

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAL



TESIS DE GRADO

TEMA:

**“USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO
PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS MANUAL
ESTÁNDAR”**

Línea de Investigación

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero en Industrial

Autores:

Moreno Chasi David Israel

Terán Herrera Julio César

Director:

Ing. Plaza Tapia Gustavo Adolfo

Latacunga - Ecuador

Noviembre del 2013

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, MORENO CHASI DAVID ISRAEL Y TERÁN HERRERA JULIO CÉSAR; declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentada en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en éste documento. A través de la presente declaración, cedo nuestro derecho de propiedad intelectual correspondiente a lo desarrollado en éste trabajo, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, según lo establecido con la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y por su normativa institucional vigente.

.....

Moreno Chasi David Israel

050261314-4

.....

Terán Herrera Julio César

050335376-5

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS MANUAL ESTÁNDAR”, de MORENO CHASI DAVID ISRAEL y TERÁN HERRERA JULIO CÉSAR, postulantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que la presente tesis cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Noviembre del 2013

.....

Ing. Gustavo Plaza

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sentido sentimiento de agradecimiento primero a Dios por darnos la vida, fortaleza y sabiduría en esta etapa de nuestras vidas, a cada de uno de los docentes, los cuales supieron compartir sus conocimientos y experiencias, logrando motivar nuestra curiosidad y sentido de investigación. De la misma manera a las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes apoyaron sin dudar a nuestro desarrollo estudiantil, impulsando la creatividad y reconociendo el esfuerzo de toda una comunidad utecina.

Al Ing. Gustavo Plaza, quien estuvo junto a nosotros y fue el gestor intelectual para que pudiéramos estar presentes en múltiples eventos académicos, logrando con ello que trabajemos con criterios de sostenibilidad y sustentabilidad.

David

Julio

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, va dedicado para todas aquellas personas que diariamente luchan por conseguir un espacio en la sociedad, siendo un ejemplo de superación para todo el entorno que tal vez ignoremos su realidad pero que nos han demostrado que con esfuerzo se puede lograr los objetivos planteados por más duros que estos sean.

A todos los nuevos investigadores que vienen detrás, esperamos que les sirva los datos generados a lo largo de este trabajo, para que puedan llegar a generar nuevas conclusiones y proyectos.

David

Julio

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 <i>Silla de ruedas</i>	1
1.1.1 <i>Antecedentes</i>	2
1.1.2 <i>Tipos de sillas de ruedas</i>	2
1.1.3 <i>Partes de la silla de ruedas</i>	10
1.2 <i>Materiales estructurales</i>	18
1.2.1 <i>Hormigón armado</i>	19
1.2.2 <i>Acero</i>	20
1.2.3 <i>Mampostería</i>	21
1.2.4 <i>Madera</i>	21
1.2.5 <i>Aluminio</i>	22
1.2.6 <i>Bambú</i>	23
1.3 <i>Resistencia de materiales</i>	23
1.3.1 <i>Esfuerzo</i>	24
1.4 <i>Bambú</i>	25
1.4.1 <i>Características forestales del bambú</i>	26
1.4.2 <i>Usos y aplicaciones del bambú</i>	27
1.4.3 <i>Bambú en el Ecuador</i>	30
1.5 <i>Software de simulación mecánica</i>	33
1.5.1 <i>ETABS</i>	33
1.5.2 <i>Solid Works 2013</i>	33
CAPÍTULO II.....	34
2.1. <i>Metodología aplicada</i>	34
2.2 <i>Análisis e interpretación de resultados</i>	36
2.2.1 <i>Consulta realizada a los profesionales expertos en el manejo del bambú</i> . 37	
2.2.2 <i>Encuesta realizada las personas parapléjicas registradas en ADICO</i>	48
2.3. <i>Verificación de la hipótesis</i>	56
2.3.1 <i>Cálculo de las frecuencias esperadas (fe)</i>	57

2.3.2	<i>Cálculo del chi cuadrado</i>	57
2.3.3	<i>Cálculo del grado de libertad (gl)</i>	58
	CAPÍTULO III.....	60
	PROPUESTA	60
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS MANUAL ESTÁNDAR CON ESTRUCTURA DE BAMBÚ	60
3.1	<i>Propuesta</i>	60
3.2	<i>Presentación</i>	60
3.3	<i>Objetivo</i>	61
3.3.1	<i>Objetivo general</i>	61
3.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	61
3.3	<i>Factibilidad</i>	61
3.4	<i>Impacto</i>	62
3.5	<i>Materia Prima</i>	62
3.5.1	<i>Ficha técnica de la especie de bambú</i>	62
3.5.2	<i>Edad de cosecha</i>	63
3.5.3	<i>Corte</i>	63
3.5.4	<i>El "curado" en la plantación o bosque</i>	64
3.6	<i>Preparación del material para probetas</i>	65
3.6.1	<i>Preservación de la caña</i>	65
3.6.2	<i>Termo escalas de prueba del material</i>	66
3.6.3	<i>Visualización del tratamiento de calor</i>	70
3.7	<i>Selección de probetas</i>	71
3.7.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	71
3.7.2	<i>Cálculo de resistencia a flexión</i>	75
3.7.3	<i>Resistencia al cizallamiento</i>	77
3.8	<i>Diseño y cálculo estructural</i>	80
3.8.1	<i>Criterios para el diseño</i>	80
3.8.2	<i>Ergonomía del diseño</i>	90
3.8.3	<i>Medidas finales de la silla de ruedas</i>	96
3.9	<i>Cálculo de cargas en la estructura</i>	97

3.9.1	<i>Descripción de la estructura</i>	97
3.9.2	<i>Análisis de la estructura de bambú</i>	100
3.9.3	<i>Determinación de resultados</i>	101
3.10	<i>Proceso de fabricación</i>	105
3.10.1	<i>Almacenaje de la materia prima</i>	107
3.10.2	<i>Corte de la materia prima</i>	108
3.10.3	<i>Inspección del corte</i>	109
3.10.4	<i>Fabricación de uniones</i>	111
3.10.5	<i>Ensamble de uniones</i>	113
3.10.6	<i>Fabricación de guías</i>	114
3.10.7	<i>Ensamble de la estructura</i>	116
3.10.8	<i>Inspección dimensional</i>	118
3.10.9	<i>Fibración de uniones</i>	120
3.10.10	<i>Nodación de las uniones</i>	122
3.10.11	<i>Sellado de la estructura</i>	124
3.10.12	<i>Ensamble de ruedas posteriores</i>	126
3.10.13	<i>Ensamble de ruedas delanteras</i>	128
3.10.14	<i>Ensamble de los reposapiés</i>	130
3.10.15	<i>Ensamble del asiento, espaldar, apoyabrazos y frenos</i>	132
3.10.16	<i>Inspección final</i>	134
3.11	<i>Análisis económico</i>	135
3.11.1	<i>Costos de los materiales en bruto y accesorios de la silla</i>	135
3.11.2	<i>Costos para la fabricación de un prototipo</i>	136
3.11.3	<i>Costo del prototipo por lote de producción</i>	139
3.11.4	<i>Relación de costos entre sillas de ruedas</i>	140
3.12	<i>Análisis de resultados</i>	142
CONCLUSIONES		144
RECOMENDACIONES		145
BIBLIOGRAFÍA		146
ANEXOS		149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA	37
Tabla 2. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA	38
Tabla 3. ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA	39
Tabla 4. ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA.....	40
Tabla 5. ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA	41
Tabla 6. ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA	42
Tabla 7. ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	43
Tabla 8. ANÁLISIS DE LA OCTAVA PREGUNTA.....	44
Tabla 9. ANÁLISIS DE LA NOVENA PREGUNTA	45
Tabla 10. ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PREGUNTA	46
Tabla 11. ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PRIMERA PREGUNTA	47
Tabla 12. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LAS PERSONAS PARAPLÉJICAS REGISTRADAS EN ADICO.....	48
Tabla 13. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA.....	49
Tabla 14. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA	50
Tabla 15. ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA	51
Tabla 16. ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA.....	52
Tabla 17. ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA.....	53
Tabla 18. ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA	54
Tabla 19. ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	55
Tabla 20 RESUMEN DE NÚMERO ENCUESTAS	56
Tabla 21 TABULACIÓN DE ENCUESTAS EMPLEADAS	56
Tabla 22. RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (fo).....	56
Tabla 23. RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (fe).....	57
Tabla 24. RESULTADO DE CHI CUADRADO	58
Tabla 25. FICHA TÉCNICA DE LA ESPECIE DE BAMBÚ	62
Tabla 26. GENERALIDADES DE LA ESPECIE	71
Tabla 27. RESULTADOS DE COMPRESIÓN.....	74
Tabla 28. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN	77

Tabla 29. RESULTADOS DE CORTE	80
Tabla 30. CARTA ANTROPOMÉTRICA	96
Tabla 31. MEDIAS MÁXIMAS DE LA SILLA	96
Tabla 32. MATERIA PRIMA	107
Tabla 33. PROCESO DE CORTE.....	108
Tabla 34. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DE CORTE.....	109
Tabla 35. INSPECCIÓN DE LOS CORTES	110
Tabla 36. DIAGRAMA (INSPECCIÓN DE CORTE).....	111
Tabla 37. FABRICACIÓN DE UNIONES.....	111
Tabla 38. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ELABORACIÓN DE.	112
Tabla 39. ENSAMBLE DE UNIONES	113
Tabla 40. FLUJO GRAMA DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE UNIONES) .	114
Tabla 41. GUÍAS DE DESLIZAMIENTO	115
Tabla 42. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (GUÍAS)	116
Tabla 43. TORNILLOS DE ENSAMBLE.....	117
Tabla 44. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA).....	118
Tabla 45. INSPECCIÓN DIMENSIONAL	119
Tabla 46. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (REVISIÓN DIMENSIONAL DEL MARCO).....	120
Tabla 47. FIBRACIÓN DE UNIONES	121
Tabla 48. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (FIBREADO DE UNIONES).....	122
Tabla 49. NUDACIÓN DE UNIONES	123
Tabla 50. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (NUDACIÓN DE UNIONES).....	124
Tabla 51. SELLADO DEL MARCO DE LA SILLA.....	125
Tabla 52. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (SELLADO DE LA ESTRUCTURA).....	126
Tabla 53. ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES	127

