	M	6,45

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1032	2		1	Q	Vn	07	M	5,78
1033	2		1	Q	Vn	08	M	5,66
1034	2		1	Q	Vn	09	M	4,88
1035	2		1	Q	Vn	10	M	5,68
1036	2		1	Q	Vn	11	M	7,64
1037	2		1	Q	Vn	12	M	2,82
1038	2		1	Q	Vn	14	M	5,82
1039	2		1	Q	Vn	15	M	3,74
1040	2		1	Q	Vn	16	M	6,02
1041	2		1	Q	Vn	17	M	6,86
1042	2		1	Q	Vn	18	M	5,53
1043	2		1	Q	Vn	19	M	4,58
1044	2		1	Q	Vn	20	M	5,01
1045	2		1	Q	V	01	S	7,39
1046	2		1	Q	V	02	S	4,19
1047	2		1	Q	V	03	S	3,81
1048	2		1	Q	V	04	S	5,92
1049	2		1	Q	V	05	S	7,44
1050	2		1	Q	V	06	S	7,28
1051	2		1	Q	V	07	S	5,06
1052	2		1	Q	V	08	S	5,82
1053	2		1	Q	V	09	S	3,11
1054	2		1	Q	V	10	S	3,6
1055	2		1	Q	V	11	S	6,95
1056	2		1	Q	V	12	S	6,78
1057	2		1	Q	V	13	S	5,09
1058	2		1	Q	V	14	S	5,8
1059	2		1	Q	V	15	S	3,05
1060	2		1	Q	V	16	S	3,98
1061	2		1	Q	V	17	S	3,07
1062	2		1	Q	V	18	S	4,58
1063	2		1	Q	V	19	S	2,72
1064	2		1	Q	V	20	S	3,22
1065	2		1	Q	Vn	01	S	3,49
1066	2		1	Q	Vn	02	S	6,02
1067	2		1	Q	Vn	03	S	10,27
1068	2		1	Q	Vn	04	S	8,05
1069	2		1	Q	Vn	05	S	6,95
1070	2		1	Q	Vn	06	S	7,51
1071	2		1	Q	Vn	07	S	5,77
1072	2		1	Q	Vn	08	S	6,24
1073	2		1	Q	Vn	09	S	6,86
1074	2		1	Q	Vn	10	S	7,94
1075	2		1	Q	Vn	11	S	6,83
1076	2		1	Q	Vn	12	S	6,05
1077	2		1	Q	Vn	13	S	5,52
1078	2		1	Q	Vn	14	S	6,87
1079	2		1	Q	Vn	15	S	6,55

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1080	2		1	Q	Vn	16	S	5,28
1081	2		1	Q	Vn	17	S	5,25
1082	2		1	Q	Vn	18	S	6,12
1083	2		1	Q	Vn	19	S	4,25
1084	2		1	Q	Vn	20	S	3,66
1085	2		1	Q	CP	01	I	6,23
1086	2		1	Q	CP	03	I	6,43
1087	2		1	Q	CP	04	I	8,99
1088	2		1	Q	CP	05	I	7,06
1089	2		1	Q	CP	06	I	8,04
1090	2		1	Q	CP	07	I	3,18
1091	2		1	Q	CP	09	I	11,56
1092	2		1	Q	CP	01	M	8,10
1093	2		1	Q	CP	02	M	5,11
1094	2		1	Q	CP	03	M	3,71
1095	2		1	Q	CP	04	M	3,80
1096	2		1	Q	CP	05	M	12,34
1097	2		1	Q	CP	06	M	9,11
1098	2		1	Q	CP	07	M	3,39
1099	2		1	Q	CP	08	M	6,21
1100	2		1	Q	CP	09	M	6,66
1101	2		1	Q	CP	10	M	10,76
1102	2		1	Q	CP	11	M	5,54
1103	2		1	Q	CP	12	M	10,82
1104	2		1	Q	CP	13	M	4,66
1105	2		1	Q	CP	14	M	6,73
1106	2		1	Q	CP	15	M	3,61
1107	2		1	Q	CP	16	M	10,61
1108	2		1	Q	CP	17	M	3,67
1109	2		1	Q	CP	18	M	10,57
1110	2		1	Q	CP	19	M	8,16
1111	2		1	Q	CP	20	M	3,50
1112	2		1	Q	CP	01	S	9,46
1113	2		1	Q	CP	02	S	8,91
1114	2		1	Q	CP	03	S	9,05
1115	2		1	Q	CP	04	S	7,36
1116	2		1	Q	CP	05	S	11,19
1117	2		1	Q	CP	06	S	12,32
1118	2		1	Q	CP	07	S	12,19
1119	2		1	Q	CP	08	S	8,06
1120	2		1	Q	CP	09	S	7,55
1121	2		1	Q	CP	10	S	7,96
1122	2		1	Q	CP	11	S	8,30
1123	2		1	Q	CP	12	S	0,00
1124	2		1	Q	CP	13	S	11,54
1125	2		1	Q	CP	14	S	9,11
1126	2		1	Q	CP	15	S	12,75
1127	2		1	Q	CP	16	S	13,31

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1128	2		1	Q	CP	17	S	7,81
1129	2		1	Q	CP	18	S	7,15
1130	2		1	Q	CP	19	S	11,13
1131	2		1	Q	CP	20	S	13,14
1132	3		1	Q	F	01	M	53
1133	3		1	Q	F	02	M	61
1134	3		1	Q	F	03	M	60
1135	3		1	Q	F	04	M	113
1136	3		1	Q	F	05	M	93
1137	3		1	Q	F	06	M	116
1138	3		1	Q	F	07	M	79
1139	3		1	Q	F	08	M	69
1140	3		1	Q	F	09	M	27
1141	3		1	Q	F	10	M	41
1142	3		1	Q	F	11	M	69
1143	3		1	Q	F	12	M	82
1144	3		1	Q	F	13	M	61
1145	3		1	Q	F	14	M	98
1146	3		1	Q	F	15	M	67
1147	3		1	Q	F	16	M	57
1148	3		1	Q	F	17	M	67
1149	3		1	Q	F	18	M	47
1150	3		1	Q	F	19	M	69
1151	3		1	Q	F	20	M	77
1152	3		1	Q	F	21	M	45
1153	3		1	Q	F	22	M	52
1154	3		1	Q	F	23	M	42
1155	3		1	Q	F	24	M	55
1156	3		1	Q	F	25	M	94
1157	3		1	Q	F	26	M	93
1158	3		1	Q	F	27	M	89
1159	3		1	Q	F	28	M	52
1160	3		1	Q	F	29	M	81
1161	3		1	Q	F	30	M	109
1162	3		1	Q	F	31	M	72
1163	3		1	Q	F	32	M	77
1164	3		1	Q	F	33	M	76
1165	3		1	Q	F	01	S	54
1166	3		1	Q	F	02	S	94
1167	3		1	Q	F	03	S	74
1168	3		1	Q	F	04	S	100
1169	3		1	Q	F	05	S	65
1170	3		1	Q	F	06	S	55
1171	3		1	Q	F	07	S	64
1172	3		1	Q	F	08	S	74
1173	3		1	Q	F	09	S	86
1174	3		1	Q	F	10	S	64
1175	3		1	Q	F	11	S	61

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1176	3		1	Q	F	12	S	63
1177	3		1	Q	F	13	S	63
1178	3		1	Q	F	14	S	55
1179	3		1	Q	F	15	S	61
1180	3		1	Q	F	16	S	62
1181	3		1	Q	F	17	S	71
1182	3		1	Q	F	18	S	94
1183	3		1	Q	F	19	S	71
1184	3		1	Q	F	20	S	66
1185	3		1	Q	F	21	S	70
1186	3		1	Q	F	22	S	39
1187	3		1	Q	F	23	S	46
1188	3		1	Q	F	24	S	70
1189	3		1	Q	F	25	S	60
1190	3		1	Q	F	26	S	50
1191	3		1	Q	F	27	S	98
1192	3		1	Q	F	28	S	46
1193	3		1	Q	F	29	S	74
1194	3		1	Q	F	30	S	83
1195	3		1	Q	F	31	S	116
1196	3		1	Q	F	32	S	69
1197	1	E	2	T	C	01	I	36,22
1198	1	E	2	T	C	03	I	41,35
1199	1	E	2	T	C	04	I	53,09
1200	1	M	2	T	C	06	I	26,98
1201	1	E	2	T	C	07	I	32,88
1202	1	E	2	T	C	08	I	37,64
1203	1	M	2	T	C	09	I	31,20
1204	1	E	2	T	C	10	I	34,03
1205	1	E	2	T	C	11	I	43,79
1206	1	E	2	T	C	12	I	41,08
1207	1	M	2	T	C	13	I	22,47
1208	1	E	2	T	C	14	I	39,03
1209	1	M	2	T	C	01	M	26,86
1210	1	M	2	T	C	02	M	27,32
1211	1	E	2	T	C	04	M	54,55
1212	1	M	2	T	C	05	M	23,80
1213	1	M	2	T	C	06	M	31,62
1214	1	M	2	T	C	07	M	29,41
1215	1	M	2	T	C	08	M	28,15
1216	1	E	2	T	C	09	M	43,09
1217	1	M	2	T	C	11	M	18,26
1218	1	M	2	T	C	12	M	19,20
1219	1	M	2	T	C	13	M	28,23
1220	1	M	2	T	C	14	M	16,42
1221	1	M	2	T	C	15	M	29,78
1222	1	M	2	T	C	16	M	16,05
1223	1	E	2	T	C	17	M	59,07

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1224	1	M	2	T	C	18	M	32,89
1225	1	M	2	T	C	20	M	27,48
1226	1	E	2	T	C	23	M	54,44
1227	1	E	2	T	C	24	M	51,18
1228	1	E	2	T	C	25	M	64,44
1229	1	E	2	T	C	27	M	37,52
1230	1	E	2	T	C	28	M	37,07
1231	1	E	2	T	C	29	M	48,75
1232	1	M	2	T	C	30	M	24,54
1233	1	E	2	T	C	01	S	48
1234	1	M	2	T	C	02	S	32,46
1235	1	M	2	T	C	03	S	22,8
1236	1	M	2	T	C	04	S	15,04
1237	1	E	2	T	C	05	S	45,86
1238	1	M	2	T	C	06	S	16,44
1239	1	E	2	T	C	07	S	39,19
1240	1	E	2	T	C	08	S	46,43
1241	1	M	2	T	C	09	S	14,56
1242	1	M	2	T	C	10	S	35,64
1243	1	M	2	T	C	11	S	30,03
1244	1	M	2	T	C	12	S	13,78
1245	1	E	2	T	C	13	S	56,18
1246	1	E	2	T	C	14	S	49,27
1247	1	M	2	T	C	16	S	24,37
1248	1	M	2	T	C	17	S	15,71
1249	1	E	2	T	C	18	S	46,15
1250	1	M	2	T	C	19	S	32,06
1251	1	E	2	T	C	20	S	53,4
1252	1	E	2	T	C	23	S	42,45
1253	1	M	2	T	C	24	S	24,57
1254	1	M	2	T	C	25	S	23,03
1255	1	M	2	T	C	26	S	46,79
1256	1	E	2	T	C	28	S	51,54
1257	1	M	2	T	C	29	S	26,72
1258	1	E	2	T	T	01	I	69,78
1259	1	M	2	T	T	02	I	49,36
1260	1	E	2	T	T	03	I	53,50
1261	1	E	2	T	T	04	I	62,66
1262	1	E	2	T	T	05	I	38,27
1263	1	E	2	T	T	06	I	87,44
1264	1	E	2	T	T	07	I	39,62
1265	1	M	2	T	T	08	I	47,41
1266	1	E	2	T	T	09	I	94,35
1267	1	E	2	T	T	10	I	35,21
1268	1	E	2	T	T	11	I	77,18
1269	1	M	2	T	T	12	I	53,30
1270	1	E	2	T	T	13	I	47,24
1271	1	M	2	T	T	01	M	51,11

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1272	1	M	2	T	T	03	M	59,92
1273	1	M	2	T	T	04	M	83,06
1274	1	E	2	T	T	05	M	88,40
1275	1	E	2	T	T	08	M	43,22
1276	1	E	2	T	T	09	M	64,10
1277	1	M	2	T	T	11	M	51,21
1278	1	M	2	T	T	13	M	51,90
1279	1	E	2	T	T	14	M	77,08
1280	1	M	2	T	T	15	M	55,74
1281	1	M	2	T	T	16	M	30,80
1282	1	M	2	T	T	17	M	62,46
1283	1	M	2	T	T	19	M	55,35
1284	1	M	2	T	T	20	M	77,19
1285	1	M	2	T	T	21	M	65,58
1286	1	E	2	T	T	27	M	88,23
1287	1	E	2	T	T	28	M	56,15
1288	1	M	2	T	T	29	M	62,20
1289	1	M	2	T	T	30	M	60,87
1290	1	M	2	T	T	02	S	64,67
1291	1	M	2	T	T	03	S	80,00
1292	1	M	2	T	T	04	S	67,28
1293	1	M	2	T	T	06	S	53,20
1294	1	E	2	T	T	07	S	78,47
1295	1	M	2	T	T	08	S	49,29
1296	1	M	2	T	T	10	S	32,89
1297	1	E	2	T	T	11	S	69,99
1298	1	M	2	T	T	12	S	39,38
1299	1	M	2	T	T	13	S	35,49
1300	1	M	2	T	T	16	S	68,25
1301	1	E	2	T	T	17	S	52,86
1302	1	E	2	T	T	19	S	65,99
1303	1	E	2	T	T	20	S	99,84
1304	1	M	2	T	T	21	S	35,86
1305	1	M	2	T	T	22	S	99,98
1306	1	M	2	T	T	23	S	38,37
1307	1	M	2	T	T	24	S	65,63
1308	1	M	2	T	T	25	S	77,39
1309	1	E	2	T	T	26	S	50,00
1310	1	M	2	T	T	27	S	47,70
1311	1	M	2	T	T	30	S	67,98
1312	1	M	2	T	V	02	I	5,08
1313	1	M	2	T	V	03	I	5,58
1314	1	M	2	T	V	04	I	4,72
1315	1	M	2	T	V	05	I	4,89
1316	1	M	2	T	V	06	I	5,18
1317	1	M	2	T	V	07	I	2,66
1318	1	M	2	T	V	08	I	3,34
1319	1	M	2	T	Vn	02	I	4,15

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1320	1	M	2	T	Vn	03	I	3,95
1321	1	M	2	T	Vn	04	I	6,05
1322	1	M	2	T	Vn	05	I	5,12
1323	1	M	2	T	Vn	06	I	3,94
1324	1	M	2	T	Vn	07	I	4,88
1325	1	M	2	T	Vn	08	I	5,29
1326	1	M	2	T	V	01	M	5,93
1327	1	M	2	T	V	02	M	3,76
1328	1	M	2	T	V	03	M	2,91
1329	1	M	2	T	V	04	M	3,41
1330	1	M	2	T	V	05	M	1,58
1331	1	M	2	T	V	06	M	4,86
1332	1	M	2	T	V	07	M	3,09
1333	1	M	2	T	V	08	M	5,82
1334	1	M	2	T	V	09	M	1,98
1335	1	M	2	T	V	10	M	4,65
1336	1	M	2	T	V	11	M	4,14
1337	1	M	2	T	V	12	M	4,31
1338	1	M	2	T	V	13	M	2,65
1339	1	M	2	T	V	14	M	1,65
1340	1	M	2	T	V	15	M	3,59
1341	1	M	2	T	Vn	01	M	1,51
1342	1	M	2	T	Vn	02	M	4,92
1343	1	M	2	T	Vn	04	M	2,28
1344	1	M	2	T	Vn	05	M	4,58
1345	1	M	2	T	Vn	06	M	3,85
1346	1	M	2	T	Vn	07	M	3,49
1347	1	M	2	T	Vn	08	M	6,50
1348	1	M	2	T	Vn	09	M	3,64
1349	1	M	2	T	Vn	11	M	1,59
1350	1	M	2	T	Vn	12	M	2,47
1351	1	M	2	T	Vn	13	M	4,16
1352	1	M	2	T	Vn	14	M	3,78
1353	1	M	2	T	Vn	15	M	6,23
1354	1	M	2	T	V	01	S	2,84
1355	1	M	2	T	V	02	S	4,52
1356	1	M	2	T	V	03	S	3,44
1357	1	M	2	T	V	04	S	2,95
1358	1	M	2	T	V	05	S	5,43
1359	1	M	2	T	V	06	S	6,27
1360	1	M	2	T	V	07	S	5,11
1361	1	M	2	T	V	08	S	4,72
1362	1	M	2	T	V	09	S	5,36
1363	1	M	2	T	V	10	S	5,97
1364	1	M	2	T	V	11	S	3,22
1365	1	M	2	T	V	12	S	5,09
1366	1	M	2	T	V	13	S	4,88
1367	1	M	2	T	V	14	S	3,70

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1368	1	M	2	T	V	15	S	6,34
1369	1	M	2	T	Vn	01	S	6,35
1370	1	M	2	T	Vn	02	S	8,09
1371	1	M	2	T	Vn	03	S	4,23
1372	1	M	2	T	Vn	04	S	5,70
1373	1	M	2	T	Vn	05	S	2,86
1374	1	M	2	T	Vn	06	S	3,36
1375	1	M	2	T	Vn	07	S	3,83
1376	1	M	2	T	Vn	08	S	3,45
1377	1	M	2	T	Vn	09	S	3,77
1378	1	M	2	T	Vn	10	S	7,97
1379	1	M	2	T	Vn	12	S	5,31
1380	1	M	2	T	Vn	13	S	5,87
1381	1	M	2	T	Vn	14	S	5,32
1382	1	M	2	T	Vn	15	S	5,78
1383	1	M	2	T	CP	01	I	2,66
1384	1	M	2	T	CP	03	I	4,13
1385	1	M	2	T	CP	04	I	2,56
1386	1	M	2	T	CP	05	I	4,60
1387	1	M	2	T	CP	06	I	6,90
1388	1	M	2	T	CP	07	I	6,30
1389	1	M	2	T	CP	08	I	4,12
1390	1	M	2	T	CP	09	I	4,57
1391	1	M	2	T	CP	10	I	4,83
1392	1	M	2	T	CP	11	I	6,19
1393	1	M	2	T	CP	12	I	4,86
1394	1	M	2	T	CP	13	I	4,03
1395	1	M	2	T	CP	14	I	5,00
1396	1	M	2	T	CP	15	I	6,47
1397	1	M	2	T	CP	01	M	4,64
1398	1	M	2	T	CP	02	M	3,74
1399	1	M	2	T	CP	03	M	3,25
1400	1	M	2	T	CP	04	M	4,30
1401	1	M	2	T	CP	05	M	4,53
1402	1	M	2	T	CP	06	M	8,30
1403	1	M	2	T	CP	07	M	2,49
1404	1	M	2	T	CP	08	M	2,41
1405	1	M	2	T	CP	09	M	5,10
1406	1	M	2	T	CP	10	M	2,82
1407	1	M	2	T	CP	11	M	6,11
1408	1	M	2	T	CP	12	M	2,67
1409	1	M	2	T	CP	13	M	4,76
1410	1	M	2	T	CP	14	M	3,99
1411	1	M	2	T	CP	15	M	6,14
1412	1	M	2	T	CP	16	M	3,79
1413	1	M	2	T	CP	17	M	3,40
1414	1	M	2	T	CP	18	M	4,17
1415	1	M	2	T	CP	20	M	5,10