Tabla 54. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES)	128
Tabla 55. ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS	129
Tabla 56. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS)	130
Tabla 57. ENSAMBLE DE REPOSAPIÉS	131
Tabla 58. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE REPOSAPIÉS)	132
Tabla 59. ENSAMBLE DE ACCESORIOS	133
Tabla 60. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE LOS ACCESORIOS)	134
Tabla 61. CHECK LIST FINAL	135
Tabla 62. COSTO DE LA MATERIA PRIMA EN BRUTO	136
Tabla 63. ACCESORIOS DEL PROTOTIPO	136
Tabla 64. COSTO UNITARIO DE MATERIAS PRIMAS POR SILLA	137
Tabla 65. COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA	137
Tabla 66. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	138
Tabla 67. COSTO DE VENTA DEL PROTOTIPO.....	138
Tabla 68. COSTO DE LA MATERIA PRIMA	139
Tabla 69. COSTO UNITARIOS DE LOS ACCESORIOS POR 100 UNIDADES	139
Tabla 70. COSTO DE VENTA DEL PROTOTIPO EN PRODUCCIÓN	140
Tabla 71. OFERTAS DE SILLA DE RUEDAS MANUAL STANDARD DE ACERO EN EL MERCADO	141
Tabla 72. CUADRO COMPARATIVO DE OFERTAS	142
Tabla 73. CHECK LIST PARÁMETROS FINALES	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. SILLA DE RUEDAS.....	1
Figura 2. SILLA DE RUEDAS MANUAL	4
Figura 3. SILLA DE RUEDAS PARA TRÁNSITO	4
Figura 4. SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA	5
Figura 5. SILLAS TIPO SCOOTER	6
Figura 6. SILLA PARA DEPORTES	7
Figura 7. SILLA PARA PARARSE	7
Figura 8. SILLA DE RUEDAS QUE SUBEN ESCALERAS.....	8
Figura 9. SILLA DE RUEDAS PARA LA PLAYA	9
Figura 10. SILLA DE RUEDAS BARIÁTRICA.....	9
Figura 11. SILLA DE RUEDAS PEDIÁTRICA	10
Figura 12. SILLAS DE RUEDAS CON ARMAZÓN PLEGABLE Y RÍGIDO.....	11
Figura 13. TIPOS DE RUEDAS DELANTERAS	13
Figura 14. TIPO DE CUBIERTAS PARA RUEDAS TRASERAS	14
Figura 15. TIPOS DE AROS PARA RUEDAS TRASERAS.	15
Figura 16. AROS CON PROYECCIONES	16
Figura 17. FRENO DE MANO CON ZAPATA.....	16
Figura 18.REPOSABRAZOS.....	17
Figura 19. REPOSAPIÉS Y PLATAFORMAS ELEVABLES (IZQUIERDA) Y REPOSAPIÉS NORMALES (DERECHA).....	18
Figura 20. HORMIGÓN ARMADO	19
Figura 21. PERFILERÍA EN ACERO A-36.....	20
Figura 22. MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	21
Figura 23. VIVIENDA DE MADERA.....	22
Figura 24. PERFIL DE ALUMINIO	22
Figura 25. CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ	23
Figura 26. BROTE DE BAMBÚ.....	27
Figura 27. ARTESANÍAS EN BAMBÚ	28
Figura 28. CUBIERTA DE BAMBÚ	29

Figura 29. LÁMINAS DE BAMBÚ	29
Figura 30. VISUALIZACIÓN DEL BAMBÚ A DIFERENTES TEMPERATURAS	70
Figura 31. ALCANCE DE PROPULSIÓN.....	81
Figura 32 ALTURA DE RUEDAS	82
Figura 33 POSICIÓN DE RUEDAS HORIZONTALES	82
Figura 34. DISTINTOS ÁNGULOS DE LAS RUEDAS TRASERAS	84
Figura 35. ASIENTO DEMASIADO ANCHO	84
Figura 36. ASIENTO DEMASIADO CORTO	85
Figura 37. ASIENTO DEMASIADO LARGO.....	85
Figura 38. ASIENTO ÓPTIMO	86
Figura 39. REPOSAPIÉS DEMASIADO BAJO	87
Figura 40. REPOSAPIÉS DEMASIADO ALTO.....	87
Figura 41. RESPALDO ÓPTIMO	88
Figura 42. INCORRECTO	89
Figura 43. INCORRECTO.....	89
Figura 44. ÁNGULO CORRECTO.....	90
Figura 45. FORMA DE MEDIR LA ANCHURA PÉLVICA	91
Figura 46. LONGITUD DEL MUSLO.....	93
Figura 47. LONGITUD DE PANTORRILLA.....	94
Figura 48. ALTURA DEL RESPALDO.....	95
Figura 49. GEOMETRÍA DE ARMADO SILLA ESPECIAL EN BAMBÚ.....	97
Figura 50. SECCIÓN TRANSVERSAL CON UN DIÁMETRO DE 3.5 CM Y UN ESPESOR DEL TALLO DE 4 MM.	98
Figura 51. SECCIÓN DE TUBO EN BAMBÚ 1	98
Figura 52. DATOS GEOMÉTRICOS GENERADOS	99
Figura 53. DATOS GEOMÉTRICOS GENERADOS 2	99
Figura 54. PROPIEDADES FÍSICAS	100
Figura 55. DIAGRAMAS DE CORTE, FLEXIÓN Y VALORES DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES EN LAS BARRAS.	101

Figura 56. DIAGRAMAS DE CORTE Y FLEXIÓN Y VALORES DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES EN LA BARRA DE ASIENTO.....	101
Figura 57. CARGAS A COMPRESIÓN	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. REPRESENTACIÓN DE LA PRIMERA PREGUNTA	37
Gráfico 2. REPRESENTACIÓN DE LA SEGUNDA PREGUNTA	38
Gráfico 3. REPRESENTACIÓN DE LA TERCERA PREGUNTA	39
Gráfico 4. REPRESENTACIÓN DE LA CUARTA PREGUNTA.....	40
Gráfico 5. REPRESENTACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA.....	41
Gráfico 6. REPRESENTACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA.....	42
Gráfico 7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	43
Gráfico 8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	44
Gráfico 9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA NOVENA PREGUNTA	45
Gráfico 10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DECIMA PREGUNTA	46
Gráfico 11. REPRESENTACIÓN DE LA DÉCIMA PRIMERA PREGUNTA	47
Gráfico 12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA	49
Gráfico 13. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA ...	50
Gráfico 14. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA	51
Gráfico 15. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CUARTA PREGUNTA.....	52
Gráfico 16. REPRESENTACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA.....	53
Gráfico 17. REPRESENTACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA	54
Gráfico 18. REPRESENTACIÓN DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	55
Gráfico 19. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ	66
Gráfico 20. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 150 °C	68
Gráfico 21. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 175 °C	68
Gráfico 22. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 200°C	69
Gráfico 23. DIAGRAMA DE EULER	103

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS MANUAL ESTÁNDAR”

Autores: Moreno Chasi David Israel
Terán Herrera Julio César

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, permitió generar nuevas perspectivas hacia la posibilidad de realizar una producción nacional de sillas de ruedas que pueda satisfacer la demanda actual. Identificó los diferentes materiales para la construcción de estructuras, concluyendo así que el bambú ofrecía las cualidades adecuadas para conseguir los objetivos deseados, tanto en resistencia, durabilidad, y bajo costo. Se estudió al material en sus condiciones tratadas y curadas respectivamente para conocer los límites admisibles de esfuerzos mecánicos, previo a un diseño ergonómico se construyó el nuevo modelo de silla de ruedas con estructura de bambú tomando en cuenta las diferentes necesidades de un grupo de personas que a diario tienen que movilizarse utilizando este medio. Para finalizar con un análisis financiero, el mismo que permitió deducir los costos más significativos de la silla de ruedas, datos que sirvieron para realizar ajustes a los costos finales estimulando a que la producción se lo haga por lotes para poder minimizar los costos de producción con la finalidad de que sea más accesible para las personas que necesitan este tipo de ayuda técnica para su movilidad.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ACADEMIC UNIT OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

TOPIC: “USE OF BAMBOO AS ALTERNATIVE MATERIAL FOR THE DESIGN AND THE CONSTRUCT OF A PROTOTYPE OF STANDARD MANUAL WHEELCHAIR”

Authors: Moreno Chasi David Israel
Terán Herrera Julio César

ABSTRACT

The present investigative work, it allowed generating new perspectives towards the possibility of performing a national production of wheelchairs that can satisfy the demand. This investigation identified the different materials for building structures, concluding that bamboo offered the right qualities to achieve the desired goals, both in strength, durability, and low cost. The material was studied in its conditions treated and cured respectively for knowing the limits mechanical, previous to an ergonomic design; the new model of wheelchair was built with bamboo structure, taking into account the different needs of a group of people who has to move using this means of transport every day. Finally the financial analysis allowed deducting the most significant costs wheelchair. Data was used to make adjustments to the final costs encouraging that production will be in order to minimize the production cost in order to make it more accessible for people who need this type of support.

INTRODUCCIÓN

El mundo está trascendiendo día a día con nuevos avances tecnológicos dentro del campo de la construcción, tal es así que se van generando nuevas investigaciones que formen parte de la solución a problemas de diseño y construcción de diferentes formas de estructuras.

En nuestro país se encuentra en auge las ideas de fomentar nuevas formas de matriz productiva, el petróleo, que es una fuente de energía no renovable, y que es la primera fuente de ingresos del país está por terminarse, es deber y estamos en nuestro derecho, el poder iniciar con investigación de nuevas formas de promover la innovación y emprender nuevos retos que puedan solucionar la problemática económica y social que el país tanto lo necesita, es por ello que se ha tomado al bambú como un material que puede llegar a generar una revolución dentro de la ingeniería ya que soporta grande esfuerzos mecánicos y su aplicabilidad es amplia.