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1416	1	M	2	T	CP	21	M	4,38
1417	1	M	2	T	CP	22	M	4,11
1418	1	M	2	T	CP	23	M	3,69
1419	1	M	2	T	CP	24	M	4,71
1420	1	M	2	T	CP	25	M	3,16
1421	1	M	2	T	CP	26	M	3,51
1422	1	M	2	T	CP	27	M	3,65
1423	1	M	2	T	CP	28	M	3,55
1424	1	M	2	T	CP	29	M	5,37
1425	1	M	2	T	CP	30	M	4,84
1426	1	M	2	T	CP	01	S	4,41
1427	1	M	2	T	CP	02	S	4,05
1428	1	M	2	T	CP	03	S	4,00
1429	1	M	2	T	CP	04	S	4,86
1430	1	M	2	T	CP	05	S	5,95
1431	1	M	2	T	CP	06	S	3,07
1432	1	M	2	T	CP	07	S	5,61
1433	1	M	2	T	CP	08	S	4,67
1434	1	M	2	T	CP	09	S	3,94
1435	1	M	2	T	CP	10	S	4,88
1436	1	M	2	T	CP	11	S	5,73
1437	1	M	2	T	CP	12	S	5,15
1438	1	M	2	T	CP	13	S	6,36
1439	1	M	2	T	CP	14	S	4,24
1440	1	M	2	T	CP	15	S	3,64
1441	1	M	2	T	CP	16	S	5,83
1442	1	M	2	T	CP	17	S	4,40
1443	1	M	2	T	CP	18	S	3,74
1444	1	M	2	T	CP	20	S	8,07
1445	1	M	2	T	CP	21	S	5,17
1446	1	M	2	T	CP	22	S	4,22
1447	1	M	2	T	CP	23	S	2,63
1448	1	M	2	T	CP	24	S	4,68
1449	1	M	2	T	CP	25	S	4,01
1450	1	M	2	T	CP	26	S	2,47
1451	1	M	2	T	CP	27	S	5,28
1452	1	M	2	T	CP	28	S	6,83
1453	1	M	2	T	CP	29	S	3,60
1454	1	M	2	T	CP	30	S	7,94
1455	3	M	2	T	F	01	M	41,29
1456	3	M	2	T	F	02	M	46,49
1457	3	M	2	T	F	03	M	37,83
1458	3	M	2	T	F	05	M	38,62
1459	3	M	2	T	F	06	M	34,88
1460	3	M	2	T	F	07	M	33,75
1461	3	M	2	T	F	08	M	34,16
1462	3	M	2	T	F	09	M	34,03
1463	3	M	2	T	F	10	M	47,33

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1464	3	M	2	T	F	11	M	44,09
1465	3	M	2	T	F	12	M	37,28
1466	1	M	3	CU	C	01	I	34,07
1467	1	E	3	CU	C	02	I	32,34
1468	1	E	3	CU	C	03	I	32,81
1469	1	E	3	CU	C	04	I	33,01
1470	1	E	3	CU	C	05	I	31,33
1471	1	M	3	CU	C	06	I	39,59
1472	1	E	3	CU	C	07	I	32,12
1473	1	E	3	CU	C	08	I	30,25
1474	1	E	3	CU	C	09	I	30,74
1475	1	E	3	CU	C	10	I	29,48
1476	1	E	3	CU	C	11	I	33,70
1477	1	E	3	CU	C	12	I	28,31
1478	1	M	3	CU	C	13	I	39,78
1479	1	E	3	CU	C	14	I	41,85
1480	1	M	3	CU	C	15	I	41,07
1481	1	M	3	CU	C	16	I	41,35
1482	1	E	3	CU	C	01	M	42,24
1483	1	E	3	CU	C	02	M	45,07
1484	1	M	3	CU	C	03	M	44,38
1485	1	E	3	CU	C	04	M	30,96
1486	1	M	3	CU	C	05	M	43,25
1487	1	E	3	CU	C	06	M	27,21
1488	1	M	3	CU	C	07	M	43,00
1489	1	M	3	CU	C	08	M	43,47
1490	1	M	3	CU	C	09	M	32,06
1491	1	E	3	CU	C	10	M	33,57
1492	1	M	3	CU	C	11	M	38,25
1493	1	E	3	CU	C	12	M	37,72
1494	1	E	3	CU	C	13	M	29,72
1495	1	E	3	CU	C	14	M	29,24
1496	1	E	3	CU	C	15	M	32,57
1497	1	E	3	CU	C	16	M	32,27
1498	1	E	3	CU	C	17	M	27,74
1499	1	E	3	CU	C	18	M	31,33
1500	1	E	3	CU	C	19	M	33,82
1501	1	M	3	CU	C	20	M	33,34
1502	1	M	3	CU	C	21	M	33,95
1503	1	M	3	CU	C	22	M	34,53
1504	1	M	3	CU	C	23	M	36,39
1505	1	M	3	CU	C	24	M	38,20
1506	1	M	3	CU	C	25	M	36,92
1507	1	M	3	CU	C	26	M	37,05
1508	1	M	3	CU	C	27	S	41,34
1509	1	M	3	CU	C	28	S	32,31
1510	1	M	3	CU	C	29	S	32,54
1511	1	M	3	CU	C	30	S	40,30

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1512	1	E	3	CU	C	01	S	43,44
1513	1	M	3	CU	C	02	S	48,32
1514	1	M	3	CU	C	03	S	48,58
1515	1	M	3	CU	C	04	S	39,81
1516	1	E	3	CU	C	05	S	39,09
1517	1	E	3	CU	C	06	S	43,74
1518	1	E	3	CU	C	07	S	41,64
1519	1	M	3	CU	C	08	S	46,69
1520	1	M	3	CU	C	09	S	36,16
1521	1	E	3	CU	C	10	S	40,02
1522	1	E	3	CU	C	11	S	42,84
1523	1	E	3	CU	C	12	S	40,41
1524	1	M	3	CU	C	13	S	38,34
1525	1	M	3	CU	C	14	S	45,40
1526	1	M	3	CU	C	15	S	45,99
1527	1	M	3	CU	C	16	S	48,47
1528	1	E	3	CU	C	17	S	35,70
1529	1	M	3	CU	C	18	S	43,63
1530	1	M	3	CU	C	19	S	36,31
1531	1	M	3	CU	C	20	S	36,79
1532	1	M	3	CU	C	21	S	39,17
1533	1	E	3	CU	C	22	S	38,66
1534	1	E	3	CU	C	23	S	34,24
1535	1	M	3	CU	C	24	S	39,07
1536	1	M	3	CU	C	25	S	45,27
1537	1	M	3	CU	C	26	S	44,00
1538	1	E	3	CU	C	27	S	38,08
1539	1	M	3	CU	C	28	S	45,43
1540	1	E	3	CU	C	29	S	45,24
1541	1	E	3	CU	C	30	S	43,74
1542	1	M	3	CU	C	31	S	40,99
1543	1	M	3	CU	T	01	I	64,94
1544	1	M	3	CU	T	02	I	42,48
1545	1	M	3	CU	T	03	I	44,01
1546	1	E	3	CU	T	04	I	51,72
1547	1	M	3	CU	T	05	I	36,01
1548	1	M	3	CU	T	06	I	36,25
1549	1	E	3	CU	T	07	I	56,24
1550	1	M	3	CU	T	08	I	85,13
1551	1	E	3	CU	T	09	I	58,49
1552	1	E	3	CU	T	10	I	57,08
1553	1	M	3	CU	T	11	I	49,70
1554	1	M	3	CU	T	12	I	57,90
1555	1	M	3	CU	T	13	I	69,85
1556	1	E	3	CU	T	14	I	54,65
1557	1	M	3	CU	T	01	M	36,90
1558	1	E	3	CU	T	02	M	63,28
1559	1	M	3	CU	T	03	M	42,37

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1560	1	M	3	CU	T	04	M	53,19
1561	1	E	3	CU	T	06	M	60,93
1562	1	E	3	CU	T	07	M	54,19
1563	1	M	3	CU	T	08	M	23,12
1564	1	M	3	CU	T	10	M	52,48
1565	1	M	3	CU	T	11	M	42,06
1566	1	E	3	CU	T	12	M	56,40
1567	1	M	3	CU	T	13	M	51,71
1568	1	E	3	CU	T	14	M	66,73
1569	1	E	3	CU	T	01	S	53,87
1570	1	M	3	CU	T	02	S	57,77
1571	1	E	3	CU	T	03	S	62,01
1572	1	E	3	CU	T	05	S	99,35
1573	1	M	3	CU	T	06	S	56,95
1574	1	M	3	CU	T	07	S	45,52
1575	1	E	3	CU	T	10	S	53,79
1576	1	E	3	CU	T	11	S	50,72
1577	1	M	3	CU	T	12	S	47,67
1578	1	E	3	CU	T	13	S	40,26
1579	1	E	3	CU	T	15	S	31,19
1580	1	M	3	CU	T	16	S	28,13
1581	1	E	3	CU	T	17	S	49,63
1582	1	E	3	CU	T	18	S	57,67
1583	1	E	3	CU	T	19	S	49,56
1584	1	M	3	CU	T	21	S	55,21
1585	1	M	3	CU	T	22	S	35,21
1586	1	M	3	CU	T	23	S	65,37
1587	1	E	3	CU	T	25	S	46,62
1588	1	M	3	CU	T	26	S	31,67
1589	1	E	3	CU	T	27	S	44,29
1590	1	E	3	CU	T	28	S	45,81
1591	1	E	3	CU	T	29	S	34,85
1592	1	M	3	CU	T	30	S	64,55
1593	1	M	3	CU	V	01	I	3,93
1594	1	M	3	CU	V	03	I	4,60
1595	1	M	3	CU	V	04	I	7,07
1596	1	M	3	CU	V	05	I	4,34
1597	1	M	3	CU	V	06	I	5,71
1598	1	M	3	CU	V	08	I	8,51
1599	1	M	3	CU	VN	01	I	7,29
1600	1	M	3	CU	VN	02	I	5,81
1601	1	M	3	CU	VN	03	I	4,78
1602	1	M	3	CU	VN	04	I	8,05
1603	1	M	3	CU	VN	05	I	6,30
1604	1	M	3	CU	VN	06	I	5,95
1605	1	M	3	CU	VN	07	I	6,08
1606	1	M	3	CU	VN	08	I	6,04
1607	1	M	3	CU	V	01	M	9,64

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1608	1	M	3	CU	V	02	M	7,25
1609	1	M	3	CU	V	03	M	6,16
1610	1	M	3	CU	V	04	M	8,27
1611	1	M	3	CU	V	05	M	7,98
1612	1	M	3	CU	V	06	M	7,34
1613	1	M	3	CU	V	07	M	5,96
1614	1	M	3	CU	V	08	M	5,79
1615	1	M	3	CU	V	09	M	6,03
1616	1	M	3	CU	V	10	M	6,71
1617	1	M	3	CU	V	11	M	8,05
1618	1	M	3	CU	V	12	M	6,91
1619	1	M	3	CU	V	13	M	6,63
1620	1	M	3	CU	V	14	M	6,50
1621	1	M	3	CU	V	15	M	8,67
1622	1	M	3	CU	Vn	01	M	7,21
1623	1	M	3	CU	Vn	02	M	10,49
1624	1	M	3	CU	Vn	03	M	6,67
1625	1	M	3	CU	Vn	04	M	9,43
1626	1	M	3	CU	Vn	05	M	7,06
1627	1	M	3	CU	Vn	06	M	8,78
1628	1	M	3	CU	Vn	07	M	6,53
1629	1	M	3	CU	Vn	08	M	8,32
1630	1	M	3	CU	Vn	09	M	6,22
1631	1	M	3	CU	Vn	10	M	6,50
1632	1	M	3	CU	Vn	11	M	7,11
1633	1	M	3	CU	Vn	12	M	7,55
1634	1	M	3	CU	Vn	13	M	7,14
1635	1	M	3	CU	Vn	14	M	6,35
1636	1	M	3	CU	Vn	15	M	10,24
1637	1	M	3	CU	V	01	S	9,50
1638	1	M	3	CU	V	02	S	8,42
1639	1	M	3	CU	V	03	S	7,49
1640	1	M	3	CU	V	04	S	6,78
1641	1	M	3	CU	V	05	S	7,10
1642	1	M	3	CU	V	06	S	8,99
1643	1	M	3	CU	V	07	S	8,61
1644	1	M	3	CU	V	08	S	8,73
1645	1	M	3	CU	V	09	S	7,35
1646	1	M	3	CU	V	10	S	7,81
1647	1	M	3	CU	V	11	S	7,55
1648	1	M	3	CU	V	12	S	7,78
1649	1	M	3	CU	V	13	S	9,24
1650	1	M	3	CU	V	14	S	7,58
1651	1	M	3	CU	V	15	S	8,30
1652	1	M	3	CU	V	16	S	7,57
1653	1	M	3	CU	Vn	01	S	8,79
1654	1	M	3	CU	Vn	02	S	8,90
1655	1	M	3	CU	Vn	03	S	8,50

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1656	1	M	3	CU	Vn	04	S	9,23
1657	1	M	3	CU	Vn	05	S	8,25
1658	1	M	3	CU	Vn	06	S	9,77
1659	1	M	3	CU	Vn	07	S	8,78
1660	1	M	3	CU	Vn	08	S	8,37
1661	1	M	3	CU	Vn	09	S	9,70
1662	1	M	3	CU	Vn	10	S	9,38
1663	1	M	3	CU	Vn	11	S	8,01
1664	1	M	3	CU	Vn	12	S	8,82
1665	1	M	3	CU	Vn	13	S	8,25
1666	1	M	3	CU	Vn	14	S	8,32
1667	1	M	3	CU	Vn	15	S	8,22
1668	1	M	3	CU	Vn	16	S	7,56
1669	1	M	3	CU	CP	01	I	6,33
1670	1	M	3	CU	CP	02	I	6,35
1671	1	M	3	CU	CP	03	I	6,02
1672	1	M	3	CU	CP	04	I	7,47
1673	1	M	3	CU	CP	05	I	6,90
1674	1	M	3	CU	CP	06	I	5,88
1675	1	M	3	CU	CP	07	I	5,84
1676	1	M	3	CU	CP	08	I	3,92
1677	1	M	3	CU	CP	09	I	6,70
1678	1	M	3	CU	CP	10	I	6,64
1679	1	M	3	CU	CP	11	I	4,08
1680	1	M	3	CU	CP	12	I	6,09
1681	1	M	3	CU	CP	13	I	6,43
1682	1	M	3	CU	CP	14	I	5,82
1683	1	M	3	CU	CP	15	I	9,22
1684	1	M	3	CU	CP	16	I	6,58
1685	1	M	3	CU	CP	01	M	7,29
1686	1	M	3	CU	CP	02	M	7,47
1687	1	M	3	CU	CP	03	M	6,38
1688	1	M	3	CU	CP	04	M	10,20
1689	1	M	3	CU	CP	05	M	5,89
1690	1	M	3	CU	CP	06	M	10,55
1691	1	M	3	CU	CP	07	M	6,24
1692	1	M	3	CU	CP	08	M	6,24
1693	1	M	3	CU	CP	09	M	6,57
1694	1	M	3	CU	CP	10	M	7,56
1695	1	M	3	CU	CP	11	M	7,47
1696	1	M	3	CU	CP	12	M	5,85
1697	1	M	3	CU	CP	13	M	7,31
1698	1	M	3	CU	CP	14	M	5,99
1699	1	M	3	CU	CP	15	M	4,38
1700	1	M	3	CU	CP	16	M	6,85
1701	1	M	3	CU	CP	17	M	7,72
1702	1	M	3	CU	CP	18	M	8,19
1703	1	M	3	CU	CP	19	M	9,93

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1704	1	M	3	CU	CP	20	M	7,02
1705	1	M	3	CU	CP	21	M	5,35
1706	1	M	3	CU	CP	22	M	6,72
1707	1	M	3	CU	CP	23	M	7,73
1708	1	M	3	CU	CP	24	M	10,08
1709	1	M	3	CU	CP	25	M	6,30
1710	1	M	3	CU	CP	26	M	8,49
1711	1	M	3	CU	CP	27	M	6,78
1712	1	M	3	CU	CP	28	M	9,21
1713	1	M	3	CU	CP	29	M	6,68
1714	1	M	3	CU	CP	30	M	9,08
1715	1	M	3	CU	CP	01	S	10,96
1716	1	M	3	CU	CP	02	S	10,35
1717	1	M	3	CU	CP	03	S	10,91
1718	1	M	3	CU	CP	04	S	9,01
1719	1	M	3	CU	CP	05	S	8,88
1720	1	M	3	CU	CP	06	S	7,71
1721	1	M	3	CU	CP	07	S	8,52
1722	1	M	3	CU	CP	08	S	11,75
1723	1	M	3	CU	CP	09	S	10,93
1724	1	M	3	CU	CP	10	S	11,76
1725	1	M	3	CU	CP	11	S	7,58
1726	1	M	3	CU	CP	12	S	10,12
1727	1	M	3	CU	CP	13	S	10,26
1728	1	M	3	CU	CP	14	S	11,69
1729	1	M	3	CU	CP	15	S	12,13
1730	1	M	3	CU	CP	16	S	7,99
1731	1	M	3	CU	CP	17	S	8,01
1732	1	M	3	CU	CP	18	S	7,85
1733	1	M	3	CU	CP	19	S	7,65
1734	1	M	3	CU	CP	20	S	9,58
1735	1	M	3	CU	CP	21	S	6,66
1736	1	M	3	CU	CP	22	S	13,43
1737	1	M	3	CU	CP	23	S	8,44
1738	1	M	3	CU	CP	24	S	8,65
1739	1	M	3	CU	F	01	M	91,72
1740	1	M	3	CU	F	02	M	77,09
1741	1	M	3	CU	F	03	M	68,00
1742	1	M	3	CU	F	04	M	66,76
1743	1	M	3	CU	F	05	M	67,70
1744	1	M	3	CU	F	06	M	70,77
1745	1	M	3	CU	F	07	M	77,17
1746	1	M	3	CU	F	08	M	80,24
1747	1	M	3	CU	F	09	M	72,95
1748	1	M	3	CU	F	10	M	55,62
1749	1	M	3	CU	F	11	M	81,53
1750	1	M	3	CU	F	12	M	64,35
1751	2		1	CU	C	01	I	25,97