La silla de ruedas es una ayuda técnica para personas que tienen su movilidad limitada y que por una u otra razón dependen de ella, la silla de ruedas que se diseñó, se trata de una silla de ruedas manual estándar que usualmente se los ve en aeropuertos y hospitales y que también mucha gente hemipléjica la utiliza a diario por su bajo costo.

La silla de ruedas diseñada con estructura de bambú, posee características de resistencia por los elementos que la conforma, comodidad para los usuarios seguridad al manejo y durabilidad según los estándares internacionales, ya que se ha realizado bajo los parámetros establecidos en la normativa vigente ISO 7176.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Silla de ruedas

Se considera a la silla de ruedas una ayuda técnica conformada de un chasis al cual se le adapta unas entre tres o cuatro ruedas para facilitar su traslado.

Estas sillas están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas las cuales, su capacidad de movilidad es reducida. Casi todos los modelos de sillas son altamente adaptables: tamaño, posición de asiento, respaldo, apoyabrazos, apoyapiés regulables y extraíbles, como se puede apreciar en la **Figura 1**.

Figura 1. SILLA DE RUEDAS



Fuente: Biomecánica de la silla de ruedas

1.1.1 Antecedentes

(CHAIRDEX, 2010) Dice que: “Los traumas y enfermedades han creado una necesidad por sillas de ruedas que se extiende muchos años hacia atrás. Algunos comentadores incluso han sugerido que como la evidencia más antigua de sillas y ruedas data de alrededor de 4000 años AC, es posible que las dos fueran combinadas para hacer una silla con ruedas hasta seis mil años atrás. La primera prueba clara de una silla de ruedas, sin embargo, es de una imagen china grabada en 525 DC.”

A partir de los primeros indicios de aparición de la silla de ruedas, siglo a siglo continuaban registrándose nuevas mejoras en los diseños finales, algunas tenían cuatro ruedas pero no eran autopropulsadas y otras de tres ruedas que se acoplaban para que el usuario pueda ser autosuficiente al momento de ir al baño.

Se concluye que hoy en día existe gran variedad de diseños de sillas de ruedas, desde modelos convencionales autopropulsadas, hasta sillas de ruedas automáticamente dirigidas, diseñadas en diferente tipo de material y con diversos costos que van desde los 200 dólares americanos, hasta los 10000 dólares americanos.

Las sillas de ruedas han ido evolucionando a través del tiempo realizando mejoras conforme las investigaciones y las necesidades así lo han pedido, tal es el avance que en la actualidad se pueden encontrar un gran variedad de modelos de sillas de ruedas, dependiendo de su aplicación y el tipo de usuario.

1.1.2 Tipos de sillas de ruedas

(CHAIRDEX, 2010) Dice que: “El rango de sillas de ruedas refleja la demanda para cubrir necesidades individuales.”

Para los tesisistas, cada diseño de silla de ruedas está sujeto a satisfacer las necesidades del usuario dependiendo de su grado de necesidad y entorno al cual estará siendo utilizada dicha silla. Para aclarar dicho argumento, se detalla a continuación diferentes tipos de sillas de ruedas que fácilmente se podrá encontrar en el mercado.

a) Silla de ruedas manuales.

Como su nombre mismo lo sugiere, las sillas de ruedas manuales son aquellas movidas por el usuario o un ayudante. Las sillas propulsadas por uno mismo usualmente tienen ruedas traseras de entre 20 y 26 pulgadas de diámetro fijadas a un eje y posicionadas de forma que los usuarios pueden moverlas empujando hacia abajo o tirando hacia arriba las agarraderas. Por eso los usuarios pueden viajar hacia adelante y hacia atrás a velocidades dictadas por la cantidad de fuerza que son capaces de aplicar.

Controlando los bordes para empujar, los usuarios también pueden girar a la izquierda o a la derecha y sortear pequeñas depresiones y subidas que se encuentren por delante. Para operar sillas de ruedas manuales exitosamente, sin embargo, los usuarios deben tener un buen estándar de habilidad muscular y coordinación en sus brazos y hombros. Estas sillas poseen elementos accionadores de frenos manuales por palanca, esto permite al usuario trabar las ruedas posteriores para obtener una rigidez permitiéndole realizar actividades con las extremidades superiores.

Métodos alternativos de propulsión incluyen pedales para los pies y palancas accionadas con la mano. En la **Figura 2** se puede apreciar de mejor manera la constitución de éste tipo de sillas.

Figura 2. SILLA DE RUEDAS MANUAL



Fuente: Discapacidad online

b) Sillas de ruedas para tránsito

Las sillas manuales para tránsito generalmente tienen ruedas traseras pequeñas sin bordes para empujar. Estas sillas de ruedas son más probablemente vistas en edificios como aeropuertos y hospitales donde los porteros actúan como ayudantes.

Figura 3. SILLA DE RUEDAS PARA TRÁNSITO



Fuente: Solipadris

c) Silla de ruedas eléctricas

Las sillas de ruedas eléctricas, son ideales para cualquiera que no posea la fuerza o la habilidad para poder maniobrar una silla de ruedas manual.

Las baterías recargables montadas bajo el asiento alimentan la energía para los motores eléctricos que impulsan dos o bien las cuatro ruedas. Como con los autos, los diferentes arreglos de tracción determinan la forma en que la silla de ruedas se mueve y maniobra. Existen opciones para manejar la dirección y velocidad de las sillas de ruedas eléctricas. Muchas tienen una pequeña unidad de mando tipo joystick que se monta al final de un reposabrazos. El nivel de discapacidad experimentado por los usuarios de sillas de ruedas eléctricas también se refleja en el diseño de otras características. Éstas incluyen: mecanismos de giro, respaldos reclinables y elevadores para asiento, piernas o brazos. La mayoría de estas funciones son controladas por pequeños motores eléctricos como se puede apreciar en la **Figura 4** y permite a los usuarios sentirse tan confortables como sea posible en la silla.

Figura 4. SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA



Fuente: Visionfarma

d) Sillas tipo scooter

Las sillas tipo scooter tienen cuatro pequeñas ruedas que se extienden desde una plataforma baja. El tipo de silla montada sobre esta plataforma varía de acuerdo con la discapacidad y las necesidades del usuario, algunas incluso son modeladas a partir de un molde tomado de la postura más apropiada del usuario sentado.

El problema con este tipo de sillas es que no es recomendable para personas con discapacidades graves ya que el usuario debe ir en una posición rígida aunque una de las ventajas de esta es que el usuario puede subirse por cualquiera de los lados como claramente se puede apreciar en la **Figura 5**

Figura 5. SILLAS TIPO SCOOTER



Fuente: Fisaude

e) Silla para deportes

Desde los 1970s, los atletas discapacitados han tenido una colección de sillas de ruedas especiales en aumento para ayudarles a alcanzar lo mejor de su deporte elegido y con ello poder ser más competitivos como se muestra en la **Figura 6** Estas sillas pueden lucir muy diferentes entre sí, pero lo que usualmente tienen en común lo siguiente:

- marcos livianos hechos de materiales compuestos
- solidez
- estabilidad mejorada para giros bruscos

Figura 6. SILLA PARA DEPORTES



Fuente: China Suppliers

f) Silla de ruedas para pararse

Las sillas de ruedas para pararse están ajustadas con una bomba hidráulica que permite que usuario pueda adoptar una posición vertical, obteniendo con ello que el usuario pueda alcanzar objetos que se encuentran demasiado altos, este tipo de sillas se representa en la **Figura 7**

Figura 7. SILLA PARA PARARSE



Fuente: Ortosoluciones

g) Silla de ruedas que suben escaleras

Subir escaleras es el máximo desafío para una silla de ruedas, y existe un número de soluciones disponibles.

La mayoría de las sillas de ruedas que suben escaleras aun necesitan un tercero que actúe como auxiliar. Alternativamente, el usuario de silla de ruedas debe ser capaz de agarrar un pasamano adecuado. Sin embargo hoy por hoy se han adecuado las sillas de ruedas a diferente mecanismo que permiten, que las mismas puedan sortear este obstáculo. En la **Figura 8** se muestra un ejemplo de lo anteriormente mencionado.

Figura 8. SILLA DE RUEDAS QUE SUBEN ESCALERAS



Fuente: Mundo elevación

h) Silla de ruedas para la playa

Una silla de ruedas para la playa es inmediatamente reconocida por sus anchas ruedas como claramente se puede apreciar en la **Figura 9** que le permiten andar suavemente en la arena sin hundirse. Algunos de los balnearios ahora ofrecen este tipo de sillas de ruedas que permite a los usuarios de las mismas a que puedan entrar con el ambiente playero de mejor manera.

Figura 9. SILLA DE RUEDAS PARA LA PLAYA



Fuente: Ortojosbel

i) Silla de ruedas bariátricas

Las sillas de ruedas convencionales no pueden soportar en forma segura pesos mayores a 250 libras. Sin embargo, una silla bariátrica se encuentra diseñada de tal forma que pueda ser utilizada por usuarios con problemas de obesidad ya que soporta pesos de hasta 1000 libras. En la **Figura 10** se muestra claramente este tipo de variante.

Figura 10. SILLA DE RUEDAS BARIÁTRICA



Fuente: n'eventum

j) Silla de ruedas pediátrica

Las sillas de ruedas pediátricas están diseñadas para niños discapacitados. Las sillas no sólo son más pequeñas que los equivalentes convencionales; pueden ser ajustadas en algunas instancias para dar a los niños la máxima libertad para sentarse, reclinarse, y recostarse.

Figura 11. SILLA DE RUEDAS PEDIÁTRICA



Fuente: Melodía importaciones

1.1.3 Partes de la silla de ruedas

Según, (Medical, 2008) dice que: “Para poder ajustar correctamente una silla de ruedas a las necesidades de su usuario, es importante conocer la extensa gama de posibilidades que existen en los distintos componentes de una silla de ruedas. De esta formase puede elegir en cada componente, el que mejor se adapte al usuario y así potenciar al máximo su funcionalidad en la silla.”