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1752	2		1	CU	C	02	I	25,81
1753	2		1	CU	C	03	I	22,96
1754	2		1	CU	C	04	I	25,88
1755	2		1	CU	C	05	I	27,88
1756	2		1	CU	C	06	I	23,45
1757	2		1	CU	C	07	I	23,22
1758	2		1	CU	C	08	I	33,19
1759	2		1	CU	C	09	I	24,19
1760	2		1	CU	C	10	I	27,57
1761	2		1	CU	C	11	I	22,11
1762	2		1	CU	C	12	I	32,74
1763	2		1	CU	C	13	I	33,92
1764	2		1	CU	C	14	I	34,52
1765	2		1	CU	C	15	I	38,28
1766	2		1	CU	C	01	M	23,04
1767	2		1	CU	C	02	M	24,54
1768	2		1	CU	C	03	M	26,79
1769	2		1	CU	C	04	M	26,56
1770	2		1	CU	C	05	M	26,44
1771	2		1	CU	C	06	M	32,11
1772	2		1	CU	C	07	M	26,86
1773	2		1	CU	C	08	M	27,24
1774	2		1	CU	C	09	M	25,16
1775	2		1	CU	C	10	M	22,26
1776	2		1	CU	C	11	M	21,76
1777	2		1	CU	C	12	M	26,42
1778	2		1	CU	C	13	M	32,85
1779	2		1	CU	C	14	M	26,7
1780	2		1	CU	C	15	M	14,2
1781	2		1	CU	C	16	M	24,51
1782	2		1	CU	C	17	M	23,81
1783	2		1	CU	C	18	M	25,91
1784	2		1	CU	C	19	M	26,15
1785	2		1	CU	C	20	M	27,99
1786	2		1	CU	C	21	M	24,91
1787	2		1	CU	C	22	M	27,01
1788	2		1	CU	C	23	M	26,84
1789	2		1	CU	C	24	M	24,54
1790	2		1	CU	C	25	M	27,59
1791	2		1	CU	C	26	M	25,64
1792	2		1	CU	C	27	M	29,24
1793	2		1	CU	C	28	M	33,84
1794	2		1	CU	C	29	M	19,59
1795	2		1	CU	C	30	M	26,42
1796	2		1	CU	C	01	S	35,94
1797	2		1	CU	C	02	S	53,12
1798	2		1	CU	C	03	S	42,9
1799	2		1	CU	C	04	S	22,86

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1800	2		1	CU	C	05	S	20,73
1801	2		1	CU	C	06	S	42,92
1802	2		1	CU	C	07	S	29,98
1803	2		1	CU	C	08	S	43,88
1804	2		1	CU	C	09	S	33,8
1805	2		1	CU	C	10	S	41,22
1806	2		1	CU	C	11	S	39,75
1807	2		1	CU	C	12	S	32,32
1808	2		1	CU	C	13	S	39,54
1809	2		1	CU	C	14	S	32,52
1810	2		1	CU	C	15	S	44,58
1811	2		1	CU	C	16	S	32,89
1812	2		1	CU	C	17	S	37,95
1813	2		1	CU	C	18	S	36,96
1814	2		1	CU	C	19	S	42,77
1815	2		1	CU	C	20	S	34,51
1816	2		1	CU	C	21	S	44
1817	2		1	CU	C	22	S	46,8
1818	2		1	CU	C	23	S	46,25
1819	2		1	CU	C	24	S	44,54
1820	2		1	CU	C	25	S	35,44
1821	2		1	CU	C	26	S	47,03
1822	2		1	CU	C	27	S	47,22
1823	2		1	CU	C	28	S	37,94
1824	2		1	CU	C	29	S	48,65
1825	2		1	CU	C	30	S	54,53
1826	2		1	CU	T	01	I	60,78
1827	2		1	CU	T	02	I	45,26
1828	2		1	CU	T	03	I	52,89
1829	2		1	CU	T	04	I	73,31
1830	2		1	CU	T	05	I	47,53
1831	2		1	CU	T	06	I	51,52
1832	2		1	CU	T	07	I	50,96
1833	2		1	CU	T	08	I	51,12
1834	2		1	CU	T	09	I	37,69
1835	2		1	CU	T	10	I	66,25
1836	2		1	CU	T	11	I	48,96
1837	2		1	CU	T	12	I	53,77
1838	2		1	CU	T	13	I	52,75
1839	2		1	CU	T	14	I	58,9
1840	2		1	CU	T	15	I	45,79
1841	2		1	CU	T	16	I	57,57
1842	2		1	CU	T	01	M	61,59
1843	2		1	CU	T	06	M	43,89
1844	2		1	CU	T	07	M	55,97
1845	2		1	CU	T	08	M	53,15
1846	2		1	CU	T	11	M	45,72
1847	2		1	CU	T	12	M	49,53

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1848	2		1	CU	T	14	M	27,36
1849	2		1	CU	T	17	M	41,14
1850	2		1	CU	T	18	M	68,25
1851	2		1	CU	T	19	M	52,65
1852	2		1	CU	T	20	M	50,39
1853	2		1	CU	T	21	M	59,77
1854	2		1	CU	T	23	M	67,74
1855	2		1	CU	T	24	M	63,04
1856	2		1	CU	T	25	M	78,31
1857	2		1	CU	T	26	M	83,79
1858	2		1	CU	T	02	S	55,6
1859	2		1	CU	T	05	S	66,81
1860	2		1	CU	T	06	S	50,68
1861	2		1	CU	T	07	S	66,37
1862	2		1	CU	T	08	S	41,87
1863	2		1	CU	T	09	S	44,06
1864	2		1	CU	T	10	S	51,02
1865	2		1	CU	T	11	S	43,22
1866	2		1	CU	T	13	S	47,15
1867	2		1	CU	T	15	S	61,33
1868	2		1	CU	T	16	S	63,77
1869	2		1	CU	T	17	S	57,75
1870	2		1	CU	T	18	S	66,67
1871	2		1	CU	T	19	S	64,13
1872	2		1	CU	T	20	S	48,09
1873	2		1	CU	T	21	S	57,33
1874	2		1	CU	T	22	S	61,23
1875	2		1	CU	T	23	S	59,34
1876	2		1	CU	T	24	S	63,03
1877	2		1	CU	T	25	S	61,46
1878	2		1	CU	T	26	S	61,42
1879	2		1	CU	T	27	S	54,37
1880	2		1	CU	T	28	S	72,12
1881	2		1	CU	T	29	S	53,88
1882	2		1	CU	T	30	S	64,66
1883	2		1	CU	V	01	I	4,4
1884	2		1	CU	V	02	I	3,02
1885	2		1	CU	V	03	I	4,91
1886	2		1	CU	V	04	I	6,7
1887	2		1	CU	V	05	I	3,99
1888	2		1	CU	V	06	I	5,12
1889	2		1	CU	V	07	I	4,49
1890	2		1	CU	V	08	I	4,76
1891	2		1	CU	Vn	01	I	6,38
1892	2		1	CU	Vn	02	I	6,04
1893	2		1	CU	Vn	03	I	5,35
1894	2		1	CU	Vn	04	I	5,46
1895	2		1	CU	Vn	05	I	7,09

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1896	2		1	CU	Vn	06	I	5,81
1897	2		1	CU	Vn	07	I	3,97
1898	2		1	CU	Vn	08	I	4,59
1899	2		1	CU	V	01	M	5,64
1900	2		1	CU	V	02	M	5,15
1901	2		1	CU	V	03	M	4,65
1902	2		1	CU	V	04	M	4,41
1903	2		1	CU	V	05	M	6,58
1904	2		1	CU	V	06	M	4,81
1905	2		1	CU	V	07	M	4,84
1906	2		1	CU	V	08	M	4,75
1907	2		1	CU	V	09	M	4,34
1908	2		1	CU	V	10	M	4,52
1909	2		1	CU	V	11	M	5,16
1910	2		1	CU	V	12	M	5,79
1911	2		1	CU	V	13	M	6,22
1912	2		1	CU	V	14	M	5,63
1913	2		1	CU	V	15	M	5,04
1914	2		1	CU	V	16	M	4,81
1915	2		1	CU	Vn	01	M	5,35
1916	2		1	CU	Vn	02	M	5,5
1917	2		1	CU	Vn	03	M	5,61
1918	2		1	CU	Vn	04	M	5,46
1919	2		1	CU	Vn	05	M	5,38
1920	2		1	CU	Vn	06	M	4,8
1921	2		1	CU	Vn	07	M	6
1922	2		1	CU	Vn	08	M	4,97
1923	2		1	CU	Vn	09	M	4,85
1924	2		1	CU	Vn	10	M	5,09
1925	2		1	CU	Vn	11	M	7
1926	2		1	CU	Vn	12	M	6,37
1927	2		1	CU	Vn	13	M	6,18
1928	2		1	CU	Vn	14	M	5,58
1929	2		1	CU	Vn	15	M	5,63
1930	2		1	CU	Vn	16	M	6
1931	2		1	CU	V	01	S	8,36
1932	2		1	CU	V	02	S	3,25
1933	2		1	CU	V	03	S	3,86
1934	2		1	CU	V	04	S	8,17
1935	2		1	CU	V	05	S	5,66
1936	2		1	CU	V	06	S	7,53
1937	2		1	CU	V	07	S	6,67
1938	2		1	CU	V	08	S	6,48
1939	2		1	CU	V	09	S	4,35
1940	2		1	CU	V	10	S	5,2
1941	2		1	CU	V	11	S	4,29
1942	2		1	CU	V	12	S	6,66
1943	2		1	CU	V	13	S	5,62

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
1944	2		1	CU	V	14	S	5,9
1945	2		1	CU	V	15	S	5,08
1946	2		1	CU	Vn	01	S	9,03
1947	2		1	CU	Vn	02	S	11,2
1948	2		1	CU	Vn	03	S	8,42
1949	2		1	CU	Vn	04	S	5,03
1950	2		1	CU	Vn	05	S	6,34
1951	2		1	CU	Vn	06	S	6,79
1952	2		1	CU	Vn	07	S	7,03
1953	2		1	CU	Vn	08	S	8,01
1954	2		1	CU	Vn	09	S	8,02
1955	2		1	CU	Vn	10	S	5,29
1956	2		1	CU	Vn	11	S	5,44
1957	2		1	CU	Vn	12	S	5,65
1958	2		1	CU	Vn	13	S	7,23
1959	2		1	CU	Vn	14	S	5,46
1960	2		1	CU	Vn	15	S	6,17
1961	2		1	CU	Vn	16	S	8,09
1962	2		1	CU	Vn	17	S	4,95
1963	2		1	CU	CP	01	I	5,73
1964	2		1	CU	CP	02	I	6,01
1965	2		1	CU	CP	03	I	5,26
1966	2		1	CU	CP	04	I	6,43
1967	2		1	CU	CP	05	I	7,08
1968	2		1	CU	CP	06	I	2,23
1969	2		1	CU	CP	07	I	6,19
1970	2		1	CU	CP	08	I	2,08
1971	2		1	CU	CP	09	I	5,84
1972	2		1	CU	CP	10	I	4,04
1973	2		1	CU	CP	11	I	4,90
1974	2		1	CU	CP	01	M	6,64
1975	2		1	CU	CP	02	M	4,21
1976	2		1	CU	CP	03	M	1,43
1977	2		1	CU	CP	04	M	4,13
1978	2		1	CU	CP	05	M	6,73
1979	2		1	CU	CP	06	M	7,07
1980	2		1	CU	CP	07	M	6,24
1981	2		1	CU	CP	08	M	7,26
1982	2		1	CU	CP	09	M	4,12
1983	2		1	CU	CP	10	M	4,50
1984	2		1	CU	CP	11	M	1,73
1985	2		1	CU	CP	12	M	3,12
1986	2		1	CU	CP	13	M	5,85
1987	2		1	CU	CP	14	M	1,45
1988	2		1	CU	CP	15	M	7,54
1989	2		1	CU	CP	16	M	7,01
1990	2		1	CU	CP	17	M	2,40
1991	2		1	CU	CP	18	M	7,41

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
1992	2		1	CU	CP	19	M	4,79
1993	2		1	CU	CP	01	S	5,00
1994	2		1	CU	CP	02	S	4,99
1995	2		1	CU	CP	03	S	3,41
1996	2		1	CU	CP	04	S	8,70
1997	2		1	CU	CP	05	S	3,89
1998	2		1	CU	CP	06	S	5,24
1999	2		1	CU	CP	07	S	4,49
2000	2		1	CU	CP	08	S	5,24
2001	2		1	CU	CP	09	S	12,96
2002	2		1	CU	CP	11	S	6,17
2003	2		1	CU	CP	12	S	7,12
2004	2		1	CU	CP	13	S	7,38
2005	2		1	CU	CP	14	S	7,35
2006	2		1	CU	CP	15	S	3,20
2007	2		1	CU	CP	16	S	4,69
2008	2		1	CU	CP	17	S	4,70
2009	2		1	CU	CP	18	S	10,42
2010	2		1	CU	CP	19	S	8,90
2011	2		1	CU	CP	20	S	6,85
2012	3		1	CU	F	01	M	33,0
2013	3		1	CU	F	02	M	41,0
2014	3		1	CU	F	03	M	48,0
2015	3		1	CU	F	04	M	73,0
2016	3		1	CU	F	05	M	65,0
2017	3		1	CU	F	06	M	52,0
2018	3		1	CU	F	07	M	75,0
2019	3		1	CU	F	01	S	52,0
2020	3		1	CU	F	02	S	68,0
2021	3		1	CU	F	03	S	116,0
2022	3		1	CU	F	04	S	49,0
2023	3		1	CU	F	05	S	108,0
2024	1		4	S	C	01	I	11,15
2025	1		4	S	C	02	I	15,90
2026	1		4	S	C	03	I	12,73
2027	1		4	S	C	04	I	26,79
2028	1		4	S	C	05	I	27,60
2029	1		4	S	C	06	I	18,09
2030	1		4	S	C	07	I	19,38
2031	1		4	S	C	09	I	31,09
2032	1		4	S	C	10	I	10,88
2033	1		4	S	C	11	I	21,37
2034	1		4	S	C	12	I	22,29
2035	1		4	S	C	13	I	23,93
2036	1		4	S	C	14	I	20,60
2037	1		4	S	C	15	I	20,71
2038	1		4	S	C	16	I	17,99
2039	1		4	S	C	01	M	16,33

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2040	1		4	S	C	02	M	30,91
2041	1		4	S	C	03	M	30,61
2042	1		4	S	C	04	M	28,85
2043	1		4	S	C	05	M	27,29
2044	1		4	S	C	06	M	28,58
2045	1		4	S	C	07	M	7,41
2046	1		4	S	C	08	M	22,46
2047	1		4	S	C	09	M	23,22
2048	1		4	S	C	10	M	6,77
2049	1		4	S	C	11	M	25,03
2050	1		4	S	C	12	M	25,24
2051	1		4	S	C	13	M	20,90
2052	1		4	S	C	14	M	24,60
2053	1		4	S	C	15	M	16,21
2054	1		4	S	C	16	M	25,50
2055	1		4	S	C	17	M	29,69
2056	1		4	S	C	18	M	31,88
2057	1		4	S	C	19	M	24,61
2058	1		4	S	C	20	M	23,82
2059	1		4	S	C	21	M	19,83
2060	1		4	S	C	22	M	24,84
2061	1		4	S	C	23	M	18,58
2062	1		4	S	C	24	M	19,88
2063	1		4	S	C	25	M	22,55
2064	1		4	S	C	26	M	17,87
2065	1		4	S	C	27	M	16,68
2066	1		4	S	C	28	M	18,22
2067	1		4	S	C	29	M	29,12
2068	1		4	S	C	30	M	21,93
2069	1		4	S	C	02	S	27,19
2070	1		4	S	C	03	S	38,85
2071	1		4	S	C	04	S	29,41
2072	1		4	S	C	06	S	27,96
2073	1		4	S	C	07	S	29,44
2074	1		4	S	C	08	S	23,92
2075	1		4	S	C	09	S	31,54
2076	1		4	S	C	10	S	28,81
2077	1		4	S	C	11	S	30,08
2078	1		4	S	C	12	S	29,00
2079	1		4	S	C	13	S	24,91
2080	1		4	S	C	14	S	29,52
2081	1		4	S	C	15	S	24,67
2082	1		4	S	C	16	S	26,79
2083	1		4	S	C	17	S	37,36
2084	1		4	S	C	18	S	41,47
2085	1		4	S	C	19	S	23,12
2086	1		4	S	C	20	S	32,27
2087	1		4	S	C	21	S	27,82