Para los postulantes, es necesario conocer acerca de los componentes de la silla de ruedas ya que proporcionará datos muy útiles para el posterior diseño del prototipo, y permitirá tomar decisiones que a la postre podrían ser de mucha utilidad para la optimización de recursos.

Es por eso que se analizará uno a uno los diferentes componentes de una silla de ruedas manual estándar.

a) Estructura (Armazón)

El armazón de una silla de ruedas puede ser rígido (fijo), o plegable. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5 - 8% del impulso).

Esto es debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que presenta el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable. Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y guardar al ocupar menos espacio cuando se encuentre plegada. Estos 2 tipos se muestran en la **Figura 12**.

Figura 12. SILLAS DE RUEDAS CON ARMAZÓN PLEGABLE Y RÍGIDO



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

b) Material

La composición del armazón es un factor clave en la funcionalidad de la silla. El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más barato. Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más cara. También se pueden encontrar armazones realizados en materiales muy ligeros como titanio y carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado.

c) Ruedas delanteras

Tamaño

Puede ir desde los 75 mm de diámetro hasta 200 mm de las ruedas delanteras. Al ser más pequeñas, éstas facilitan la maniobrabilidad del giro además de reducir el rozamiento, siendo adecuadas para interiores. Así por ejemplo las de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista.

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelo irregular, ya que resulta más fácil librar obstáculos y no se clavan en el terreno. La selección intermedia para exterior e interior es la rueda de 150 mm. Siempre que se varié el tamaño de la rueda delantera, es necesario ajustar la horquilla. El eje de giro de la horquilla debe de estar siempre a 90° con el suelo.

Estas ruedas están hechas de una estructura de plástico resistente obteniendo una resistencia a las vibraciones que se generan al movilizarse. En la **Figura 13** se muestran 2 tipos de ruedas delanteras, la primera es de 75 mm y la segunda de 200 mm.

Figura 13. TIPOS DE RUEDAS DELANTERAS



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

Cubiertas

- **Neumáticas:** amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento (se pueden pinchar y hay que hincharlas).
- **Macizas:** Resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento.

d) Ruedas traseras

Tamaño

La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro. (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 22" (550mm) o 20" (500mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pie. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 650 mm (26") se utilizan para personas muy altas y para deportes.

El tamaño de las ruedas dependerá del uso que se vaya a dar a la silla así mismo del tipo de usuario que la vaya a utilizar, ya que no serán las mismas condiciones de limitación entre una persona y otra.

Cubiertas

- **Macizas:** Ofrecen menor resistencia al rodar, y no requieren mantenimiento, pero son más pesadas y de conducción más dura al no amortiguar los accidentes del terreno por lo que su uso puede ocasionar otro tipo de lesiones. Tienen dificultad para el agarre en pendientes.
- **Inserto sólido:** Son un intermedio entre las macizas y las neumáticas. No requieren mantenimiento, presentan mejor agarre que las macizas en superficies mojadas, aunque no amortiguan tanto como las neumáticas y pesan algo más que éstas.
- **Neumáticas:** Son de conducción más cómoda porque amortiguan los accidentes del terreno y presentan un buen agarre en la mayoría de las superficies. Son las más ligeras. Como inconveniente tienen que requieren algo más de fuerza para propulsarlas al ser más blandas y requieren mantenimiento (se pueden pinchar, y hay que hincharlas y vigilar la presión de aire para mantener su rendimiento).

Los diferentes tipos de ruedas traseras existentes se indican en la **Figura 14**

Figura 14. TIPO DE CUBIERTAS PARA RUEDAS TRASERAS



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

e) Aros

- **Aros de plástico:** apenas requieren mantenimiento, pero pesan más que las ruedas de radios.
- **Aros de aluminio:** Resulta más ligera que la de plástico, y absorbe mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte.

En la **Figura 15** se ejemplifica los tipos de aros mencionados.

Figura 15. TIPOS DE AROS PARA RUEDAS TRASERAS.



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

f) Aros de empuje

Pueden ser de aluminio, acero (que es más pesado pero resbala menos), titanio (muy ligeros), o recubiertos de plástico. Estos aros de agarre en especial los recubiertos de pvc rígido poseen en su cuerpo unos canales semi curvos los cuales son diseñados para aumentar la adherencia de la palma de la mano hacia el mismo elevando la eficiencia de usuario al momento de la movilidad. Además del material, existen aros con proyecciones para facilitar el agarre por parte de personas con poca movilidad en las extremidades superiores como se muestra en la **Figura 16**.

Figura 16. AROS CON PROYECCIONES



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

g) Frenos

Los frenos más comunes son los frenos con zapata. Son de montaje alto, se anclan al tubo que queda por debajo del asiento, y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás según el tipo de diseño para la mejor adaptabilidad del usuario. Su función principal es trabar las ruedas posteriores brindándole al usuario seguridad en determinadas actividades las cuales requiere el uso de las extremidades superiores sin movilidad de la silla. En la **Figura 17** se presenta el freno de mano con zapata.

Figura 17. FRENO DE MANO CON ZAPATA



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

h) Reposabrazos

Hay varios tipos de reposabrazos como se indica en la **Figura 18** Pueden ser desmontables, o abatibles hacia atrás. Con distintas longitudes del almohadillado (normal o largo).

Figura 18.REPOSABRAZOS



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

i) Reposapiés y plataformas

Pueden ser fijos o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores, es mejor que sean desmontables. Si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos. La posición anatómica ideal de los reposapiés es a 90° con relación al soporte de los mismos. Sin embargo en adultos los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir.

Los ángulos más frecuentes son de 90°, 70° y 60°. En la **Figura 19** se indica los reposapiés usados en las sillas de ruedas actuales ya sean de uso permanente o transitorio.

Figura 19. REPOSAPIÉS Y PLATAFORMAS ELEVABLES (IZQUIERDA) Y REPOSAPIÉS NORMALES (DERECHA)



Fuente: Fábrica de muebles clínicos

1.2 Materiales estructurales

Según MEDINA, Jorge O; (2013; pág. 1); indica que: “El estudio de una estructura consiste en evaluar la funcionalidad, factibilidad y seguridad. Estos aspectos toman en cuenta entre otras cosas, la forma, detalle, durabilidad, resistencia, costo, disponibilidad y capacidad de la estructura; características que están asociadas al material del cual se va a realizar la obra.”

Para el grupo investigador, son considerados materiales estructurales a todo cuerpo que cumpla con diversos parámetros asociados a una exigencia de resistencia a diferentes tipos de esfuerzos dependiendo de la obra a realizar.

Existen varios materiales que son comúnmente utilizados dentro de la construcción y los cuales a continuación serán objeto de análisis.

- Hormigón armado
- Acero
- Mampostería

- Madera
- Aluminio
- Bambú

1.2.1 Hormigón armado

Es el material más utilizado en la construcción, combina las características estructurales del hormigón y del acero. La mezcla óptima no se la puede generalizar ya que dependiendo de la dosificación obtendremos diferentes calidades de la misma dependiendo la disposición final.

En el proceso de fraguado del hormigón se genera calor por lo que se debe curar al mismo mediante una hidratación continua. En la **Figura 20** se puede apreciar la mezcla siendo vertida hacia el acero.

Figura 20. HORMIGÓN ARMADO



Fuente: Materiales pétreos y aglomerantes

1.2.2 Acero

Según **MATOS; (2006; pág. 1)**; indica que: “El acero es una aleación constituida por hierro y carbono, reduciendo durante el proceso los contenidos de carbono, silicio y azufre que en principio son perjudiciales al acero. Las propiedades del acero dependen de la cantidad de carbono empleada en el proceso de fabricación. Esta combinación ha producido un material muy versátil empleado en múltiples funciones de las edificaciones.”

Para los postulantes, el acero es una aleación de hierro – carbono, en el cual la variación del porcentaje de carbono proporciona las características físicas y químicas del material, dando como resultado diferentes tipos de aceros requeridos en las diversas fuentes de aplicación. En la **Figura 21** se encuentra una muestra de perfilería metálica realizada con acero A-36.

Figura 21. PERFILERÍA EN ACERO A-36



Fuente: SIDERPERU

1.2.3 *Mampostería*

Figura 22. MAMPOSTERÍA DE LADRILLO



Fuente: BuildingArt

La mampostería fue uno de los primeros materiales utilizados, un ejemplo del mismo se puede apreciar en la **Figura 22**

En la actualidad, se emplea principalmente para materializar muros portantes en edificios de baja altura. También se lo puede utilizar para cubrir pequeñas luces, formando bóvedas o cúpulas de compresión.

1.2.4 *Madera*

La madera fue uno de los materiales estructurales más usados en la antigüedad, se puede obtener directamente de los árboles o del producto fabricado para ser utilizado como estructura de una construcción.

Actualmente se lo utiliza principalmente en viviendas unifamiliares, también es empleado como cubierta, en luces intermedias, la **Figura 23** representa una construcción con madera como estructura principal.

Figura 23. VIVIENDA DE MADERA



Fuente: INGERIERÍA-UNC

1.2.5 Aluminio

El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Las aleaciones de aluminio son ligeras, fuertes, y de fácil formación para muchos procesos de metalistería; son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso. Perfilería para la construcción de cerrajería se muestra en la **Figura 24**

Figura 24. PERFIL DE ALUMINIO



Fuente: ALBIZ

1.2.6 Bambú

El bambú ha venido ganando terreno dentro de la construcción ya se de manera primaria, secundaria La importancia del bambú en cualquier región dada el esta determinada habitualmente por el nivel económico de la gente común por el puesto de otros materiales más durables. La solidez estructural de acuerdo con las necesidades de cada zona se consigue comúnmente con el bambú, por lo general son utilizadas para construir viviendas de bajos niveles de diseño y bajo costo para personas de escasos recursos económicos. En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos como entre las partes del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. La **Figura 25** se muestra una construcción realizada con bambú.

Figura 25. CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ



Fuente: ARQHYS

1.3 Resistencia de materiales

Según ORTIZ BERROCAL, Luis; (1990; pág. 1) (Ortiz, 2007); indica que: “La resistencia de materiales tiene como objetivo establecer los criterios que nos permitan determinar el material más conveniente, la forma y las dimensiones más adecuadas

que hay que dar a los elementos de una construcción o de una máquina para que puedan resistir a la acción de las fuerzas exteriores que los solicitan, así como para obtener este resultado de la forma más económica posible.”