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2088	1		4	S	C	22	S	12,65
2089	1		4	S	C	23	S	15,94
2090	1		4	S	C	24	S	23,23
2091	1		4	S	C	25	S	12,42
2092	1		4	S	C	26	S	27,43
2093	1		4	S	C	27	S	26,63
2094	1		4	S	C	28	S	31,56
2095	1		4	S	C	29	S	12,90
2096	1		4	S	C	30	S	21,91
2097	1		4	S	C	31	S	32,58
2098	1		4	S	T	01	I	25,46
2099	1		4	S	T	02	I	19,49
2100	1		4	S	T	03	I	77,04
2101	1		4	S	T	04	I	51,67
2102	1		4	S	T	05	I	77,00
2103	1		4	S	T	06	I	65,64
2104	1		4	S	T	07	I	36,39
2105	1		4	S	T	08	I	64,38
2106	1		4	S	T	10	I	57,07
2107	1		4	S	T	11	I	27,66
2108	1		4	S	T	12	I	65,71
2109	1		4	S	T	13	I	42,99
2110	1		4	S	T	14	I	46,34
2111	1		4	S	T	15	I	25,29
2112	1		4	S	T	01	M	43,87
2113	1		4	S	T	02	M	85,26
2114	1		4	S	T	03	M	79,07
2115	1		4	S	T	04	M	45,38
2116	1		4	S	T	05	M	51,39
2117	1		4	S	T	06	M	30,53
2118	1		4	S	T	07	M	73,68
2119	1		4	S	T	08	M	39,41
2120	1		4	S	T	09	M	63,61
2121	1		4	S	T	10	M	46,33
2122	1		4	S	T	11	M	68,55
2123	1		4	S	T	12	M	57,66
2124	1		4	S	T	13	M	84,12
2125	1		4	S	T	14	M	73,34
2126	1		4	S	T	15	M	75,82
2127	1		4	S	T	16	M	28,89
2128	1		4	S	T	17	M	56,45
2129	1		4	S	T	18	M	62,14
2130	1		4	S	T	19	M	32,56
2131	1		4	S	T	20	M	69,02
2132	1		4	S	T	21	M	31,58
2133	1		4	S	T	22	M	41,72
2134	1		4	S	T	23	M	86,31
2135	1		4	S	T	24	M	82,30

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2136	1		4	S	T	25	M	65,49
2137	1		4	S	T	26	M	83,66
2138	1		4	S	T	27	M	46,53
2139	1		4	S	T	28	M	44,11
2140	1		4	S	T	29	M	67,73
2141	1		4	S	T	30	M	53,27
2142	1		4	S	T	01	S	67,31
2143	1		4	S	T	02	S	59,92
2144	1		4	S	T	03	S	52,01
2145	1		4	S	T	04	S	72,82
2146	1		4	S	T	05	S	79,65
2147	1		4	S	T	06	S	78,09
2148	1		4	S	T	07	S	72,37
2149	1		4	S	T	08	S	44,29
2150	1		4	S	T	09	S	86,57
2151	1		4	S	T	11	S	32,23
2152	1		4	S	T	12	S	70,96
2153	1		4	S	T	13	S	37,22
2154	1		4	S	T	14	S	30,29
2155	1		4	S	T	15	S	71,24
2156	1		4	S	T	16	S	59,16
2157	1		4	S	T	17	S	39,64
2158	1		4	S	T	18	S	81,62
2159	1		4	S	T	19	S	42,51
2160	1		4	S	T	20	S	52,71
2161	1		4	S	T	21	S	64,62
2162	1		4	S	T	22	S	39,14
2163	1		4	S	T	23	S	62,32
2164	1		4	S	T	24	S	102,81
2165	1		4	S	T	25	S	41,10
2166	1		4	S	T	26	S	11,55
2167	1		4	S	T	27	S	41,99
2168	1		4	S	T	28	S	42,88
2169	1		4	S	T	29	S	62,21
2170	1		4	S	T	30	S	84,38
2171	1	M	4	S	V	01	I	3,58
2172	1	M	4	S	V	02	I	3,87
2173	1	M	4	S	V	03	I	3,89
2174	1	M	4	S	V	04	I	2,06
2175	1	M	4	S	V	05	I	2,74
2176	1	M	4	S	V	06	I	3,16
2177	1	M	4	S	V	07	I	2,59
2178	1	M	4	S	V	08	I	4,68
2179	1	M	4	S	Vn	01	I	3,64
2180	1	M	4	S	Vn	02	I	3,00
2181	1	M	4	S	Vn	03	I	3,30
2182	1	M	4	S	Vn	04	I	2,45
2183	1	M	4	S	Vn	05	I	3,44

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2184	1	M	4	S	Vn	06	I	2,20
2185	1	M	4	S	Vn	07	I	2,81
2186	1	M	4	S	Vn	08	I	2,03
2187	1	M	4	S	V	01	M	2,94
2188	1	M	4	S	V	02	M	3,78
2189	1	M	4	S	V	03	M	2,47
2190	1	M	4	S	V	04	M	3,36
2191	1	M	4	S	V	05	M	4,51
2192	1	M	4	S	V	06	M	5,22
2193	1	M	4	S	V	07	M	2,54
2194	1	M	4	S	V	08	M	4,46
2195	1	M	4	S	V	09	M	3,72
2196	1	M	4	S	V	10	M	6,62
2197	1	M	4	S	V	11	M	5,12
2198	1	M	4	S	V	12	M	4,17
2199	1	M	4	S	V	13	M	2,65
2200	1	M	4	S	V	14	M	3,81
2201	1	M	4	S	V	15	M	4,61
2202	1	M	4	S	Vn	01	M	4,23
2203	1	M	4	S	Vn	02	M	3,85
2204	1	M	4	S	Vn	03	M	6,16
2205	1	M	4	S	Vn	04	M	5,84
2206	1	M	4	S	Vn	05	M	3,59
2207	1	M	4	S	Vn	06	M	3,23
2208	1	M	4	S	Vn	07	M	3,93
2209	1	M	4	S	Vn	08	M	4,56
2210	1	M	4	S	Vn	09	M	2,72
2211	1	M	4	S	Vn	10	M	3,14
2212	1	M	4	S	Vn	11	M	4,39
2213	1	M	4	S	Vn	12	M	4,18
2214	1	M	4	S	Vn	13	M	3,90
2215	1	M	4	S	Vn	14	M	4,13
2216	1	M	4	S	Vn	15	M	4,08
2217	1	M	4	S	V	01	S	6,37
2218	1	M	4	S	V	02	S	3,50
2219	1	M	4	S	V	03	S	3,51
2220	1	M	4	S	V	04	S	3,76
2221	1	M	4	S	V	05	S	4,15
2222	1	M	4	S	V	06	S	4,00
2223	1	M	4	S	V	07	S	2,79
2224	1	M	4	S	V	08	S	4,25
2225	1	M	4	S	V	09	S	4,92
2226	1	M	4	S	V	10	S	5,40
2227	1	M	4	S	V	11	S	5,66
2228	1	M	4	S	V	12	S	5,07
2229	1	M	4	S	V	13	S	3,80
2230	1	M	4	S	V	14	S	5,01
2231	1	M	4	S	V	15	S	4,47

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2232	1	M	4	S	Vn	01	S	4,82
2233	1	M	4	S	Vn	02	S	3,68
2234	1	M	4	S	Vn	03	S	6,38
2235	1	M	4	S	Vn	04	S	6,03
2236	1	M	4	S	Vn	05	S	4,30
2237	1	M	4	S	Vn	06	S	4,00
2238	1	M	4	S	Vn	07	S	3,93
2239	1	M	4	S	Vn	08	S	5,92
2240	1	M	4	S	Vn	09	S	4,42
2241	1	M	4	S	Vn	10	S	3,39
2242	1	M	4	S	Vn	11	S	5,11
2243	1	M	4	S	Vn	12	S	3,75
2244	1	M	4	S	Vn	13	S	2,98
2245	1	M	4	S	Vn	14	S	4,54
2246	1	M	4	S	Vn	15	S	1,94
2247	1	M	4	S	CP	01	I	1,44
2248	1	M	4	S	CP	02	I	3,94
2249	1	M	4	S	CP	03	I	4,86
2250	1	M	4	S	CP	04	I	4,90
2251	1	M	4	S	CP	05	I	3,76
2252	1	M	4	S	CP	06	I	2,39
2253	1	M	4	S	CP	07	I	3,02
2254	1	M	4	S	CP	08	I	4,48
2255	1	M	4	S	CP	09	I	4,95
2256	1	M	4	S	CP	10	I	3,62
2257	1	M	4	S	CP	11	I	4,61
2258	1	M	4	S	CP	12	I	4,70
2259	1	M	4	S	CP	13	I	5,45
2260	1	M	4	S	CP	14	I	7,63
2261	1	M	4	S	CP	15	I	3,13
2262	1	M	4	S	CP	16	I	4,22
2263	1	M	4	S	CP	01	M	3,23
2264	1	M	4	S	CP	02	M	2,16
2265	1	M	4	S	CP	03	M	2,68
2266	1	M	4	S	CP	04	M	5,61
2267	1	M	4	S	CP	05	M	4,00
2268	1	M	4	S	CP	06	M	2,55
2269	1	M	4	S	CP	07	M	4,37
2270	1	M	4	S	CP	08	M	1,74
2271	1	M	4	S	CP	09	M	4,76
2272	1	M	4	S	CP	10	M	2,55
2273	1	M	4	S	CP	11	M	3,95
2274	1	M	4	S	CP	12	M	1,88
2275	1	M	4	S	CP	13	M	4,41
2276	1	M	4	S	CP	14	M	2,42
2277	1	M	4	S	CP	15	M	3,56
2278	1	M	4	S	CP	16	M	4,61
2279	1	M	4	S	CP	17	M	2,82

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2280	1	M	4	S	CP	18	M	3,33
2281	1	M	4	S	CP	19	M	3,43
2282	1	M	4	S	CP	20	M	3,87
2283	1	M	4	S	CP	21	M	3,68
2284	1	M	4	S	CP	22	M	2,24
2285	1	M	4	S	CP	23	M	1,33
2286	1	M	4	S	CP	24	M	5,40
2287	1	M	4	S	CP	25	M	5,67
2288	1	M	4	S	CP	26	M	3,83
2289	1	M	4	S	CP	27	M	3,66
2290	1	M	4	S	CP	28	M	2,93
2291	1	M	4	S	CP	29	M	3,73
2292	1	M	4	S	CP	01	S	4,40
2293	1	M	4	S	CP	02	S	5,50
2294	1	M	4	S	CP	03	S	10,52
2295	1	M	4	S	CP	04	S	4,54
2296	1	M	4	S	CP	05	S	7,17
2297	1	M	4	S	CP	06	S	9,59
2298	1	M	4	S	CP	07	S	4,64
2299	1	M	4	S	CP	08	S	6,63
2300	1	M	4	S	CP	09	S	7,05
2301	1	M	4	S	CP	10	S	6,77
2302	1	M	4	S	CP	11	S	9,91
2303	1	M	4	S	CP	12	S	11,11
2304	1	M	4	S	CP	13	S	6,74
2305	1	M	4	S	CP	14	S	9,93
2306	1	M	4	S	CP	15	S	11,10
2307	1	M	4	S	CP	16	S	7,86
2308	1	M	4	S	CP	17	S	10,30
2309	1	M	4	S	CP	18	S	8,91
2310	1	M	4	S	CP	19	S	9,82
2311	1	M	4	S	CP	20	S	7,59
2312	1	M	4	S	CP	21	S	9,33
2313	1	M	4	S	CP	22	S	5,54
2314	1	M	4	S	CP	23	S	4,43
2315	1	M	4	S	CP	24	S	6,43
2316	1	M	4	S	CP	25	S	8,66
2317	1	M	4	S	CP	26	S	5,96
2318	1	M	4	S	CP	27	S	5,58
2319	1	M	4	S	CP	28	S	8,00
2320	1	M	4	S	CP	29	S	7,48
2321	1	M	4	S	CP	30	S	5,52
2322	1	M	4	S	CP	31	S	5,33
2323	1	M	4	S	F	01	M	44,89
2324	1	M	4	S	F	02	M	36,07
2325	1	M	4	S	F	03	M	95,41
2326	1	M	4	S	F	04	M	44,02
2327	1	M	4	S	F	05	M	44,08

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2328	1	M	4	S	F	06	M	63,62
2329	1	M	4	S	F	07	M	27,26
2330	1	M	4	S	F	08	M	33,74
2331	1	M	4	S	F	09	M	49,41
2332	1	M	4	S	F	10	M	34,92
2333	1	M	4	S	F	11	M	29,10
2334	1	M	4	S	F	12	M	30,80
2335	1		5	S	C	01	I	24,31
2336	1		5	S	C	02	I	31,85
2337	1		5	S	C	03	I	24,53
2338	1		5	S	C	04	I	35,06
2339	1		5	S	C	05	I	23,75
2340	1		5	S	C	06	I	38,44
2341	1		5	S	C	07	I	33,56
2342	1		5	S	C	08	I	30,24
2343	1		5	S	C	09	I	31,45
2344	1		5	S	C	10	I	27,65
2345	1		5	S	C	11	I	33,95
2346	1		5	S	C	12	I	23,60
2347	1		5	S	C	13	I	31,67
2348	1		5	S	C	14	I	47,01
2349	1		5	S	C	15	I	23,19
2350	1		5	S	C	16	I	47,68
2351	1		5	S	C	01	M	55,7
2352	1		5	S	C	02	M	33,7
2353	1		5	S	C	03	M	37,1
2354	1		5	S	C	04	M	33,5
2355	1		5	S	C	05	M	34,3
2356	1		5	S	C	06	M	42,7
2357	1		5	S	C	07	M	38,1
2358	1		5	S	C	08	M	48,6
2359	1		5	S	C	09	M	33,5
2360	1		5	S	C	10	M	48,9
2361	1		5	S	C	11	M	39,8
2362	1		5	S	C	12	M	51,1
2363	1		5	S	C	13	M	39,9
2364	1		5	S	C	14	M	54,2
2365	1		5	S	C	15	M	29,5
2366	1		5	S	C	16	M	25,7
2367	1		5	S	C	17	M	40,7
2368	1		5	S	C	18	M	26,9
2369	1		5	S	C	19	M	34,6
2370	1		5	S	C	20	M	23,1
2371	1		5	S	C	21	M	31,4
2372	1		5	S	C	22	M	35,7
2373	1		5	S	C	23	M	31,9
2374	1		5	S	C	24	M	29,2
2375	1		5	S	C	25	M	33,4

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2376	1		5	S	C	26	M	26,7
2377	1		5	S	C	27	M	26,7
2378	1		5	S	C	28	M	22,6
2379	1		5	S	C	29	M	36,2
2380	1		5	S	C	30	M	22,7
2381	1		5	S	C	01	S	31,6
2382	1		5	S	C	02	S	31,5
2383	1		5	S	C	03	S	34,4
2384	1		5	S	C	04	S	32,3
2385	1		5	S	C	05	S	28,3
2386	1		5	S	C	06	S	35,4
2387	1		5	S	C	07	S	29,8
2388	1		5	S	C	08	S	29,0
2389	1		5	S	C	09	S	36,9
2390	1		5	S	C	10	S	37,3
2391	1		5	S	C	11	S	28,9
2392	1		5	S	C	12	S	32,5
2393	1		5	S	C	13	S	33,5
2394	1		5	S	C	14	S	32,5
2395	1		5	S	C	15	S	35,4
2396	1		5	S	C	16	S	34,0
2397	1		5	S	C	17	S	30,2
2398	1		5	S	C	18	S	30,9
2399	1		5	S	C	19	S	34,3
2400	1		5	S	C	20	S	32,2
2401	1		5	S	C	21	S	31,9
2402	1		5	S	C	22	S	34,9
2403	1		5	S	C	23	S	31,9
2404	1		5	S	C	24	S	31,9
2405	1		5	S	C	25	S	34,7
2406	1		5	S	C	26	S	31,9
2407	1		5	S	C	27	S	31,8
2408	1		5	S	C	28	S	35,3
2409	1		5	S	C	29	S	28,7
2410	1		5	S	C	30	S	32,3
2411	1		5	S	C	31	S	36,5
2412	1		5	S	T	01	I	29,42
2413	1		5	S	T	02	I	38,91
2414	1		5	S	T	03	I	37,3
2415	1		5	S	T	04	I	25,39
2416	1		5	S	T	05	I	35,08
2417	1		5	S	T	06	I	29,06
2418	1		5	S	T	07	I	33,52
2419	1		5	S	T	08	I	54,39
2420	1		5	S	T	09	I	37,01
2421	1		5	S	T	10	I	51,87
2422	1		5	S	T	11	I	42,14
2423	1		5	S	T	12	I	42,22

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2424	1		5	S	T	13	I	38,23
2425	1		5	S	T	14	I	22,83
2426	1		5	S	T	01	M	42,29
2427	1		5	S	T	02	M	32,24
2428	1		5	S	T	03	M	36,54
2429	1		5	S	T	04	M	35,23
2430	1		5	S	T	05	M	32,64
2431	1		5	S	T	06	M	29,45
2432	1		5	S	T	07	M	31,77
2433	1		5	S	T	08	M	26,49
2434	1		5	S	T	09	M	26,35
2435	1		5	S	T	10	M	25,37
2436	1		5	S	T	11	M	29,92
2437	1		5	S	T	12	M	35,36
2438	1		5	S	T	13	M	34,81
2439	1		5	S	T	14	M	30,37
2440	1		5	S	T	15	M	41,5
2441	1		5	S	T	16	M	36,77
2442	1		5	S	T	17	M	40,85
2443	1		5	S	T	18	M	37,68
2444	1		5	S	T	19	M	31,58
2445	1		5	S	T	20	M	28,74
2446	1		5	S	T	21	M	47,26
2447	1		5	S	T	22	M	34,25
2448	1		5	S	T	23	M	38,99
2449	1		5	S	T	24	M	26,02
2450	1		5	S	T	25	M	56,75
2451	1		5	S	T	26	M	26,06
2452	1		5	S	T	27	M	46,54
2453	1		5	S	T	28	M	46,29
2454	1		5	S	T	29	M	78,76
2455	1		5	S	T	30	M	18,43
2456	1		5	S	T	01	S	59
2457	1		5	S	T	02	S	61,3
2458	1		5	S	T	03	S	51,2
2459	1		5	S	T	04	S	37,43
2460	1		5	S	T	05	S	34,91
2461	1		5	S	T	06	S	59,79
2462	1		5	S	T	07	S	43,53
2463	1		5	S	T	08	S	46,84
2464	1		5	S	T	09	S	47,39
2465	1		5	S	T	10	S	51,96
2466	1		5	S	T	11	S	51,9
2467	1		5	S	T	12	S	59,1
2468	1		5	S	T	13	S	40,76
2469	1		5	S	T	14	S	56,18
2470	1		5	S	T	15	S	25,02
2471	1		5	S	T	16	S	68,39