Según PYTEL, Andrew; SINGER, Ferdinand (1994; pág. 3); indica que: “La resistencia de materiales estudia y establece las relaciones entre las cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los sólidos.”

Para los investigadores, la resistencia de materiales es, la capacidad que posee cada elemento estructural, para soportar diferentes tipos de fuerzas exteriores que permitan iniciar un dimensionamiento adecuado y forme parte de algún elemento de una construcción o una máquina y que permita reducir costos.

1.3.1 Esfuerzo

Según MELENDEZ, Martín (2008; pág. 9); indica que: “esfuerzo, se define como magnitudes físicas con unidades de fuerza sobre área utilizadas en el cálculo de piezas prismáticas como vigas o pilares y también en el cálculo de placas y láminas.”

Para los tesisistas, esfuerzos son un conjunto de fuerzas y momentos estáticamente equivalentes a la distribución de tensiones internas sobre el área de esa sección.

a) Tracción

Se llama esfuerzo de tracción a toda carga o fuerza que tiende a alargar el objeto sobre el que actúa.

b) Compresión

Se llama esfuerzo de compresión a toda carga o fuerza que al actuar sobre un cuerpo sólido tiende a comprimirlo.

c) Cortadura

Se llama esfuerzo de cortadura a un par de fuerzas que al actuar sobre un cuerpo sólido tienden a cortarlo en dos mitades.

d) Flexión

Un elemento está sometido a flexión cuando sobre él actúan una o más fuerzas que tratan de curvarlo. Actúan al mismo tiempo el esfuerzo de tracción y el de compresión.

e) Torsión

Se llama esfuerzo de torsión a un par de fuerzas que al actuar sobre un cuerpo sólido tienden a retorcerlo.

1.4 Bambú

Según BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL; (2006; pág. 7); indica que: “El bambú es uno de los materiales usados desde la más remota antigüedad por el hombre para aumentar su comodidad y bienestar. En el mundo de plástico y acero de hoy, el bambú continúa aportando su centenaria contribución y aun crece en importancia. Los programas internacionales de cooperación técnica han reconocido las cualidades excepcionales del bambú y están realizando un amplio intercambio de variedades de esa planta y de los conocimientos relativos a su empleo.

En seis países latinoamericanos, varios asiáticos y cada vez más en el continente europeo se adelantan hoy proyectos destinados a ensayar y seleccionar variedades sobresalientes de bambú recogidas en todo el mundo, y también a determinar al lugar potencial de ese material en la economía locales.”

Para los tesisistas, el bambú es un recurso el cuál no ha sido aprovechado de manera óptima, para lo cual se necesita de mayor énfasis en la investigación de este valioso material para así poder dar lugar a diferentes tipos de desarrollo de proyectos con el mismo.

El bambú como se lo conoce no es un tipo de madera, más bien pertenece a la familia de las gramíneas como lo es el arroz, el trigo. Esta planta es común encontrarla en las zonas tropicales puesto que se desarrolla en mejores condiciones donde existe mayor humedad.

En zonas donde la principal actividad, es el cultivo de café, banano, palma africana y, además existe ganado vacuno, al bambú se lo considera como maleza ya que donde se encuentra asentada esta planta difícilmente crecerán otras, es por ello que debe existir un control de propagación adecuado para no alterar el ecosistema.

El bambú es un recurso natural renovable que cultivado en forma sistemática, con una tecnología simple y de bajo costo, llega a conformar en un tiempo relativamente breve plantaciones forestales perennes (que se reproducen repetidas veces), sujetas a pocos riesgos y cuya producción puede colectarse y habilitarse con facilidad y sin grandes gastos para colocarla en el mercado.

1.4.1 Características forestales del bambú

- Se reproduce y prospera fácilmente con un mínimo de cuidados y a bajo costo.
- La rapidez de su crecimiento supera a la de cualquier otra planta.
- Las plantaciones de bambú son perennes, si se les trabaja adecuadamente, ya que los tallos se reproducen repetidas veces a partir del mismo rizoma durante decenas de años.

- Es un material con altos índices de resistencia mecánica y al mismo tiempo muy ligero y fácilmente manipulable.
- Los costos de arrastre y almacenamiento son bajos, muy inferiores en comparación a los de rollizos de árbol.
- Las instalaciones, herramientas y equipos necesarios para su manejo y procesamiento son sencillos y de bajo costo.
- La transportación del material en el campo puede hacerse con vehículos ligeros, incluso manuales, por caminos y brechas sin revestimiento.

En la **Figura 26** se encuentra un brote de bambú en estado tierno.

Figura 26. BROTE DE BAMBÚ



Fuente: Bosque de paz

1.4.2 Usos y aplicaciones del bambú

a) Manufacturas artesanales

Con los tallos y diversos cortes de éstos se los puede transformar en diversos tipos de artesanías como varillas y tiras, la fabricación de muebles, cestería, esteras, pantallas, persianas y cortinas; enseres diversos, utilitarios y decorativos;

jugueteros, vasijas, empaques, toneles y otros tipos de contenedores, en la **Figura 27** se puede apreciar algunas de ellas.

Figura 27. ARTESANÍAS EN BAMBÚ



Fuente: ARTESANUM

b) Material para la construcción

Se utiliza generalmente en el campo, como acotamientos, barreras rompe vientos y sombríos; en obras de protección y control de tierras y aguas; para el manejo de cultivos, constituyendo estacas, apoyos, respaldos y puntales; en la construcción de viviendas, cercas, corrales, cobertizos, graneros, depósitos para materiales, máquinas y herramientas; establos, puentes, embalses, barreras de contención.

En la realización de obras civiles y arquitectónicas, para soportar y apuntalar cerramientos y entresuelos, troquelar cimbras, entibar muros, ademar excavaciones, hacer andamios, formar casetones, etc.

Formando parte integral de las construcciones en estructuras, entramados, pisos, vigerías, techos y plafones; utilizado como columnas, postes, balaustres, barrotes o pasamanos; constituyendo muros, recubrimientos y acabados. La **Figura 28** grafica al bambú como parte de una construcción.

Figura 28. CUBIERTA DE BAMBÚ



Fuente: ARTE Y BAMBÚ

c) Productos industriales

Figura 29. LÁMINAS DE BAMBÚ



Fuente: MADEL

Tal como presenta la **Figura N°29** existe variedad de productos que forman parte de un proceso y se convierten en tableros rígidos, contrachapados y aglomerados; duelas, parquets, adoquines y tejas, puertas, closets, y componentes arquitectónicos prefabricados modulares.

d) Alimentación

Brotes o cogollos de bambú tierno son los idóneos para ser procesados y empacados para la exportación a diferentes partes del mundo y que son aptos para el consumo humano.

1.4.3 Bambú en el Ecuador

Dentro de las especies originarias encontramos a la Caña Guadúa o Caña nativa (*Guadua angustifolia*) siendo esta una de las más utilizadas gracias a su diversidad y variedad de aplicaciones, lo cual ha generado grandes expectativas sobre sus usos dentro de la construcción, la industria y la artesanía. Por lo que también se ha acrecentado su demanda lo que ha originado una sobre explotación, con una considerable disminución de áreas cubiertas con esta especie.

Sin embargo en el país existen variedad de especies que de a poco han formado manchas naturales, que pueden ser consideradas para su producción y posterior comercialización.

Entre estas especies encontramos a:

- Bambú Gigante (*Dendrocalamus asper*).
- Tulda (*Bambusa tulda*),
- *Phyllostachys*; también conocido como Bambú dorado o bambú japonés (*Phyllostachys aurea*).
- Guadúa colombiana (*Angustifolia*)
- Bambú de interior (*Bambusa vulgaris*).
- Pervari-Palanca,
- Bambúes andinos (*Chusqueas*).

Dentro de las especies de bambú que sobresalen por orden de mayor importancia económica son: *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus asper*, *Guadúa angustifolia* y *Phyllostachys aurea*.

a. Bambusa tulda

a.1. Características

- Originaria del continente asiático.
- Altura de 6 a 9 metros.
- Diámetro promedio de 5 a 10 centímetros.
- Desarrollo en clima subtropical.

a.2. Usos

- Ornamental y jardinería.
- Artesanías.
- Decoración final de muebles realizados con otras especies de bambú.
- Protección de cuencas hidrográficas y gran fijador de CO₂.

b. Dendrocalamus asper (Bambú gigante)

b.1. Características

- Originario de la India.
- Hojas 10 a 15 centímetros de largo por 1 a 2 centímetros de ancho.
- Llegan a medir hasta 30 metros de altura en condiciones óptimas.
- Resistente a la sequía.
- Rizoma que crece en forma de césped.
- Se debe proporcionar mantenimiento para evitar rajaduras del culmo.

b.2. Usos

- Brotes comestibles.
- Barreras rompe vientos.

- Pasta de celulosa.
- Construcciones y muebles.
- Protección de cuencas hidrográficas y gran fijador de CO₂.

c. *Guadua angustifolia* (Caña guadúa)

c.1. Características

- Culmos robustos, rectos y espinosos.
- Hojas caulinares.
- Regeneración permanente y progresiva.
- Diámetro máximo 20 centímetros.
- Altura 15 a 20 metros.
- Utilización a los 4 o 5 años del tallo.

c.2. Usos

- Arquitectura y construcciones.
- Protección de cuencas hidrográficas y gran fijador de CO₂
- Elaboración de muebles y artesanías.
- Desarrollo de laminados, aglomerados, parquet.

d. *Phyllostachys áurea*

d.1. Características

- Desarrollo en climas fríos y calientes.
- Color del culmo verde oscuro en la parte superior y gris en la parte inferior.
- Hojas lanceoladas, de 6 a 16 centímetros de largo por 1 a 2 centímetros de ancho.
- Diámetro máximo de 2 a 2,5 centímetros.
- Altura de 2 a 3 metros.

d.2. Usos

- Uso ornamental y jardinería.
- Fijador de cauces y corrientes de agua.
- Elaboración de muebles y artesanías.
- Cerca viva en linderos.
- Gran fijador de CO2.

1.5 Software de simulación mecánica

1.5.1 ETABS

ETABS es uno de los programas que hoy en día está liderando el mercado de análisis estructural a nivel mundial.

Bajo este software se puede simular diseños en 3d bajo reglamentos estandarizados y además tener la posibilidad de crear nuevos tipos de materiales añadiendo las propiedades principales obtenidas a partir de un estudio previo.

1.5.2 Solid Works 2013

SOLID WORKS 2013 es un programa de diseño, el cual nos ofrece una gran gama de herramientas para dibujar con mayor facilidad desde una pieza a un equipo o máquina incluso un sistema de proceso, en el cual genera los planos correspondientes a los mismos para que la construcción sea adecuada.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

TRABAJO DE CAMPO

2.1. Metodología aplicada

Para el desarrollo del proyecto se tomó a la investigación exploratoria como principal diseño metodológico aplicado.

La investigación exploratoria se efectuó sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimiento.

Para ello se partió en base a la Investigación Bibliográfica, que no es más que un conjunto de estrategias que permiten la localización, análisis y el registro de datos que sean de utilidad para el inicio del proyecto.

Se utilizó este tipo de investigación ya que existe escasa información al respecto y claramente denotamos que dicha investigación podrá ser fuente básica para que inicien nuevos proyectos con este tipo de material.

Para el desarrollo del proyecto se necesitó fundamentarnos en algunos tipos de métodos y técnicas.

Se aplicó el método hipotético-deductivo ya que es el procedimiento o camino que debe seguir el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales tales como:

- Observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno
- Deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis.
- Verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia, y siendo este método una vía primera de inferencias lógico deductivas para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

Se comenzó a obtener información de los bambúes en general existentes en el Ecuador, sus condiciones de crecimiento y los métodos de preservación con el objetivo de hallar la mejor especie para la elaboración de este proyecto.

Además se aplicó diferentes técnicas como la observación, La consulta a expertos y la encuesta. Las técnicas de observación tienen como finalidad describir y registrar sistemáticamente las manifestaciones de la conducta del objeto dando como resultado una constante de observación del mismo adquiriendo con ésta un grado de experiencia para trabajar con dicho objeto.

La encuesta consiste en obtener información de los sujetos de estudio, proporcionada por los expertos técnicos-laborales en el manejo del bambú y además los usuarios de las sillas de ruedas acerca de sus necesidades, opiniones, actitudes o sugerencias.

Los instrumentos utilizados para dicho efecto son la consulta a expertos, encuesta y fichas técnicas de procesos. (**VER ANEXO I, II**).

Finalmente, para proceder con la interpretación y análisis de resultados, se procedió a la tabulación de datos obtenidos por los diferentes instrumentos utilizados generando con los mismos, indicadores de mucha utilidad para la toma de decisiones correspondiente.

2.2 Análisis e interpretación de resultados

Para la realización del trabajo de campo, la técnica que hemos utilizado es la consulta a expertos la cual va dirigida a los profesionales que trabajan con este tipo de material y la encuesta a las personas registradas en **ADICO** (Asociación De Discapacitados De Cotopaxi). El instrumento aplicado es el cuestionario el cual está dirigido a los diferentes grupos involucrados obteniendo datos de vital importancia para el desarrollo de este proyecto.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas, y cada pregunta con el respectivo análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

2.2.1 Consulta realizada a los profesionales expertos en el manejo del bambú.

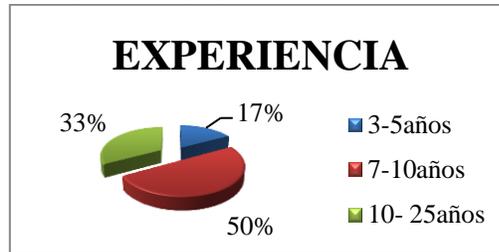
Pregunta 1. Cuanto tiempo de experiencia posee en el manejo del bambú?

Tabla 1. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA

OPCION	FRECUENCIA	%
3-5años	1	17%
7-10años	3	50%
10- 25años	2	33%

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 1. REPRESENTACIÓN DE LA PRIMERA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De los 6 expertos encuestados tres de ellos tienen de 7-10 años de experiencia con bambú, 2 personas poseen de 10 a 25 años y 1 persona de 3 a 5 años.

Interpretación

La mitad de los expertos encuestados poseen de 7 a 10 años de experiencia con el manejo de bambú, además dos personas poseen de 10 a 25 años y una persona de 3 a 5 años, demostrando una alta confiabilidad en los resultados de la encuesta ya que la mayoría de ellos poseen varios años de experiencia en el manejo de este material, obteniendo así una fuente sólida de investigación para nuestro proyecto.

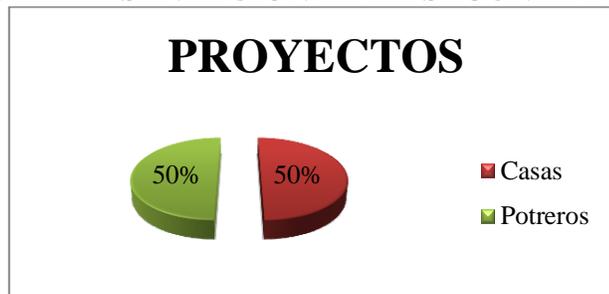
Pregunta 2. ¿De la siguiente tabla, que construcciones ha realizado con bambú?

Tabla 2. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	%
Muebles		
Casas	3	50%
Establos	3	50%
Puentes		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 2. REPRESENTACIÓN DE LA SEGUNDA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De los expertos encuestados el 50% ha construido fincas con bambú, mientras que el otro 50% casas.

Interpretación

La mitad de los expertos encuestados han construido fincas con bambú mientras que la otra mitad casas, esto respalda que los conocimientos de los encuestados en estructuras es claramente notable brindándonos confiabilidad de los materiales a utilizar en el proyecto.

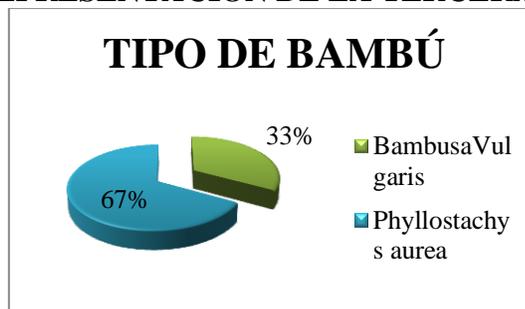
Pregunta 3. De las especies de bambú detalladas, que existen en el Ecuador, cual recomendaría para la elaboración de una estructura de silla de ruedas estándar?

Tabla 3. ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	%
Guadúa Colombiana		
Bambusa Vulgaris	2	33%
Bambu de los Andes		
Phyllostachys aurea	4	67%

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 3. REPRESENTACIÓN DE LA TERCERA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 67% de los encuestados recomiendan la especie de bambú phyllostachys aurea y el 33% la bambusa vulgaris o bambú chino amarillo –verde.

Interpretación

La mayoría de los expertos encuestados recomiendan utilizar la especie de bambú phyllostachys aurea por los buenos resultados en la construcción de estructuras, además algunos expertos recomiendan el uso de la especie bambusa vulgaris o bambú chino (amarillo-verde) por las características similares a la phyllostachys aurea.

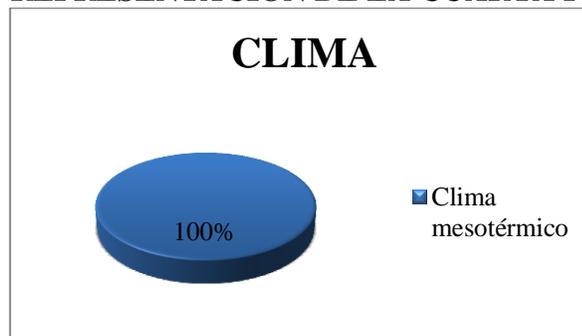
Pregunta 4. Que condición climática debe tener la zona de crecimiento del bambú anteriormente seleccionado para obtener un material de buena calidad?

Tabla 4. ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA

CLIMA	FRECUENCIA	%
Clima mesotérmico	6	100%
Clima mesotérmico semihúmedo		
Clima tropical húmedo		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 4. REPRESENTACIÓN DE LA CUARTA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 100% de los encuestados seleccionaron que el clima ideal para el crecimiento del bambú es el meso térmico.

Interpretación

Todos los encuestados seleccionaron que el clima meso térmico del Ecuador es el ideal para el desarrollo del bambú ya que se encuentra en altitudes de entre 500 y 1500 msnm teniendo niveles de lluvia anuales entre los 2000 a 4000 mm, los cuales son factores indispensables para un buen desarrollo de este material.

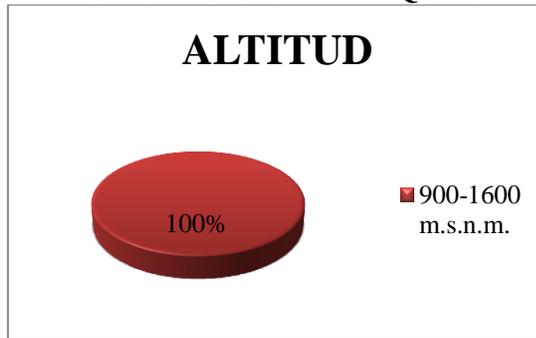
Pregunta 5. A que altitud sobre el nivel del mar debe estar la zona de crecimiento del material anteriormente mencionado?

Tabla 5. ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA

ALTITUD	FRECUENCIA	%
600-900 m.s.n.m.		
900-1600 m.s.n.m.	6	100%
1600-2340 m.s.n.m.		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 5. REPRESENTACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 100% de los encuestados seleccionaron que la altura que debe tener la zona de crecimiento del bambú anteriormente mencionado es de 900-1600 m.s.n.m.