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2472	1		5	S	T	17	S	56,53
2473	1		5	S	T	18	S	50,61
2474	1		5	S	T	19	S	61,63
2475	1		5	S	T	20	S	51,87
2476	1		5	S	T	21	S	53,14
2477	1		5	S	T	22	S	56,51
2478	1		5	S	T	23	S	55,45
2479	1		5	S	T	25	S	59,08
2480	1		5	S	T	26	S	53,6
2481	1		5	S	T	27	S	64,22
2482	1		5	S	T	28	S	55,46
2483	1		5	S	T	29	S	59
2484	1		5	S	T	30	S	51,92
2485	1		5	S	V	01	I	6,73
2486	1		5	S	V	03	I	6,29
2487	1		5	S	V	04	I	5,9
2488	1		5	S	V	05	I	6,37
2489	1		5	S	V	06	I	7,42
2490	1		5	S	V	08	I	7,03
2491	1		5	S	Vn	01	I	6,16
2492	1		5	S	Vn	02	I	5,66
2493	1		5	S	Vn	03	I	5,91
2494	1		5	S	Vn	04	I	5,12
2495	1		5	S	Vn	05	I	5,77
2496	1		5	S	Vn	06	I	6,29
2497	1		5	S	Vn	07	I	6,75
2498	1		5	S	Vn	08	I	5,74
2499	1		5	S	Vn	09	I	4,62
2500	1		5	S	V	01	M	7,36
2501	1		5	S	V	02	M	5,54
2502	1		5	S	V	03	M	7,85
2503	1		5	S	V	04	M	4
2504	1		5	S	V	05	M	5,93
2505	1		5	S	V	06	M	4,16
2506	1		5	S	V	07	M	9,98
2507	1		5	S	V	08	M	4,23
2508	1		5	S	V	09	M	6,4
2509	1		5	S	V	10	M	7,78
2510	1		5	S	V	11	M	7,71
2511	1		5	S	V	12	M	5,39
2512	1		5	S	V	13	M	10,12
2513	1		5	S	V	14	M	8,43
2514	1		5	S	V	15	M	7,82
2515	1		5	S	Vn	01	M	8,72
2516	1		5	S	Vn	02	M	8,28
2517	1		5	S	Vn	03	M	8,53
2518	1		5	S	Vn	04	M	7,74
2519	1		5	S	Vn	05	M	8,14

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2520	1		5	S	Vn	06	M	7,94
2521	1		5	S	Vn	07	M	9,31
2522	1		5	S	Vn	08	M	7,78
2523	1		5	S	Vn	09	M	8,27
2524	1		5	S	Vn	10	M	9,74
2525	1		5	S	Vn	11	M	10,31
2526	1		5	S	Vn	12	M	8,49
2527	1		5	S	Vn	13	M	8,59
2528	1		5	S	Vn	14	M	10,24
2529	1		5	S	Vn	15	M	8,68
2530	1		5	S	V	01	S	7,06
2531	1		5	S	V	02	S	8,03
2532	1		5	S	V	03	S	7,51
2533	1		5	S	V	04	S	7,68
2534	1		5	S	V	05	S	9,45
2535	1		5	S	V	06	S	9,09
2536	1		5	S	V	07	S	9,34
2537	1		5	S	V	08	S	8,39
2538	1		5	S	V	09	S	9,24
2539	1		5	S	V	10	S	8,12
2540	1		5	S	V	11	S	6,63
2541	1		5	S	V	12	S	7,92
2542	1		5	S	V	13	S	7,72
2543	1		5	S	V	14	S	11,54
2544	1		5	S	V	15	S	9,05
2545	1		5	S	V	16	S	7,91
2546	1		5	S	Vn	01	S	5,27
2547	1		5	S	Vn	02	S	5,63
2548	1		5	S	Vn	03	S	9,61
2549	1		5	S	Vn	04	S	8,58
2550	1		5	S	Vn	05	S	8,61
2551	1		5	S	Vn	06	S	9,53
2552	1		5	S	Vn	07	S	4,48
2553	1		5	S	Vn	08	S	9,13
2554	1		5	S	Vn	09	S	7,99
2555	1		5	S	Vn	10	S	9,24
2556	1		5	S	Vn	11	S	9,64
2557	1		5	S	Vn	12	S	7,78
2558	1		5	S	Vn	13	S	8,6
2559	1		5	S	Vn	14	S	7,54
2560	1		5	S	Vn	15	S	9,01
2561	1		5	S	Vn	16	S	6,88
2562	1		5	S	Vn	17	S	9,08
2563	1		5	S	Vn	18	S	8,3
2564	1		5	S	Vn	19	S	6,19
2565	1		5	S	Vn	20	S	7,32
2566	1		5	S	Vn	21	S	8,81
2567	1		5	S	Vn	22	S	7,86

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ_{ult} (MPa)
2568	1		5	S	Vn	23	S	8,12
2569	1		5	S	Vn	24	S	11,29
2570	1		5	S	CP	01	I	20,91
2571	1		5	S	CP	02	I	5,55
2572	1		5	S	CP	03	I	12,83
2573	1		5	S	CP	04	I	7,83
2574	1		5	S	CP	05	I	6,51
2575	1		5	S	CP	06	I	6,99
2576	1		5	S	CP	07	I	8,54
2577	1		5	S	CP	08	I	7,15
2578	1		5	S	CP	09	I	7,46
2579	1		5	S	CP	10	I	9,93
2580	1		5	S	CP	01	M	3,98
2581	1		5	S	CP	02	M	15,71
2582	1		5	S	CP	03	M	4,28
2583	1		5	S	CP	04	M	5,64
2584	1		5	S	CP	05	M	8,29
2585	1		5	S	CP	06	M	7,71
2586	1		5	S	CP	07	M	13,53
2587	1		5	S	CP	08	M	8,55
2588	1		5	S	CP	09	M	6,14
2589	1		5	S	CP	10	M	6,40
2590	1		5	S	CP	11	M	2,35
2591	1		5	S	CP	12	M	6,55
2592	1		5	S	CP	13	M	4,75
2593	1		5	S	CP	14	M	7,28
2594	1		5	S	CP	15	M	9,91
2595	1		5	S	CP	16	M	3,21
2596	1		5	S	CP	17	M	9,43
2597	1		5	S	CP	18	M	7,30
2598	1		5	S	CP	19	M	1,89
2599	1		5	S	CP	20	M	4,38
2600	1		5	S	CP	21	M	2,54
2601	1		5	S	CP	22	M	5,40
2602	1		5	S	CP	23	M	12,85
2603	1		5	S	CP	24	M	5,76
2604	1		5	S	CP	25	M	9,65
2605	1		5	S	CP	26	M	7,29
2606	1		5	S	CP	27	M	3,13
2607	1		5	S	CP	28	M	6,50
2608	1		5	S	CP	29	M	9,64
2609	1		5	S	CP	30	M	12,02
2610	1		5	S	CP	01	S	8,05
2611	1		5	S	CP	02	S	11,07
2612	1		5	S	CP	03	S	3,57
2613	1		5	S	CP	04	S	8,67
2614	1		5	S	CP	05	S	7,38
2615	1		5	S	CP	06	S	8,69

#	Equi.	Inst.	Téc.	Dpto.	Tipo	Pro.	Par.	σ ult (MPa)
2616	1		5	S	CP	07	S	7,24
2617	1		5	S	CP	08	S	9,76
2618	1		5	S	CP	09	S	12,95
2619	1		5	S	CP	10	S	9,16
2620	1		5	S	CP	11	S	10,62
2621	1		5	S	CP	12	S	7,52
2622	1		5	S	CP	13	S	8,89
2623	1		5	S	CP	14	S	8,32
2624	1		5	S	CP	15	S	10,24
2625	1		5	S	CP	16	S	8,75
2626	1		5	S	CP	17	S	6,49
2627	1		5	S	CP	18	S	5,58
2628	1		5	S	CP	19	S	6,82
2629	1		5	S	CP	20	S	3,19
2630	1		5	S	CP	21	S	6,75
2631	1		5	S	CP	22	S	3,98
2632	1		5	S	CP	23	S	4,94
2633	1		5	S	CP	24	S	7,75
2634	1		5	S	CP	25	S	8,61
2635	1		5	S	CP	26	S	6,48
2636	1		5	S	CP	27	S	10,23
2637	1		5	S	CP	28	S	6,56
2638	1		5	S	CP	29	S	10,36
2639	1		5	S	CP	30	S	10,88
2640	1		5	S	F	01	M	97,25
2641	1		5	S	F	02	M	97,35
2642	1		5	S	F	03	M	94,21
2643	1		5	S	F	04	M	95,77
2644	1		5	S	F	05	M	45,63
2645	1		5	S	F	06	M	65,93
2646	1		5	S	F	07	M	29,19
2647	1		5	S	F	08	M	66,76
2648	1		5	S	F	09	M	90,08
2649	1		5	S	F	10	M	26,34
2650	1		5	S	F	11	M	33,54
2651	1		5	S	F	12	M	90,80

APÉNDICE 5. MODELOS DE PREDICCIÓN. REGRESIONES LINEALES MÚLTIPLES

PROCEDIMIENTO ANOVA Y SELECCIÓN DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS – SOFTWARE R

COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

```
Call:
lm(formula = Ecomrtcv ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t +
Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.337 -1.207 -0.153  1.289  6.485

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp       7.904e-01  2.281e-01  3.466 0.000569 ***
D          5.601e-01  1.245e-01  4.498 8.32e-06 ***
t         -6.511e+00  2.107e+00 -3.090 0.002096 **
Temp:Pluv -2.129e-04  1.242e-04 -1.715 0.089664 .
Temp:D     -2.740e-02  5.662e-03 -4.840 1.67e-06 ***
D:Pluv     -2.694e-04  6.776e-05 -3.976 7.91e-05 ***
Temp:t     2.524e-01  9.841e-02  2.565 0.010573 *
t:Pluv     1.813e-03  1.900e-03  1.294 0.163748
D:t        4.115e-02  1.647e-02  2.498 0.012783 *
Temp:D:Pluv 1.376e-05  3.377e-06  4.077 5.22e-05 ***
Temp:t:Pluv -6.213e-05  6.167e-05 -1.008 0.314087
Temp:D:t   -1.551e-03  7.357e-04 -2.108 0.035434 *
D:t:Pluv   -7.957e-06  9.742e-06 -0.817 0.414396
Temp:D:t:Pluv 1.732e-07  4.511e-07  0.384 0.701155
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.047 on 570 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9348,    Adjusted R-squared:  0.9332
F-statistic: 583.6 on 14 and 570 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
Call:
lm(formula = Ecompression ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv +
Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-52.487 -11.257 -1.693  9.705  72.001

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp       3.289e+00  2.301e+00  1.429  0.153
Pluv      -5.934e-03  8.013e-02 -0.074  0.941
D         -3.770e-01  1.344e+00 -0.281  0.779
t         2.132e+01  1.985e+01  1.074  0.283
Temp:Pluv  6.219e-04  4.488e-03  0.139  0.890
Temp:D     2.021e-02  6.214e-02  0.325  0.745
Pluv:D     7.743e-04  9.600e-04  0.807  0.420
Temp:t     -7.146e-01  9.147e-01 -0.781  0.435
Pluv:t     -1.664e-02  1.378e-02 -1.207  0.228
D:t        -7.838e-02  1.612e-01 -0.486  0.627
Temp:Pluv:D -3.982e-05  5.095e-05 -0.782  0.435
Temp:Pluv:t  6.245e-04  6.766e-04  0.923  0.356
Temp:D:t   1.603e-03  7.071e-03  0.227  0.821
Pluv:D:t   7.433e-05  1.027e-04  0.724  0.469
Temp:Pluv:D:t -2.472e-06  5.098e-06 -0.485  0.628

Residual standard error: 18.51 on 518 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371,    Adjusted R-squared:  0.9353
F-statistic: 514.6 on 15 and 518 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 1

```
Call:
lm(formula = Ecompression ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D +
Temp:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-52.499 -11.260 -1.705  9.699  72.029

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp       3.373e+00  1.996e+00  1.690  0.0916 .
D         -4.023e-01  1.299e+00 -0.310  0.7569
t         2.123e+01  1.989e+01  1.072  0.2840
Temp:Pluv  2.997e-04  1.096e-03  0.273  0.7846
Temp:D     2.052e-02  6.194e-02  0.331  0.7406
D:Pluv     7.304e-04  7.551e-04  0.967  0.3338
Temp:t     -7.185e-01  9.123e-01 -0.788  0.4313
t:Pluv     -1.714e-02  1.204e-02 -1.423  0.1554
D:t        -7.532e-02  1.556e-01 -0.484  0.6286
Temp:D:Pluv -3.732e-05  3.811e-05 -0.979  0.3278
Temp:t:Pluv  6.519e-04  5.663e-04  1.151  0.2502
Temp:D:t   1.540e-03  7.014e-03  0.220  0.8263
D:t:Pluv   7.780e-05  9.125e-05  0.853  0.3942
Temp:D:t:Pluv -2.676e-06  4.285e-06 -0.624  0.5327
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 18.49 on 519 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371,    Adjusted R-squared:  0.9354
F-statistic: 552.5 on 14 and 519 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 2


```
Call:
lm(formula = Ecompresion ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D +
  Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
  Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-52.748 -11.185  -1.780   9.778  71.952
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      3.386e+00  1.993e+00  1.699  0.0899 .
D        -4.425e-01  1.285e+00  -0.344  0.7307
t         1.782e+01  1.225e+01  1.455  0.1463
Temp:Pluv 3.003e-04  1.095e-03  0.274  0.7840
Temp:D    2.233e-02  6.133e-02  0.364  0.7160
D:Pluv    7.532e-04  7.472e-04  1.008  0.3139
Temp:t    -5.592e-01  5.527e-01  -1.012  0.3122
t:Pluv    -1.511e-02  7.744e-03  -1.951  0.0515 .
D:t       -4.220e-02  3.837e-02  -1.100  0.2719
Temp:D:Pluv -3.843e-05  3.774e-05  -1.018  0.3091
Temp:t:Pluv 5.556e-04  3.576e-04  1.553  0.1209
D:t:Pluv  5.858e-05  2.574e-05  2.276  0.0232 *
Temp:D:t:Pluv -1.762e-06  1.035e-06  -1.702  0.0893 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 18.47 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371, Adjusted R-squared:  0.9355
F-statistic: 596 on 13 and 520 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 3

```
Call:
lm(formula = Ecompresion ~ Temp + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t -
  1, data = datos)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-53.31 -11.15  -1.60   9.70  71.80
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      3.864e+00  5.544e-01  6.969 9.65e-12 ***
t         1.294e+01  3.199e+00  4.044 6.05e-05 ***
Temp:D    -2.520e-03  7.977e-03  -0.316  0.75222
D:Pluv    4.993e-04  2.122e-04  2.353  0.01900 **
Temp:t    -3.748e-01  1.432e-01  -2.617  0.00912 **
t:Pluv    -1.219e-02  3.047e-03  -4.002 7.20e-05 ***
t:D       -3.429e-02  1.599e-02  -2.144  0.03250 *
Temp:D:Pluv -2.366e-05  1.208e-05  -1.959  0.05064 .
Temp:t:Pluv 4.445e-04  1.865e-04  2.841  0.00467 **
t:D:Pluv  5.320e-05  1.904e-05  2.794  0.00539 **
Temp:D:t:Pluv -1.745e-06  1.017e-06  -1.716  0.08668 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 18.44 on 522 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371, Adjusted R-squared:  0.9358
F-statistic: 706.9 on 11 and 522 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 5

```
Call:
lm(formula = Ecompresion ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t -
  1, data = datos)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-52.964 -11.137  -1.594   9.707  71.923
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      3.910e+00  5.712e-01  6.845 2.16e-11 ***
D        -4.365e-01  1.283e+00  -0.340  0.73391
t         1.672e+01  1.156e+01  1.446  0.14879
Temp:D    1.710e-02  5.825e-02  0.294  0.76914
D:Pluv    7.423e-04  7.455e-04  0.996  0.31985
Temp:t    -5.561e-01  5.521e-01  -1.007  0.31430
t:Pluv    -1.448e-02  7.390e-03  -1.960  0.05056 .
D:t       -3.272e-02  1.666e-02  -1.965  0.05000 *
Temp:D:Pluv -3.508e-05  3.568e-05  -0.983  0.32599
Temp:t:Pluv 5.537e-04  3.573e-04  1.550  0.12179
D:t:Pluv  5.387e-05  1.916e-05  2.812  0.00511 **
Temp:D:t:Pluv -1.795e-06  1.028e-06  -1.746  0.08142 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 18.46 on 521 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371, Adjusted R-squared:  0.9357
F-statistic: 646.9 on 12 and 521 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 4

```
Call:
lm(formula = Ecompresion ~ Temp + t + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t +
  D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t -
  1, data = datos)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-54.139 -11.165  -1.607   9.966  71.705
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      3.745e+00  4.055e-01  9.234 < 2e-16 ***
t         1.309e+01  3.162e+00  4.139 4.07e-05 ***
Pluv:D    5.278e-04  1.919e-04  2.751  0.00615 **
Temp:t    -3.839e-01  1.401e-01  -2.739  0.00637 **
t:Pluv    -1.242e-02  2.962e-03  -4.193 3.24e-05 ***
t:D       -3.617e-02  1.483e-02  -2.438  0.01509 *
Temp:Pluv:D -2.572e-05  1.016e-05  -2.533  0.01160 *
Temp:t:Pluv 4.621e-04  1.460e-04  3.165  0.00164 **
t:Pluv:D  5.350e-05  1.900e-05  2.816  0.00504 **
Temp:t:Pluv:D -1.769e-06  1.013e-06  -1.746  0.08137 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 18.43 on 523 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9371, Adjusted R-squared:  0.9359
F-statistic: 778.9 on 10 and 523 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 6

COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA

```
Call:
lm(formula = EcompresionP ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv +
  Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
  Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.9532 -1.9113 -0.3397  1.6950 17.2080

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      2.214e-01  3.752e-01  0.590  0.55546
Pluv     -2.858e-02  1.228e-02 -2.327  0.02040 *
D         1.266e+00  2.214e-01  5.718  1.89e-08 ***
t        -3.317e+00  2.868e+00 -1.157  0.24802
Temp:Pluv 1.790e-03  7.070e-04  2.532  0.01164 *
Temp:D   -5.599e-02  9.093e-03 -6.158  1.55e-09 ***
Pluv:D   -4.283e-04  1.412e-04 -3.032  0.00256 **
Temp:t   2.220e-01  1.372e-01  1.617  0.10642
Pluv:t   4.238e-03  2.004e-03  2.115  0.03492 *
D:t      -4.003e-02  2.388e-02 -1.676  0.09432 .
Temp:Pluv:D 1.612e-05  7.346e-06  2.194  0.02873 *
Temp:Pluv:t -2.603e-04  1.008e-04 -2.582  0.01012 *
Temp:D:t  1.275e-03  1.028e-03  1.240  0.21551
Pluv:D:t  2.738e-06  1.447e-05  0.189  0.84994
Temp:Pluv:D:t 3.489e-07  7.192e-07  0.485  0.62781
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.863 on 485 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9132,    Adjusted R-squared:  0.9105
F-statistic: 340.3 on 15 and 485 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 1

```
Call:
lm(formula = EcompresionP ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv +
  Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
  Temp:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.9818 -1.9144 -0.3428  1.6852 17.2117

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      2.196e-01  3.747e-01  0.586  0.55807
Pluv     -2.956e-02  1.112e-02 -2.659  0.00809 ***
D         1.265e+00  2.212e-01  5.722  1.85e-08 ***
t        -3.704e+00  2.005e+00 -1.847  0.06531 .
Temp:Pluv 1.838e-03  6.608e-04  2.781  0.00563 **
Temp:D   -5.594e-02  9.090e-03 -6.161  1.52e-09 ***
Pluv:D   -4.186e-04  1.316e-04 -3.180  0.00157 **
Temp:t   2.406e-01  9.539e-02  2.523  0.01197 *
Pluv:t   4.560e-03  1.060e-03  4.304  2.03e-05 ***
D:t      -3.680e-02  1.669e-02 -2.205  0.02794 *
Temp:Pluv:D 1.565e-05  6.911e-06  2.264  0.02401 *
Temp:Pluv:t -2.757e-04  5.905e-05 -4.669  3.91e-06 ***
Temp:D:t  1.119e-03  6.137e-04  1.823  0.06889 .
Temp:Pluv:D:t 4.608e-07  1.772e-07  2.719  0.00690 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.86 on 486 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9132,    Adjusted R-squared:  0.9107
F-statistic: 365.3 on 14 and 486 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 2

```
Call:
lm(formula = EcompresionP ~ Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:D +
  Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
  Temp:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.8829 -1.9107 -0.3114  1.6797 17.2003

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Pluv     -3.341e-02  8.958e-03 -3.730  0.000214 ***
D         1.322e+00  1.992e-01  6.637  8.58e-11 ***
t        -3.493e+00  1.971e+00 -1.772  0.077011 .
Pluv:Temp 2.133e-03  4.274e-04  4.991  8.37e-07 ***
D:Temp   -5.634e-02  9.048e-03 -6.227  1.03e-09 ***
Pluv:D   -4.077e-04  1.302e-04 -3.131  0.001850 **
t:Temp   2.494e-01  9.415e-02  2.649  0.008341 **
Pluv:t   4.760e-03  1.002e-03  4.750  2.68e-06 ***
D:t      -4.292e-02  1.302e-02 -3.297  0.001048 **
Pluv:D:Temp 1.399e-05  6.299e-06  2.220  0.026849 *
Pluv:t:Temp -2.950e-04  4.898e-05 -6.023  3.38e-09 ***
D:t:Temp  1.222e-03  5.873e-04  2.081  0.037935 *
Pluv:D:t:Temp 5.767e-07  6.843e-08  8.427  4.02e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.858 on 487 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9132,    Adjusted R-squared:  0.9108
F-statistic: 393.9 on 13 and 487 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 3

```
Call:
lm(formula = EcompresionP ~ Pluv + D + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
  Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t +
  Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.0201 -1.9469 -0.3032  1.6968 17.3280

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Pluv     -4.212e-02  7.507e-03 -5.611  3.38e-08 ***
D         1.087e+00  1.489e-01  7.297  1.20e-12 ***
Pluv:Temp 2.556e-03  3.554e-04  7.190  2.44e-12 ***
D:Temp   -4.543e-02  6.643e-03 -6.838  2.41e-11 ***
Pluv:D   -1.889e-04  4.146e-05 -4.555  6.63e-06 ***
Temp:t   8.430e-02  1.366e-02  6.172  1.42e-09 ***
Pluv:t   3.471e-03  6.906e-04  5.026  7.05e-07 ***
D:t      -5.514e-02  1.106e-02 -4.984  8.65e-07 ***
Pluv:D:Temp 3.518e-06  2.191e-06  1.606  0.108959
Pluv:t:Temp -2.337e-04  3.477e-05 -6.723  4.98e-11 ***
D:t:Temp  1.808e-03  4.864e-04  3.718  0.000224 ***
Pluv:D:t:Temp 5.779e-07  6.857e-08  8.427  3.99e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.864 on 488 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9126,    Adjusted R-squared:  0.9105
F-statistic: 424.6 on 12 and 488 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

PASO 4

```

Call:
lm(formula = EocompressionP ~ Pluv + D + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
    Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Temp:Pluv:D:t -
    1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.1916 -1.9003 -0.2853  1.7280 17.5160

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Pluv      -4.211e-02  7.519e-03  -5.601 3.56e-08 ***
D          1.014e+00  1.421e-01   7.136 3.48e-12 ***
Pluv:Temp  2.568e-03  3.559e-04   7.214 2.08e-12 ***
D:Temp    -4.136e-02  6.152e-03  -6.723 4.97e-11 ***
Pluv:D    -1.250e-04  1.171e-05 -10.670 < 2e-16 ***
Temp:t     7.649e-02  1.278e-02   5.984 4.22e-09 ***
Pluv:t     3.112e-03  6.549e-04   4.755 2.62e-06 ***
D:t        -5.215e-02  1.092e-02  -4.774 2.39e-06 ***
Pluv:Temp:t -2.129e-04  3.230e-05  -6.591 1.14e-10 ***
D:Temp:t   1.697e-03  4.822e-04   3.519 0.000475 ***
Pluv:D:Temp:t 5.675e-07  6.838e-08   8.299 1.03e-15 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.869 on 489 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9121,    Adjusted R-squared:  0.9102
F-statistic: 461.5 on 11 and 489 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

PASO 5

FLEXIÓN

Call:
lm(formula = Eflexion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-92.89 -18.71 0.01 16.09 104.40

Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp 1.378e+02 5.913e+01 2.331 0.0232 *
Pluv 2.180e+00 1.077e+00 2.025 0.0474 *
D -2.581e+01 2.151e+01 -1.200 0.2349
t 1.965e+02 1.445e+02 1.359 0.1791
Temp:Pluv -1.669e-01 7.090e-02 -2.353 0.0219 *
Temp:D -1.360e-01 9.874e-01 -0.138 0.8909
Pluv:D -6.044e-03 1.386e-02 -0.436 0.6643
Temp:t -1.775e+01 8.564e+00 -2.072 0.0426 *
Pluv:t -2.746e-01 1.246e-01 -2.204 0.0314 *
D:t 6.507e-01 2.068e+00 0.315 0.7541
Temp:Pluv:D 9.119e-04 8.176e-04 1.115 0.2692
Temp:Pluv:t 1.737e-02 7.256e-03 2.394 0.0198 *
Temp:D:t 5.820e-02 9.633e-02 0.604 0.5480
Pluv:D:t 1.200e-03 1.292e-03 0.929 0.3567
Temp:Pluv:D:t -1.008e-04 7.340e-05 -1.373 0.1749

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 41.09 on 60 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9174, Adjusted R-squared: 0.8968
F-statistic: 44.45 on 15 and 60 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 1

Call:
lm(formula = Eflexion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-93.666 -18.420 0.588 16.152 104.368

Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp 1.354e+02 5.602e+01 2.417 0.0187 *
Pluv 2.192e+00 1.064e+00 2.060 0.0437 *
D -2.819e+01 1.268e+01 -2.222 0.0300 *
t 1.981e+02 1.429e+02 1.387 0.1705
Temp:Pluv -1.656e-01 6.979e-02 -2.373 0.0208 *
Pluv:D -4.737e-03 1.002e-02 -0.473 0.6380
Temp:t -1.766e+01 8.471e+00 -2.084 0.0413 *
Pluv:t -2.770e-01 1.224e-01 -2.269 0.0272 *
D:t 8.277e-01 1.608e+00 0.515 0.6086
Temp:Pluv:D 8.315e-04 5.684e-04 1.463 0.1487
Temp:Pluv:t 1.736e-02 7.197e-03 2.412 0.0189 *
Temp:D:t 4.823e-02 6.307e-02 0.765 0.4474
Pluv:D:t 1.108e-03 1.096e-03 1.011 0.3160
Temp:Pluv:D:t -9.512e-05 6.035e-05 -1.576 0.1202

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 40.76 on 61 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9174, Adjusted R-squared: 0.8985
F-statistic: 48.41 on 14 and 61 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 2

Call:
lm(formula = Eflexion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-94.237 -18.540 -1.324 15.929 103.712

Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp 1.332e+02 5.547e+01 2.401 0.01936 *
Pluv 1.773e+00 5.839e+01 3.036 0.00351 **
D -2.727e+01 1.246e+01 -2.189 0.03235 *
t 2.101e+02 1.397e+02 1.503 0.13782
Temp:Pluv -1.462e-01 5.601e-02 -2.610 0.01134 *
Temp:D -1.787e+01 8.405e+00 -2.127 0.03744 *
Pluv:t -2.461e-01 1.029e-01 -2.392 0.01983 *
D:t 6.381e-01 1.547e+00 0.412 0.68145
Temp:Pluv:D 6.019e-04 2.939e-04 2.048 0.04478 *
Temp:Pluv:t 1.585e-02 6.411e-03 2.473 0.01617 *
Temp:D:t 5.189e-02 6.220e-02 0.834 0.40732
Pluv:D:t 7.459e-04 7.793e-04 0.957 0.34219
Temp:Pluv:D:t -7.673e-05 4.586e-05 -1.673 0.09931 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 40.51 on 62 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9171, Adjusted R-squared: 0.8997
F-statistic: 52.77 on 13 and 62 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 3

Call:
lm(formula = Eflexion ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:t + Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-93.676 -19.660 -1.326 15.147 104.187

Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp 1.205e+02 4.584e+01 2.628 0.01076 **
Pluv 1.640e+00 4.835e-01 3.391 0.00121 **
D -2.443e+01 1.031e+01 -2.369 0.02093 *
t 2.530e+02 9.272e+01 2.728 0.00824 **
Temp:Pluv -1.330e-01 4.569e-02 -2.911 0.00498 **
Temp:t -1.896e+01 7.931e+00 -2.390 0.01983 *
Pluv:t -2.600e-01 9.659e-02 -2.692 0.00908 **
Temp:Pluv:D 5.313e-04 2.372e-04 2.240 0.02865 *
Temp:Pluv:t 1.602e-02 6.357e-03 2.520 0.01430 *
Temp:D:t 7.205e-02 3.822e-02 1.885 0.06400 .
Pluv:D:t 9.802e-04 5.300e-04 1.849 0.06909 .
Temp:Pluv:D:t -8.272e-05 4.321e-05 -1.914 0.06012 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 40.24 on 63 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9169, Adjusted R-squared: 0.9011
F-statistic: 57.92 on 12 and 63 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 4

TRACCIÓN

Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-65.590 -19.319 -2.854 17.194 154.629

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Temp	6.030e+00	4.595e+00	1.312	0.1901
Pluv	-1.183e-01	1.526e-01	-0.775	0.4386
D	5.677e+00	2.664e+00	2.131	0.0337 *
t	-2.917e+01	2.957e+01	-0.986	0.3244
Temp:Pluv	6.508e-03	8.698e-03	0.748	0.4547
Temp:D	-2.856e-01	1.119e-01	-2.552	0.0111 *
Pluv:D	-2.046e-03	1.880e-03	-1.088	0.2773
Temp:t	1.803e+00	1.420e+00	1.269	0.2051
Pluv:t	3.979e-02	2.001e-02	1.989	0.0473 *
D:t	-1.125e-01	2.630e-01	-0.428	0.6690
Temp:Pluv:D	9.355e-05	9.615e-05	0.973	0.3311
Temp:Pluv:t	-2.244e-03	1.017e-03	-2.206	0.0279 *
Temp:D:t	2.593e-03	1.120e-02	0.231	0.8171
Pluv:D:t	-9.361e-05	1.557e-04	-0.601	0.5481
Temp:Pluv:D:t	6.615e-06	7.744e-06	0.854	0.3934

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.67 on 431 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8946, Adjusted R-squared: 0.891
F-statistic: 244 on 15 and 431 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 1

Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-65.706 -19.233 -2.933 17.164 154.738

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Temp	6.152e+00	4.560e+00	1.349	0.17795
Pluv	-1.118e-01	1.498e-01	-0.746	0.45582
D	5.481e+00	2.524e+00	2.172	0.03039 *
t	-3.436e+01	1.921e+01	-1.789	0.07428 .
Temp:Pluv	6.114e-03	8.521e-03	0.718	0.47339
Temp:D	-2.781e-01	1.070e-01	-2.599	0.00968 **
Pluv:D	-2.012e-03	1.873e-03	-1.074	0.28328
Temp:t	2.040e+00	9.800e-01	2.082	0.03791 *
Pluv:t	4.234e-02	1.669e-02	2.536	0.01155 *
D:t	-5.482e-02	8.351e-02	-0.656	0.51189
Temp:Pluv:D	9.301e-05	9.602e-05	0.969	0.33324
Temp:Pluv:t	-2.359e-03	8.869e-04	-2.660	0.00811 **
Pluv:D:t	-1.208e-04	1.021e-04	-1.183	0.23735
Temp:Pluv:D:t	7.824e-06	5.710e-06	1.370	0.17131

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.64 on 432 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8946, Adjusted R-squared: 0.8912
F-statistic: 261.9 on 14 and 432 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 2

Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-65.904 -19.349 -3.011 17.222 154.760

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Temp	9.016e+00	1.325e+00	6.805	3.37e-11 ***
Pluv	-6.283e-02	1.298e-01	-0.484	0.62866
D	4.805e+00	2.302e+00	2.087	0.03745 *
t	-3.381e+01	1.918e+01	-1.763	0.07854 .
Temp:Pluv	2.325e-03	6.263e-03	0.371	0.71066
Temp:D	-2.754e-01	1.069e-01	-2.577	0.01030 *
Pluv:D	-2.175e-03	1.855e-03	-1.173	0.24148
Temp:t	1.755e+00	8.773e-01	2.000	0.04612 *
Pluv:t	3.761e-02	1.505e-02	2.499	0.01281 *
Temp:Pluv:D	1.158e-04	8.948e-05	1.294	0.19635
Temp:Pluv:t	-2.001e-03	6.997e-04	-2.860	0.00444 **
Pluv:D:t	-1.036e-04	9.862e-05	-1.051	0.29392
Temp:Pluv:D:t	5.681e-06	4.681e-06	1.214	0.22559

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.62 on 433 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8945, Adjusted R-squared: 0.8913
F-statistic: 282.4 on 13 and 433 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 3

Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-65.904 -19.349 -3.011 17.222 154.760

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Temp	9.016e+00	1.325e+00	6.805	3.37e-11 ***
Pluv	-6.283e-02	1.298e-01	-0.484	0.62866
D	4.805e+00	2.302e+00	2.087	0.03745 *
t	-3.381e+01	1.918e+01	-1.763	0.07854 .
Temp:Pluv	2.325e-03	6.263e-03	0.371	0.71066
Temp:D	-2.754e-01	1.069e-01	-2.577	0.01030 *
Pluv:D	-2.175e-03	1.855e-03	-1.173	0.24148
Temp:t	1.755e+00	8.773e-01	2.000	0.04612 *
Pluv:t	3.761e-02	1.505e-02	2.499	0.01281 *
Temp:Pluv:D	1.158e-04	8.948e-05	1.294	0.19635
Temp:Pluv:t	-2.001e-03	6.997e-04	-2.860	0.00444 **
Pluv:D:t	-1.036e-04	9.862e-05	-1.051	0.29392
Temp:Pluv:D:t	5.681e-06	4.681e-06	1.214	0.22559

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.62 on 433 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8945, Adjusted R-squared: 0.8913
F-statistic: 282.4 on 13 and 433 DF, p-value: < 2.2e-16

PASO 4

```
Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:D + Pluv:D +
  Temp:t + Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t +
  Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-65.870 -19.164  -3.327  16.890 154.613

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      9.117e+00  1.296e+00   7.036 7.75e-12 ***
Pluv     -1.495e-02  1.486e-02  -1.006  0.31490
D         4.943e+00  2.269e+00   2.178  0.02993 *
t        -3.488e+01  1.894e+01  -1.841  0.06626 .
Temp:D   -2.828e-01  1.049e-01  -2.695  0.00730 **
Pluv:D   -2.676e-03  1.271e-03  -2.106  0.03577 *
Temp:t    1.805e+00  8.660e-01   2.084  0.03775 *
Pluv:t    3.434e-02  1.218e-02   2.819  0.00504 **
Temp:Pluv:D 1.401e-04  6.078e-05   2.306  0.02159 *
Temp:Pluv:t -1.847e-03  5.625e-04  -3.284  0.00111 **
Pluv:D:t  -7.016e-05  3.992e-05  -1.757  0.07955 .
Temp:Pluv:D:t 4.094e-06  1.907e-06   2.147  0.03232 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.59 on 434 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8945, Adjusted R-squared:  0.8916
F-statistic: 306.6 on 12 and 434 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 5

```
Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-66.709 -19.568  -2.737  16.683 152.459

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.651e+00  6.098e-01  12.547 < 2e-16 ***
D         4.370e+00  2.235e+00   1.955  0.05117 .
t        -2.618e+01  1.818e+01  -1.442  0.15005
Temp:D   -2.485e-01  1.013e-01  -2.454  0.01452 *
D:Pluv   -2.823e-03  1.263e-03  -2.236  0.02586 *
Temp:t    1.462e+00  8.373e-01   1.746  0.08154 .
t:Pluv    2.471e-02  1.062e-02   2.328  0.02039 *
Temp:D:Pluv 1.438e-04  5.955e-05   2.414  0.01619 *
Temp:t:Pluv -1.423e-03  4.974e-04  -2.861  0.00442 **
Temp:D:t:Pluv 7.457e-07  1.859e-07   4.011 7.11e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.63 on 436 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8937, Adjusted R-squared:  0.8913
F-statistic: 366.6 on 10 and 436 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 7

```
Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t -
  1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-66.718 -19.161  -3.155  17.513 154.464