Interpretación

Todos los expertos encuestados seleccionaron que la altura que debe tener la zona de crecimiento del bambú *phyllostachys aurea* y *bambusa vulgaris* o bambú chino (amarillo-verde) debe oscilar entre los novecientos y mil seiscientos metros sobre el nivel del mar, ya que por su experiencia e investigación es la adecuada para obtener un bambú con buenas características morfológicas.

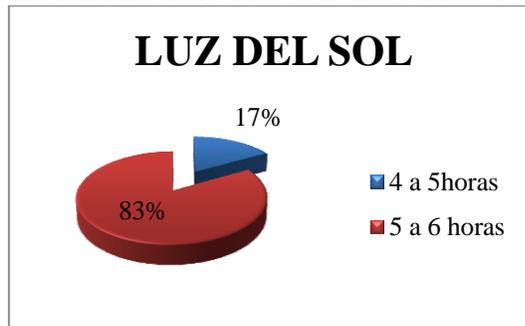
Pregunta 6. De la siguiente tabla que cantidad de brillo solar debe haber diariamente para un crecimiento óptimo del material mencionado?

Tabla 6. ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA

HORAS DE BRILLO SOLAR	FRECUENCIA	%
4 a 5horas	1	17%
5 a 6 horas	5	83%
6 a 7 horas		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 6. REPRESENTACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 83% de los encuestados seleccionaron que la zona de crecimiento del bambú debe tener de 5 a 6 horas de brillo solar. Mientras tanto el 17 % seleccionaron de 4 a 5 horas.

Interpretación

La mayoría de los expertos encuestados mencionan que la zona del crecimiento de la gramínea debe tener de cinco a seis horas de brillo solar, ya que esto permite que la planta tenga un desarrollo óptimo.

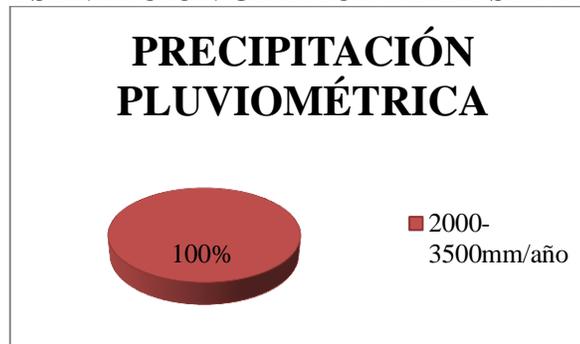
Pregunta 7. Que rango de precipitación pluviométrica debe tener la zona de crecimiento para el desarrollo del bambú anteriormente seleccionado?

Tabla 7. ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA

PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA	FRECUENCIA	%
1000-2000mm/año		
2000-3500mm/año	6	100%
3500-5000mm/año		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 100% de encuestados afirman que la precipitación pluviométrica adecuada debe estar entre los 2000-3500 mm/año.

Interpretación

Todos los expertos encuestados coinciden que las condiciones de humedad son un factor indispensable para el correcto desarrollo del bambú ya que es una planta que absorbe mucho líquido para su crecimiento.

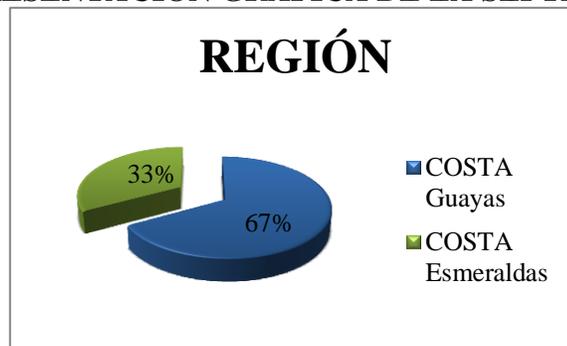
Pregunta 8. En su experiencia en la adquisición de materiales de bambú para la construcción, en que zonas de las regiones mencionadas en la siguiente tabla reúnen todas las condiciones para obtener un bambú de buena calidad.

Tabla 8. ANÁLISIS DE LA OCTAVA PREGUNTA

REGION	LUGAR	SELECCIÓN	%
COSTA	Guayas	4	67%
	Manabí		
	Esmeraldas	2	33%
ORIENTE	Baños		
	Puyo		
	Tena		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 67 % de los encuestados seleccionaron la región costa en el Guayas y el 33% en Manabí.

Interpretación

4 expertos encuestados seleccionaron que en la región costa, en la provincia del Guayas es la ideal para el crecimiento de un material de calidad, ya que posee todos los factores anteriormente nombrados y el 37 % decidieron por Manabí.

Pregunta 9. A qué edad se cosecha el bambú recomendado anteriormente?

Tabla 9. ANÁLISIS DE LA NOVENA PREGUNTA

ESTADO	EDAD	FRECUENCIA	%
Guadua viche (tierna)	6 meses		
Guadua joven	6 meses a 1 año		
Guadua adulta	1 año a 3años		
Guadua hecha	3 años a 7 años	6	100%
Guadua sobre madura	7años en adelante		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA NOVENA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 100% de los expertos encuestados seleccionaron la opción de la guadua hecha.

Interpretación

Todas las personas encuestadas seleccionaron que la edad que se debe cosechar el bambú es en la hecha que comprende de 3 a 7 años, ya que a esa edad de desarrollan los culmos, los cuales han adquirido su mayor grado de resistencia por la compactación de los haces fibro-vasculares obteniendo el mejor aprovechamiento del tallo.

Pregunta 10. Que tiempo promedio dura el secado del bambú anteriormente mencionado en las plantaciones.

Tabla 10. ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PREGUNTA

TIEMPO (DÍAS)	FRECUENCIA	%
0-15		
15-30	6	100%
30-90		

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DECIMA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De los 6 expertos encuestados el 100% selecciono que el tiempo de curado del bambú en la plantación o bosque debe ser de 15 a 30 días.

Interpretación

Todos los expertos encuestados están de acuerdo que el tiempo en curarse el bambú en las plantaciones es de 2 a 3 semanas, ya que esto permite extraer la mayoría de la sabia y sus minerales secándose el material y tomando una coloración amarillo-anaranjada.

Pregunta 11. Según su experiencia técnica- laboral qué tipo de preservación se le debe dar al bambú anteriormente seleccionado?

Tabla 11. ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PRIMERA PREGUNTA

PRESERVACIÓN	FRECUENCIA	%
Preservación Por Inmersión En Agua (Solución Bórica)	2	33%
Preservación Mediante Calor (Quemado)	4	67%

Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 11. REPRESENTACIÓN DE LA DÉCIMA PRIMERA PREGUNTA



Fuente: Expertos Técnicos Del Bambú
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De 6 personas encuestadas, el 67% de ellas seleccionaron que el método de preservación que se le debe dar al bambú es por calor o quemado, mientras que el 33% recomendó el método por inmersión en agua o solución bórica

Interpretación

Los 4 expertos encuestados seleccionaron que el método de preservación del bambú es mediante calor o quemado, ya que el material en contacto con el calor evapora todas las savias del interior del mismo otorgándole propiedades de resistencia estructural y protección a plagas externas.

2.2.2 Encuesta realizada las personas parapléjicas registradas en ADICO

En la **Tabla 13** se muestra los resultados de la encuesta realizada a las 14 personas registradas en ADICO (Asociación De Discapacitados De Cotopaxi).

Tabla 12. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LAS PERSONAS PARAPLÉJICAS REGISTRADAS EN ADICO

OPCIÓN	FRECUENCIA		%	
	SI	NO	SI	NO
Pregunta 1	12	2	86%	14%
Pregunta 2	14	0	100%	0%
Pregunta 3	5	9	36%	64%
Pregunta 4	11	3	79%	21 %
Pregunta 5	14	0	100%	0%
Pregunta 6	12	2	86%	14%
Pregunta 7	14	0	100%	0%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Pregunta 1. El peso de su silla es influyente para su movimiento diario?

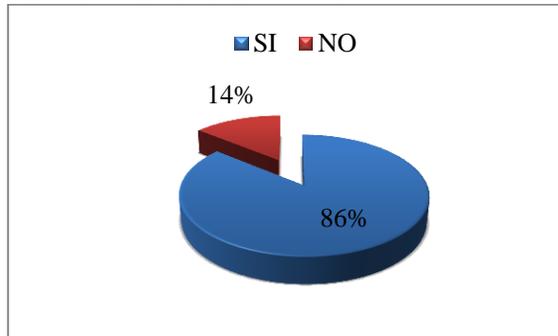
Tabla 13. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	12	86%
NO	2	14%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De 14 personas encuestadas, el 86% manifiestan que (SI) el peso de la silla de ruedas es influyente en su movilidad diaria, mientras que el 14% no poseen problema alguno con este factor.

Interpretación

La mayoría de los encuestados mencionan que el peso de su silla de ruedas influye en su movilidad diaria en especial en los caminos con una pendiente de subida prolongada ya que esto influye en el esfuerzo físico realizado por sus extremidades superiores.

Pregunta 2. La comodidad de su silla es importante en su vida cotidiana?

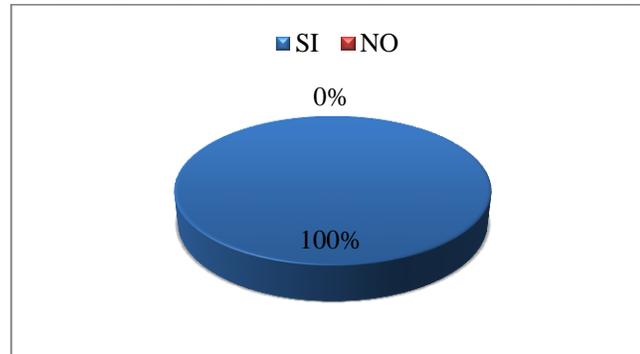
Tabla 14. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	14	100%
NO	0	0%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 13. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

Con respecto a la comodidad de la silla de ruedas el 100% de personas encuestadas dijeron que (SI) estuvieron de acuerdo que la comodidad de la silla es un punto fundamental en su vida diaria.