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.990e+00  6.522e-01  12.252 < 2e-16 ***
D         4.550e+00  2.236e+00   2.035  0.04242 *
t        -3.009e+01  1.833e+01  -1.641  0.10152
Temp:D   -2.551e-01  1.012e-01  -2.520  0.01210 *
D:Pluv   -2.613e-03  1.269e-03  -2.058  0.04014 *
Temp:t    1.599e+00  8.416e-01   1.900  0.05805 .
t:Pluv    2.914e-02  1.103e-02   2.641  0.00855 **
Temp:D:Pluv 1.311e-04  6.011e-05   2.181  0.02971 *
Temp:t:Pluv -1.619e-03  5.147e-04  -3.145  0.00177 **
D:t:Pluv  -4.387e-05  3.019e-05  -1.453  0.14684
Temp:D:t:Pluv 2.917e-06  1.505e-06   1.938  0.05330 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.59 on 435 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8942, Adjusted R-squared:  0.8916
F-statistic: 334.3 on 11 and 435 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 6

```
Call:
lm(formula = Etension ~ Temp + D + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-66.030 -19.621  -3.551  17.477 152.553

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.697e+00  6.097e-01  12.625 < 2e-16 ***
D         1.327e+00  7.350e-01   1.805  0.071773 .
Temp:D   -1.099e-01  3.193e-02  -3.441  0.000634 ***
D:Pluv   -1.121e-03  4.480e-04  -2.502  0.012731 *
Temp:t    2.611e-01  8.745e-02   2.986  0.002989 **
Pluv:t    9.863e-03  2.584e-03   3.818  0.000154 ***
Temp:D:Pluv 6.485e-05  2.351e-05   2.759  0.006049 **
Temp:Pluv:t -7.368e-04  1.446e-04  -5.095 5.19e-07 ***
Temp:D:Pluv:t 7.689e-07  1.854e-07   4.146 4.06e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 29.67 on 437 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8932, Adjusted R-squared:  0.891
F-statistic: 406.1 on 9 and 437 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 8

CORTE

```
Call:
lm(formula = Ecorctev ~ Temp + Pluv + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
  Pluv:D + Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t +
  Temp:D:t + Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.3401 -1.2071 -0.1528  1.2899  6.4822

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.946e-01  2.571e-01  3.091  0.00209 **
Pluv     -2.926e-04  8.129e-03  0.036  0.97130
D         5.581e-01  1.364e-01  4.091  4.92e-05 ***
t        -6.507e+00  2.113e+00  -3.080  0.00217 **
Temp:Pluv -2.290e-04  4.660e-04  -0.492  0.62324
Temp:D    -2.735e-02  5.821e-03  -4.699  3.28e-06 ***
Pluv:D    -2.711e-04  8.228e-05  -3.295  0.00105 **
Temp:t    2.518e-01  9.996e-02  2.519  0.01204 *
Pluv:t    1.783e-03  1.548e-03  1.154  0.24910
D:t       4.127e-02  1.693e-02  2.483  0.01448 *
Temp:Pluv:D 1.387e-05  4.438e-06  3.125  0.00187 **
Temp:Pluv:t -6.050e-05  7.669e-05  -0.789  0.43055
Temp:D:t  -1.553e-03  7.377e-04  -2.105  0.03575 *
Pluv:D:t  -7.771e-06  1.103e-05  -0.705  0.48140
Temp:Pluv:D:t 1.622e-07  5.449e-07  0.298  0.76606
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.049 on 569 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9348, Adjusted R-squared:  0.9331
F-statistic: 543.7 on 15 and 569 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 1

```
Call:
lm(formula = Ecorctev ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
  Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t +
  Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.3704 -1.2135 -0.1543  1.2513  6.4690

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.870e-01  2.277e-01  3.456  0.000589 ***
D         5.595e-01  1.244e-01  4.497  5.36e-06 ***
t        -5.813e+00  1.063e+00  -5.469  6.79e-08 ***
Temp:Pluv -2.115e-04  1.240e-04  -1.706  0.089612 .
Temp:D    -2.733e-02  5.655e-03  -4.834  1.72e-06 ***
D:Pluv    -2.686e-04  6.768e-05  -3.969  8.14e-05 ***
Temp:t    2.194e-01  4.791e-02  4.580  5.72e-06 ***
t:Pluv    1.372e-03  6.092e-04  2.252  0.024682 *
D:t       3.531e-02  6.345e-03  5.565  4.03e-08 ***
Temp:D:Pluv 1.371e-05  3.371e-06  4.066  5.45e-05 ***
Temp:t:Pluv -4.101e-05  2.784e-05  -1.473  0.141324
Temp:D:t  -1.277e-03  1.763e-04  -7.241  1.44e-12 ***
D:t:Pluv  -4.325e-06  2.326e-06  -1.859  0.063493 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.045 on 571 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9348, Adjusted R-squared:  0.9333
F-statistic: 629.4 on 13 and 571 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 3

```
Call:
lm(formula = Ecorctev ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
  Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:Pluv:t + Temp:D:t +
  Pluv:D:t + Temp:Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.337 -1.207 -0.153  1.289  6.485

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      7.904e-01  2.281e-01  3.466  0.000569 ***
D         5.601e-01  1.245e-01  4.498  5.32e-06 ***
t        -6.511e+00  2.107e+00  -3.090  0.002096 **
Temp:Pluv -2.129e-04  1.242e-04  -1.715  0.086964 .
Temp:D    -2.740e-02  5.662e-03  -4.840  1.67e-06 ***
D:Pluv    -2.694e-04  6.776e-05  -3.976  7.91e-05 ***
Temp:t    2.524e-01  9.841e-02  2.565  0.010573 *
t:Pluv    1.813e-03  1.300e-03  1.394  0.163748
D:t       4.115e-02  1.647e-02  2.498  0.012783 *
Temp:D:Pluv 1.376e-05  3.377e-06  4.077  5.22e-05 ***
Temp:t:Pluv -6.213e-05  6.167e-05  -1.008  0.314087
Temp:D:t  -1.551e-03  7.357e-04  -2.108  0.035434 *
D:t:Pluv  -7.957e-06  9.742e-06  -0.817  0.414396
Temp:D:t:Pluv 1.732e-07  4.511e-07  0.384  0.701155
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.047 on 570 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9348, Adjusted R-squared:  0.9332
F-statistic: 583.6 on 14 and 570 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 2

```
Call:
lm(formula = Ecorctev ~ Temp + D + t + Temp:Pluv + Temp:D + Pluv:D +
  Temp:t + Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:D:t + Pluv:D:t -
  1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.2559 -1.1970 -0.2023  1.2567  6.3189

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      8.186e-01  2.269e-01  3.607  0.000337 ***
D         3.961e-01  1.638e-02  7.025  6.12e-12 ***
t        -4.544e+00  6.231e-01  -7.293  1.02e-12 ***
Temp:Pluv -2.199e-04  1.240e-04  -1.773  0.076759 .
Temp:D    -1.996e-02  6.632e-03  -2.995  0.002813 ***
D:Pluv    -1.742e-04  2.179e-05  -7.997  7.08e-15 ***
Temp:t    1.548e-01  1.928e-02  7.991  5.55e-15 ***
t:Pluv    5.594e-04  2.585e-04  2.164  0.030861 *
D:t       3.715e-02  6.228e-03  5.965  4.29e-09 ***
Temp:D:Pluv 9.242e-06  1.477e-06  6.258  7.67e-10 ***
Temp:D:t  -1.318e-03  1.743e-04  -7.562  1.60e-13 ***
D:t:Pluv  -4.689e-06  2.315e-06  -2.025  0.043308 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.047 on 572 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9345, Adjusted R-squared:  0.9331
F-statistic: 680.3 on 12 and 572 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 4

```
Call:
lm(formula = Ecortev ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:D:t + Pluv:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.1695 -1.1808 -0.1597  1.2804  6.2042

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      4.289e-01  5.656e-02  7.583 1.37e-13 ***
D         4.217e-01  5.460e-02  7.723 5.11e-14 ***
t        -3.883e+00  5.000e-01 -7.764 3.80e-14 ***
Temp:D   -1.741e-02  2.207e-03 -7.887 1.57e-14 ***
D:Pluv   -1.782e-04  2.171e-05 -8.209 1.48e-15 ***
Temp:t    1.588e-01  1.918e-02  8.279 8.78e-16 ***
t:Pluv    1.410e-04  1.056e-04  1.335  0.183
D:t       2.945e-02  4.476e-03  6.580 1.06e-10 ***
Temp:D:Pluv 7.317e-06  1.003e-06  7.297 9.89e-13 ***
Temp:D:t  -1.282e-03  1.734e-04 -7.391 5.21e-13 ***
D:t:Pluv  -8.204e-07  7.759e-07 -1.057  0.291
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.051 on 573 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9342, Adjusted R-squared: 0.9329
F-statistic: 739.1 on 11 and 573 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 5

```
Call:
lm(formula = Ecortev ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  D:t + Temp:Pluv:D + Temp:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.2060 -1.1743 -0.1351  1.2408  6.2140

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      4.389e-01  5.602e-02  7.835 2.28e-14 ***
D         3.973e-01  4.756e-02  8.353 5.01e-16 ***
t        -3.412e+00  3.509e-01 -9.724 < 2e-16 ***
Temp:D   -1.688e-02  2.107e-03 -8.013 6.27e-15 ***
D:Pluv   -1.725e-04  2.118e-05 -8.146 2.36e-15 ***
Temp:t    1.476e-01  1.714e-02  8.610 < 2e-16 ***
D:t       2.670e-02  2.953e-03  9.039 < 2e-16 ***
Temp:D:Pluv 7.336e-06  9.932e-07  7.387 5.33e-13 ***
Temp:D:t  -1.213e-03  1.430e-04 -8.477 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.051 on 575 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.934, Adjusted R-squared: 0.9329
F-statistic: 903.5 on 9 and 575 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 7

```
Call:
lm(formula = Ecortev ~ Temp + D + t + Temp:D + Pluv:D + Temp:t +
  Pluv:t + D:t + Temp:Pluv:D + Temp:D:t - 1, data = datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.2801 -1.1633 -0.1385  1.2631  6.1570

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Temp      4.363e-01  5.614e-02  7.772 3.60e-14 ***
D         4.190e-01  5.455e-02  7.682 6.82e-14 ***
t        -3.554e+00  3.918e-01 -9.070 < 2e-16 ***
Temp:D   -1.742e-02  2.207e-03 -7.891 1.53e-14 ***
D:Pluv   -1.760e-04  2.161e-05 -8.144 2.39e-15 ***
Temp:t    1.506e-01  1.754e-02  8.587 < 2e-16 ***
t:Pluv    4.966e-05  6.083e-05  0.816  0.415
D:t       2.601e-02  3.072e-03  8.468 < 2e-16 ***
Temp:D:Pluv 7.241e-06  1.000e-06  7.239 1.46e-12 ***
Temp:D:t  -1.185e-03  1.471e-04 -8.050 4.78e-15 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.051 on 574 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.934, Adjusted R-squared: 0.9329
F-statistic: 812.7 on 10 and 574 DF, p-value: < 2.2e-16
```

PASO 6

APÉNDICE 6. PRINCIPALES CONSTRUCCIONES EN BAMBÚ Y GUADUA

El color de la banda superior de cada ficha corresponde al continente en donde se ha construido la edificación en bambú. El color rojo corresponde a Asia, el color azul corresponde a Europa y el color naranja corresponde a América.

PABELLÓN DE BAMBÚ VINATA

ARQUITECTOS
Vo Trong Nghia + Takashi Niwa

CONSTRUCTORA
VTN Architects

AÑO
2018

ÁREA
225 m²

LOCALIZACIÓN
Hanói - Vietnam

MATERIAL
Bambú delgado (Tam Vong)

DESCRIPCIÓN

Se planificó como un espacio comunitario en el jardín de un departamento con el fin de proporcionar un ambiente tranquilo en una zona de tolerancia en una zona urbana muy densa. El pabellón se compone de 14 módulos. Cada uno de ellos está formado por la combinación de dos estructuras de concha hiperbólica [1].

El bambú delgado (Tam Vong), que mide solo 40 - 50 milímetros de diámetro, se ensambla mediante un clavo de bambú y se aprieta con una cuerda. La estructura de bambú crea las sombras, mientras que el techo de paja suavemente curvado de 225 metros cuadrados, protege a los huéspedes de la fuerte luz solar en el área del edificio alto [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Pabellón de bambú Vinata / VTN Architects | ArchDaily Colombia," 2019. [Online]. Available: https://www.archdaily.co/co/912110/pabellon-de-bambu-vinata-vtn-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. [Accessed: 01-Nov-2019].



Las unidades de bambú con forma idéntica crean gradualmente, dando un excelente contraste en la apertura al final. La estructura es reconocible por los peatones en la calle cuyo uso se destinará como un lugar de reunión social [1].

PABELLÓN DE DEPORTES DE BAMBÚ PARA LA ESCUELA INTERNACIONAL PANYADEN

ARQUITECTOS

Markus Roselleb + Tosapon Sittiwong

CONSTRUCTORA

Chiangmai Life Construction

AÑO

2017

ÁREA

782 m²

LOCALIZACIÓN

Namprae - Tailandia

MATERIAL

Bambú delgado (Tam Vong)

DESCRIPCIÓN



El diseño se basó en la flor de loto, la Escuela Internacional Panyaden está en Tailandia y utiliza las enseñanzas budistas para inculcar valores en su plan de estudios académicos y enseñar los mecanismos subyacentes de la mente humana [1].

El diseño se basó en la flor de loto, el innovador diseño estructural se basa en un entramado prefabricado de bambú recientemente desarrollado con una extensión de más de 17 metros sin refuerzos de acero o conexiones. Estos entramados fueron pre-construidos en el sitio y se levantaron en la posición con la ayuda de una grúa [1].

El salón abarca una superficie de 782 metros cuadrados, y anfitriona el fútbol, baloncesto, voleibol y canchas de bádminton, así como un escenario que se puede levantar automáticamente. El bambú estaba bien seleccionado debido a su edad y fue tratado con sal de bórax. La expectativa de vida del pabellón de bambú es de al menos 50 años [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Pabellón de Deportes de Bambú para la Escuela Internacional Panyaden." [Online]. Available: https://www.archdaily.co/co/878637/pabellon-de-deportes-de-bambu-para-la-escuela-internacional-panyaden-chiangmai-life-construction?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. [Accessed: 01-Nov-2019].

RESTAURANTE Y BAR HAY HAY

ARQUITECTOS

VTN Architects

CONSTRUCTORA

VTN Architects

AÑO

2015

ÁREA

2224 m²

LOCALIZACIÓN

Da Nang - Vietnam

MATERIAL

Bambú nativo

DESCRIPCIÓN



El concepto del complejo es proporcionar tratamiento físico y mental a los huéspedes en un entorno amigable con la naturaleza y con actividades saludables como spa, yoga, deportes de playa [1].

La estructura principal del restaurante está diseñada por bambú. El plan rectangular del restaurante se compone de 29 columnas de bambú con forma cónica y 2 cúpulas de bambú. Todas las columnas están conectadas por el techo inclinado que consiste en bambúes rectos en el sistema de rejilla. Diseñamos la fachada de vidrio soportada por columnas de concreto en el interior para obtener un espacio que pueda cerrarse por completo para el aire acondicionado y aún así conectarse con el paisaje exterior que lo rodea [1].

El bambú utilizado en este complejo fue tratado de forma natural in situ. El proceso de tratamiento del bambú consiste en doblarse por fuego, remojarlo en agua y fumigar. Este procedimiento tomó 4 meses para lograr una mejor calidad de bambú [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Restaurante y bar Hay Hay," 2015. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/774826/hay-hay-restaurant-and-bar-vo-trong-nghia-architects>. [Accessed: 01-Nov-2019].

PABELLÓN EN EL BOSQUE

ARQUITECTOS

Eric Bunge, Mimi Hoang (Principal);
Ammr Vandal (Arquitecto de
Proyecto), Julia Chapman, Tiago
Barros, Jack Hudspeth

CONSTRUCTORA

nARCHITECTS

AÑO

2011

ÁREA

300 m²

LOCALIZACIÓN

Guangfu Township - Taiwan

MATERIAL

Bambú Amis tribe (Tribu local)

DESCRIPCIÓN

Este pabellón permite la reunión y celebración bajo sombra de los visitantes del Bosque y Parque Ecológico Da Nong Da Fu, en la provincia de Hualien. El pabellón se compone de once bóvedas construidas con bambú recién cortado. La fabricación de las estructuras de bambú fue realizada por la tribu local Amis, expertos en la construcción con este material [1].

Este nuevo espacio circular de encuentro, emerge de la tierra en una serie de once bóvedas, organizados en dos anillos alrededor de un vacío. El plan se inspira en los anillos de un árbol y las diferentes formas de las bóvedas se basan en los patrones de crecimiento de la naturaleza.[1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Pabellón en el Bosque." 2011. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/02-106364/pabellon-en-el-bosque-narchitects>. [Accessed: 01-Nov-2019].



El proyecto fue concebido en el contexto de un festival de arte organizado por la Oficina de Silvicultura de Taiwan, para aumentar la conciencia pública del bosque, en un plan del gobierno por lograr un futuro sostenible y reducir la emisión de carbono [1].

PABELLÓN DE NUBES

ARQUITECTOS

Yehao Song, Xiaojuan Chen,
Jingfen Sun, Dan Xie, Mengjia
Liu, Yingnan Chu, Haowei Yu,
Shaohang Shi

CONSTRUCTORA

Taller de SUP

AÑO

2018

ÁREA

120 m²

LOCALIZACIÓN

Haidian - China

MATERIAL

Bambú crudo nativo

DESCRIPCIÓN

El "pabellón de nubes" es una estructura de bambú construida para el "Bamboo Garden Festival" de 2018, y el proyecto fue encargado por la facultad de BJFU. Con una superficie de aproximadamente 120 metros cuadrados, el pabellón servirá como centro de información durante el festival, y se convertirá en un lugar flexible para la recreación y la reunión cuando termine el evento [1].

La digitalización se aplicó a todo el proceso de diseño y construcción, las piezas de bambú fueron prefabricadas en fábricas donde la conformación y la flexión se realizaron bajo condiciones controlables y luego se ensamblaron en el sitio [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Swirling Cloud: Bulletin Pavilion for BJFU Garden Festival." [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/913836/swirling-cloud-bulletin-pavilion-for-bjfu-garden-festival-sup-atelier>. [Accessed: 01-Nov-2019].



"Un vendaval se ha levantado y está barriendo las nubes por el cielo". Inspirado por este verso, el equipo de diseño tuvo la intención de presentar la imagen del viento ascendente y las nubes volando con la forma del pabellón [1].

NOCENO CAFÉ

ARQUITECTOS

Vo Trong Nghia, Nguyen Tat Dat

CONSTRUCTORA

VTN Architects

AÑO

2018

ÁREA

687 m²

LOCALIZACIÓN

Vinh - Vietnam

MATERIAL

Bambú nativo

DESCRIPCIÓN

Para el piso siete se cubrió la estructura de concreto existente con material de bambú, se convirtió en un elemento que crea cualidades espaciales. Debido a que el techo también está cubierto de bambú, los peatones de la ciudad pueden reconocer el espacio desde la calle. Hay 10 columnas de bambú para ocultar la estructura existente y 4 columnas adicionales, estas columnas dividen elegantemente el espacio en diferentes áreas privadas [1].

El espacio tipo cueva nunca se puede experimentar en su totalidad, pero cada lugar tiene una vista de la ciudad circundante. La cúpula y los volúmenes rectangulares en la azotea encajan en el espacio existente en forma de L. Los volúmenes rectangulares generan una vista enmarcada sobre el estadio histórico y el hermoso paisaje urbano [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Nocenco Cafe," 2018. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/896855/nocenco-cafe-vtn-architects>. [Accessed: 01-Nov-2019]



La enorme estructura de cúpula en el techo, que se puede reconocer desde cualquier lugar de la ciudad, se crea un club en la azotea como un espacio de reunión para todos los habitantes de la ciudad de Vinh [1].

EL PABELLÓN DE BAMBÚ

ARQUITECTOS

Rex Chen, Alvaro Miñé Caloto, Amelle Chuang, Heidi Wong

CONSTRUCTORA

Zuo Studio

AÑO

2018

ÁREA

1570 m²

LOCALIZACIÓN

Taichung - Taiwan

MATERIAL

bambú Moso, Makino Bamboo de Nantou y Chiayi

DESCRIPCIÓN

El Pabellón de bambú, ubicado en la cuarta área del parque Fengyuan Huludun, es una sala de exposiciones patrocinada por la Asociación Taichung Real Estate Development, el principal objetivo era combinar el beneficio social con la ingeniería y los materiales de construcción ecológicos de Taiwán. Las técnicas crean un espacio atemporal que refleja consistencia. Cuando las personas entran en el espacio, pueden sentir la tranquilidad del ambiente y el equilibrio entre arquitectura y naturaleza.

El "Pabellón de bambú" fue utilizado como una metáfora de la arquitectura, una huella, una semilla que se ha extendido y crecido, simbolizando nuestra esperanza y nuestros sueños de futuro [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] "El Pabellón de bambú – ARQA," ARQA, 2019. [Online]. Available: <https://arqa.com/arquitectura/el-pabellon-de-bambu.html>. [Accessed: 01-Nov-2019].



Se busca que el Bamboo Pavilion se vea como una semilla nacida desde la superficie del suelo, rodeado de agua en su interior y exterior [1].

SALA DE CONFERENCIA DEL RETIRO NAMAN

ARQUITECTOS

VTN Architects

CONSTRUCTORA

VTN Architects

AÑO

2015

ÁREA773 m²**LOCALIZACIÓN**

Da Nang - Vietnam

MATERIAL

bambú "Luong" y el bambú "Tam Vong"

DESCRIPCIÓN

Es una sala de forma rectangular con un techo inclinado asimétrico. La estructura de bóveda de bambú le da al edificio un aspecto icónico e impresionante. El edificio consta de 2 espacios paralelos; El pasillo cerrado y el pasillo abierto. El pasillo exterior sirve también como vestíbulo al aire libre, dando la bienvenida a los invitados [1].

La estructura principal de soporte son los marcos de bambú que superan un tramo de 13,5 m en el pasillo y 4 m en el pasillo con una altura del techo de 9,5 m. La impresión en forma de arco es creada por el bambú doblado que forma parte de la estructura principal, 3 marcos de la estructura del arco están en el exterior, abriendo la entrada ya que el espacio sirve como vestíbulo para recibir a los invitados [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colomba, "Naman Retreat Conference Hall," 2015. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/775650/naman-retreat-conference-hall-vo-trong-nghia-architects>. [Accessed: 01-Nov-2019].



Para lograr una atmósfera perfecta que permita a los huéspedes una máxima purificación y relajación del cuerpo y la mente, el complejo fue diseñado por una combinación armónica de vegetación, piedra natural y bambú [1].

THE GREEN SCHOOL

ARQUITECTOS

John y Cynthia Hardy

CONSTRUCTORA

PT Bambu

AÑO

2007

ÁREA7542 m²**LOCALIZACIÓN**

Badung - Indonesia

MATERIAL

BAMBU PETUNG (Dendrocalamus asper)

DESCRIPCIÓN

El proyecto The Green School es un gran laboratorio construido por PT Bambu y está localizado en el valle del Río Ayung en Sibang Kaja, Bali, Indonesia. Se encuentra inserto dentro un "campus sustentable", conformado además por una selva de plantas nativas y árboles que crecen junto a jardines orgánicos [1].

El campus funciona energéticamente a través de distintas fuentes, como un generador impulsado por agua y paneles solares. Los programas incorporados incluyen aulas, gimnasio, salas de reunión, habitaciones de alojamiento para la facultad, oficinas, cafeterías y baños. De esta manera, el bambú local cultivado a través de métodos sostenibles, es usado de manera innovadora y experimental, mostrando sus variadas posibilidades arquitectónicas [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colomba, "The Green School," 2010. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/610362/the-green-school-pt-bambu>. [Accessed: 01-Nov-2019].



Los proyectos motivan a las comunidades a vivir de manera sustentable. Su esfuerzo radica en mostrar a la gente cómo construir con materiales propios de su región, desarrollados a través de procesos en favor de la ecología y la sustentabilidad [1].

THE GREEN VIGALLE

ARQUITECTOS

Elora Hardy

CONSTRUCTORA

IBUKI

AÑO

2010

ÁREA

18700 m²

LOCALIZACIÓN

Indonesia

MATERIAL

Bambú petung



Dice Hardy "La creación de espacios donde la gente pueda sentirse en contacto con la naturaleza sin perturbar es un desafío de diseño emocionante para mí" [1].

DESCRIPCIÓN

Las casas de bambú están diseñadas y construidas en torno a los contornos naturales de cada parcela con vistas excepcionales al río y los volcanes de Bali. El concepto fue generar buenos espacios de vida, en la que la gente puede vivir ajustando el lujo y la comodidad a los paisajes naturales [1].

The Green School, PT Bamboo Pure, y The Green Village son las anclas principales del área de desarrollo "verde" en Bali, interconectadas entre sí para crear una zona que puede autosustentarse [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "The Green Village," 2012. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/co/02-213129/the-green-village-pt-bambu>. [Accessed: 01-Nov-2019].

KONTUM INDOCHINE CAFÉ

ARQUITECTOS

Vo Trong Nghia Architects

CONSTRUCTORA

Vo Trong Nghia Architects

AÑO

2013

ÁREA

551 m²

LOCALIZACIÓN

kontum - Vietnam

MATERIAL

Bambú nativo

DESCRIPCIÓN



Kontum Indochine Café está diseñado como parte de un complejo hotelero a orillas del río Dakbla en Kontum City. La cafetería sirve como un lugar de desayuno, cena y té para los huéspedes del hotel [1].

Situado en una parcela de esquina, el café se compone de dos elementos principales: un edificio principal con un techo horizontal grande hecho de bambú y una cocina anexa hecha de cuadros y pedras de hormigón. El techo del edificio principal se apoya en una estructura de bambú compuesta por 15 unidades en forma de cono invertido, la forma de estas columnas se inspiró en una cesta tradicional vietnamita [1].

El edificio principal es de planta rectangular y está rodeada por un lago artificial, todas las elevaciones están abiertas al aire. El espacio interior opera con éxito sin el uso de aire acondicionado, incluso en un clima tropical, el techo está cubierto por paneles de plástico reforzado con fibra y paja [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Kontum Indochine Café," 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/co/02-276298/kontum-indochine-cafe-vo-trong-nghia-architects>. [Accessed: 01-Nov-2019].

RESTAURANTE CASA LARGA DE BAMBÚ

ARQUITECTOS

Tran Ba Tiep

CONSTRUCTORA

Bambubuild

AÑO

2017

ÁREA

615 m²

LOCALIZACIÓN

Đông Hoi - Vietnam

MATERIAL

Bambú nativo

DESCRIPCIÓN



El concepto del complejo es proporcionar tratamiento físico y mental a los huéspedes en un entorno amigable con la naturaleza y con actividades saludables como spa, yoga, deportes de playa [1].

La estructura de la unidad central está hecha de bambú y conectada entre sí mediante pernos de bambú y amarre de cuerda de poliéster. Toda la estructura de marco modular fue prefabricada en el suelo antes de la construcción para lograr precisión y hacer una construcción de alta velocidad. Los marcos de bambú tienen aproximadamente 7 metros de luz, el techo en voladizo mide aproximadamente 3 metros, crea un espacio semi-exterior, entre el interior y el exterior [1].

El marco de bambú está dispuesto a lo largo del edificio, la distancia entre los marcos es de 2 metros. El rendimiento repetido de la estructura de bambú crea el ritmo del espacio interior. El restaurante refleja completamente los principios de diseño de la estructura de bambú, donde debe estar protegido de la humedad, hongos, insectos, gusanos [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. México, "Restaurante Casa Larga de Bambú," 2018. [Online]. Available: <https://www.archdaily.mx/mx/901430/restaurante-casa-larga-de-bambu-bambubuild>. [Accessed: 01-Nov-2019]

ESTALACTITA DE BAMBÚ

ARQUITECTOS

To Quang Cam, Thomas Boerendonk

CONSTRUCTORA

VTN Architects

AÑO

2018

ÁREA

290 m²

LOCALIZACIÓN

Venecia

MATERIAL

Caña de Bambú y acero vegetal

DESCRIPCIÓN



Estalactita de Bambú es un Freespace, un espacio comunitario, compartido equitativamente por todos [1].

Debido a este sentido comunitario con el que concebí el pabellón tuvo que ser un espacio fácil de realizar; esto se caracteriza por la simplicidad de la estructura y los bajos costos de producción, ya que en este espacio, se utilizó el bambú como único material. El pabellón consta de 11 módulos, cada uno está formado por la combinación de 2 estructuras hiperbólicas; las vigas estructurales para el pabellón ya se habían preparado en Vietnam [1].

Esta flexibilidad se extiende más allá de las estructuras. El bambú ayuda a crear un espacio rico en su conexión con la belleza de la naturaleza, con el sol, el viento y el mar. Por esa razón, este espacio de bambú se convierte fácilmente en un hito urbano, a pesar de su pequeño tamaño [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Estalactita de Bambú," 2018. [Online]. Available: https://www.archdaily.co/co/895993/estalactita-de-bambu-vtn-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. [Accessed: 01-Nov-2019].

TEMPLO LUUM

ARQUITECTOS

Joana Gomes, Joshua Beck, Arturo Garza Espinosa, Rodrigo Arias Lopez, Thalia Velasco, Antonio Quintero, Alberto Avilez

CONSTRUCTORA

Arquitectura.Mixta: Jaime Peña, Javier Creuheras, Arley Osorno, Farut Varon

AÑO

2019

ÁREA

250 m²

LOCALIZACIÓN

Tulum - Mexico

MATERIAL

Bambú nativo

DESCRIPCIÓN

El proyecto consta de una estructura compuesta por 5 hipérbolas de bambú. Las bóvedas se compensan mutuamente, coexistiendo en equilibrio e interdependencia estructural, una metáfora que nos invoca como sociedad a los beneficios del trabajo colaborativo. Reunidos a partir de secciones planas de bambú dobladas en el sitio, atornilladas y atadas entre sí, los elementos tejidos individuales trabajan juntos como un elemento [1].

La cubierta se compone en el exterior de una capa de Zacate (paja) típica de la región la cual protege la estructura de la lluvia y permite que respire en el clima tropical húmedo, se buscó la utilización de bambú cosechado de manera sostenible en el estado vecino de Chiapas [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Templo luum," 2019. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/co/919123/templo-luum-co-lab-design-office>. [Accessed: 01-Nov-2019].



Estalactita de Bambú es un Freespace, un espacio comunitario, compartido equitativamente por todos [1].

THE NOMADIC MUSEUM

ARQUITECTOS

Simón Vélez

CONSTRUCTORA

GIGAGRASS

AÑO

2008

ÁREA

5.130 m²

LOCALIZACIÓN

Cuauhtémoc -Mexico

MATERIAL

Angustifolia kunt

DESCRIPCIÓN

Simon Vélez diseñó el Museo Nómada para albergar la exposición de Gregory Colbert "Ashes and Snow" en 2008 para el Zócalo, Ciudad de México. Fue la estructura de bambú más grande jamás creada; la estructura ocupaba 5,130 metros cuadrados y contenía dos galerías y tres teatros distintos.

Por primera vez, el Museo Nómada incorporó el agua como elemento de diseño para recordar la historia única de la Ciudad de México, que una vez estuvo rodeada de canales. Esta elección arquitectónica honró el significado simbólico del Zócalo como el centro de México-Tenochtitlán, una ciudad fundada por los aztecas en una pequeña isla en medio del lago Texcoco en 1325 [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] "The Nomadic Museum on Architizer." [Online]. Available: <https://architizer.com/projects/the-nomadic-museum/>. [Accessed: 01-Nov-2019].



En el año 2010 fue parte del equipo del pabellón de la India en la EXPO 2010 de Shanghai, China, junto a Sarjay Prakash y Pradeep Sachdeva [1].

PABELLÓN ZERI

ARQUITECTOS

Simón Vélez

CONSTRUCTORA

GIGAGRASS

AÑO

2000

ÁREA2000 m²**LOCALIZACIÓN**

Manizales - Colombia

MATERIAL

Angustifolia kunt

DESCRIPCIÓN

El pabellón se construyó casi en su totalidad con Guadua, la especie local de bambú de Colombia, para la Fundación ZERI (Zero Emissions Research and Initiative); una estructura de Bambú, cemento reciclado, cobre y una mezcla de barro, cemento y paneles de fibra, también de Bambú. Fue la primera vez en la historia que una estructura de este material recibió un permiso de construcción en Alemania [1].

"El sistema utilizado (técnica constructiva mixta), donde la estructura está sometida a tracción, la interacción balanceada de elementos estructurales, logra que el edificio funcione y tenga estabilidad como unidad, respondiendo satisfactoriamente desde el punto de vista estructural [2].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez," 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>. [Accessed: 01-Nov-2019].

[2] E. Salas Delgado, "SIMBOLO Y BUSQUEDA DE LO PRIMITIVO," Cataluña, Universidad Técnica de Barcelona, 2006.



Estalactita de Bambú es un Freespace, un espacio comunitario, compartido equitativamente por todos [1].

SEDE PARA LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE PEREIRA - CARDER

ARQUITECTOS

Simón Vélez

CONSTRUCTORA

Simón Vélez

AÑO

2004

ÁREA1.700 m²**LOCALIZACIÓN**

Pereira - Colombia

MATERIAL

Angustifolia kunt

DESCRIPCIÓN

Se trata básicamente de una edificación de dos (2) plantas de altura, construido sobre un lote de terreno ubicado de manera aislada en las afueras de la ciudad de Pereira. El funcionamiento del sistema constructivo del edificio está concebido con base en una estructura aperturada de tipo puntual diseñada de forma modular, compuesta por 36 módulos en planta de 3.65m de ancho x 5.70m de largo, con voladizos de 2.30 metros en sus dos extremos [1].

Cada uno de los pórticos a su vez está conformado por 4 columnas en madera tipo mangle, que presenta una leve inclinación y por vigas aéreas de amarre en material ídem. Los pórticos se "clebran" en segundo piso a través de la cercha de guadua que conforma la cubierta [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez," 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>. [Accessed: 01-Nov-2019].



El edificio tiene una longitud de 87.00 metros de largo y una longitud de 16.00m de ancho. Vélez adopta la simetría como base principal de diseño para el edificio. A partir de la generación de un espacio central, el más importante [1].

PUENTE JENNY GARZÓN

ARQUITECTOS

Simón Vélez

CONSTRUCTORA

Simón Vélez

AÑO

2003

ÁREA

Longitud : 45.60 m

LOCALIZACIÓN

Bogotá - Colombia

MATERIAL

Angustifolia kunt

DESCRIPCIÓN



Se trata de un puente peatonal cubierto que está localizado a las afueras de la ciudad de Santa Fe de Bogotá capital colombiana, a la altura de la Calle 80, en la salida que de la capital conduce a la ciudad de Medellín [1].

El puente se puede definir básicamente como una gran estructura de guadua, con cubierta a dos aguas en material idem. La estructura está conformada por una "gran viga" que da forma a un arco rebajado, con una luz de 45.60m, de ancho 2.50m y una altura promedio de 3.90m, que se apoya directamente en sus extremos en dos (2) grandes pedestales de hormigón armado, este apoyo funciona como un sistema estructural simplemente articulado. [1].

Para esto se debieron realizar las uniones con guaduas de longitudes de 10m o 12m, dichas uniones se realizaron inyectando mortero de cemento y con varillas de hierro de ½" donde se producen dichas uniones [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez," 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>. [Accessed: 01-Nov-2019].

IGLESIA EN PEREIRA

ARQUITECTOS

Simón Vélez

CONSTRUCTORA

Simón Vélez

AÑO

2000

ÁREA

2000 m²

LOCALIZACIÓN

Pereira - Colombia

MATERIAL

Angustifolia kunt

DESCRIPCIÓN



El sistema constructivo utilizado en la iglesia, se puede definir como un sistema de tipo puntal simple, cuyo material principal es la guadua, en su construcción no se utilizó ningún otro de madera.

Para el diseño del edificio Simón Vélez partió del principio de simetría, a partir de la proyección en planta de tres (3) grandes naves, una central de 14.50 metros de ancho con 60 metros de profundidad y dos (2) naves menores laterales de 4.80 metros de ancho y 60 metros de profundidad. Las tres (3) naves unidas conforman un gran arco ojival rebajado, el arco da forma al edificio y a la cubierta que está solucionada a dos (2) aguas en forma de arco igualmente [1].

Se trata de una estructura diseñada como un sistema aporricado, concebida para que trabaje como una "unidad" desde la cimentación hasta la cubierta. Los pórticos están dispuestos cada cuatro (4) metros, conformándose cada uno por la unión de cinco (5) columnas de guadua, formando su unión una "estructura tridimensional" [1].

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Colombia, "Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez," 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.co/co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>. [Accessed: 01-Nov-2019].