Interpretación

Todos los encuestados están de acuerdo que la comodidad de la silla de ruedas es un punto muy importante a resaltar, ya que pasan la mayor parte del tiempo en la misma y requieren el mayor confort para evitar lesiones y cansancio excesivo de la parte media y superior de la columna vertebral.

Pregunta 3. Las ruedas posteriores de su silla están diseñadas para el entorno en donde realiza sus actividades?

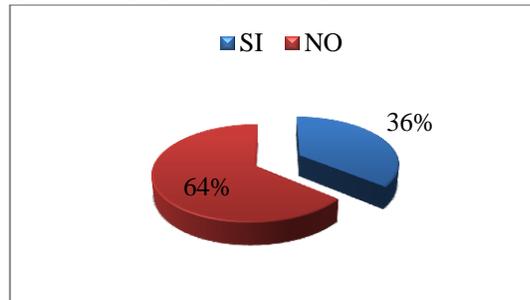
Tabla 15. ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	5	36%
NO	9	64%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 14. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De las 14 personas encuestadas el 36% opinan que (SI), las ruedas de sus sillas están aptas para el lugar en donde se desarrollan sus actividad diaria y que el 64% mencionan que (NO) son las adecuadas para el mismo.

Interpretación

La mayoría de los encuestados mencionan que las llantas posteriores de sus sillas de ruedas no están adaptadas para el sitio en donde desarrollan sus actividades cotidianas, esto les produce una gran dificultad en su movilidad diaria, aumentando su esfuerzo físico y molestias lumbares.

Pregunta 4. Le gustaría que su silla de ruedas sea menos vibratoria al desplazarse por terrenos irregulares?

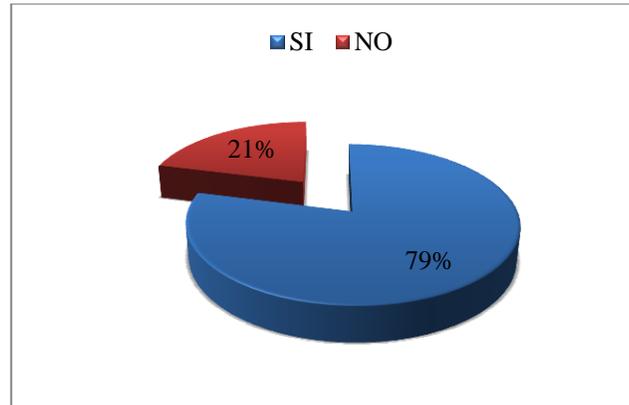
Tabla 16. ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	11	79%
NO	3	21%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 15. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CUARTA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

Con respecto a la vibración de la silla de ruedas en terrenos irregulares el 79% de los encuestados manifiestan que (SI) desean que la estructura amortigüe más las vibraciones mientras que el 21% (NO).

Interpretación

La mayoría de las personas encuestadas comentan que desean que la silla de ruedas amortigüe de mejor manera las vibraciones al momento de desplazarse en los terrenos irregulares ya que esto produce molestias en las zonas lumbares de los usuarios.

Pregunta 5. Le gustaría que la silla de ruedas tenga accesorios adicionales como bolsillos internos a los costados para el transporte de objetos personales?

Tabla 17. ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	14	100%
NO	0	0%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 16. REPRESENTACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

El 100% de las personas encuestadas mencionaron que (SI) desean que su sillas de ruedas contengan bolsillos internos como mejora del diseño para el transporte de objetos personales.

Interpretación

La mayoría de los encuestados expresan que sería de gran ayuda tener bolsillos internos a los costados de sus sillas de ruedas ya que permitirán transportar objetos personales y estarán al alcance de ellos con el mínimo de esfuerzo.

Pregunta 6. ¿Al momento de elegir su silla de ruedas toma el factor de seguridad para su decisión final?

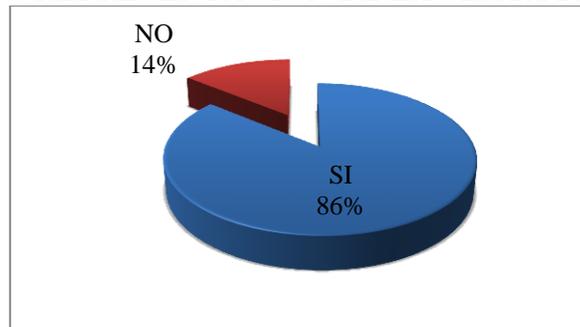
Tabla 18. ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	12	86
NO	2	14

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 17. REPRESENTACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

De las 14 personas encuestadas el 86% mencionan que (SI), al momento de elegir una silla de ruedas toman el factor de seguridad como decisión final para la adquisición de una de ellas, mientras que el 14% (NO).

Interpretación

En su mayoría los encuestados dan a conocer que para la adquisición de una silla de ruedas toman el factor de seguridad para la dedición final, esto les permite una confianza al cual va a ser su medio de transporte y parte fundamental para el desarrollo de sus actividades cotidianas.

Pregunta 7. El costo de la silla de ruedas es un factor dominante para que adquiriera una?

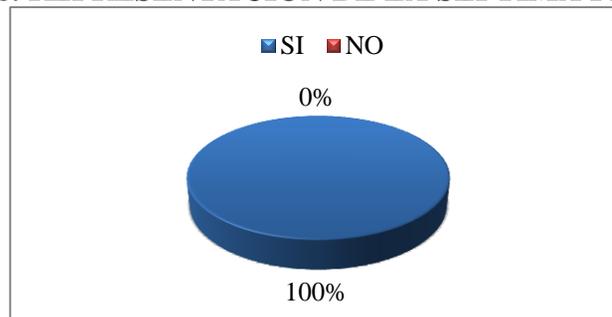
Tabla 19. ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	(%)
SI	14	100%
NO	0	0%

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 18. REPRESENTACIÓN DE LA SÉPTIMA PREGUNTA



Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Análisis

Concerniente al costo de la silla de ruedas el 100% de las personas encuestadas dijeron que (SI) es influyente el costo de una silla de ruedas como factor para adquirirla una.

Interpretación

Todas las personas encuestadas manifiestan que es importante el costo de una silla de ruedas y más cuando son de bajos recursos económicos, ya que en algunos casos su salario no es suficiente para adquirir una.

2.3. Verificación de la hipótesis

Como punto de partida se tiene la hipótesis nula que dice:

H_0 : La utilización del bambú para la construcción de una silla de ruedas manual estándar no proporcionará el interés del usuario por adquirirla a un menor costo.

Tabla 20 RESUMEN DE NÚMERO ENCUESTAS

ITEM	ENCUESTADOS	# DE ENCUESTAS
1	ADICO	14
2	EXPERTOS	6

Tabla 21 TABULACIÓN DE ENCUESTAS EMPLEADAS

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	12	2	14
2	Pregunta 2	14	0	14
3	Pregunta 3	5	9	14
4	Pregunta 4	11	3	14
5	Pregunta 5	14	0	14
6	Pregunta 6	12	2	14
7	Pregunta 7	14	0	14

Tabla 22. RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (fo)

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	12	2	14
2	Pregunta 2	14	0	14
3	Pregunta 3	5	9	14
4	Pregunta 4	11	3	14
5	Pregunta 5	14	0	14
6	Pregunta 6	12	2	14
7	Pregunta 7	14	0	14
TOTAL		82	16	98

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

2.3.1 Cálculo de las frecuencias esperadas (fe)

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

Donde:

fe = frecuencia esperada

tf = Valor de la fila

tc = valor de la columna

tg = Valor General

Entonces:

$$fe = \frac{14 * 82}{98}$$

$$fe = 11,17 \text{ en el SI}$$

$$fe = \frac{14 * 16}{98}$$

$$fe = 2,29 \text{ en el NO}$$

Tabla 23. RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (fe)

ITEM	SI	NO
1	11,71	2,29
2	11,71	2,29
3	11,71	2,29
4	11,71	2,29
5	11,71	2,29
6	11,71	2,29
7	11,71	2,29

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

2.3.2 Cálculo del chi cuadrado

Para el cálculo del chi cuadrado se utiliza la siguiente fórmula:

$$Xc = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

fe = frecuencia esperada

fo = frecuencia observada

Xc = chi cuadrado

Entonces:

Tabla 24. RESULTADO DE CHI CUADRADO

ITEM	fo	fe	fo-fe	(fo - fe) ²	Xc ² =(fo - fe) ² /fe
1	12,00	11,71	0,29	0,08	0,01
2	14,00	11,71	2,29	5,22	0,45
3	5,00	11,71	-6,71	45,08	3,85
4	11,00	11,71	-0,71	0,51	0,04
5	14,00	11,71	2,29	5,22	0,45
6	12,00	11,71	0,29	0,08	0,01
7	14,00	11,71	2,29	5,22	0,45
8	2,00	2,29	-0,29	0,08	0,04
9	0,00	2,29	-2,29	5,22	2,29
10	9,00	2,29	6,71	45,08	19,72
11	3,00	2,29	0,71	0,51	0,22
12	0,00	2,29	-2,29	5,22	2,29
13	2,00	2,29	-0,29	0,08	0,04
14	0,00	2,29	-2,29	5,22	2,29
				TOTAL	32,12
				xc2	32,12

Fuente: Personas parapléjicas registradas en ADICO

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

2.3.3 Cálculo del grado de libertad (gl)

Para el cálculo de grado de libertad se utiliza la siguiente fórmula:

$$gl = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

Donde:

gl = grado de libertad

n_f = número de filas

n_c = número de columnas

$$gl = (7-1) * (2-1)$$

$$gl = 6 * 1$$

$$gl = 6$$

Con gl = 6, y basados en la figura siguiente para la distribución de chi cuadrado, utilizando un percentil de 95%, se obtiene el siguiente resultado:

Donde: $x_p^2 = 12,592$ ver (**ANEXO III**).

Siendo:

x_p^2 = Valor percentil para la distribución chi cuadrado

Una vez determinado el x_p^2 y el Xc^2 , se establece que:

$$x_p^2 < Xc^2$$

$$12.592 < 32,12$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula h_0 y se acepta la hipótesis alternativa h_a que dice: La utilización del bambú para la construcción de una silla de ruedas manual estándar proporcionará el interés del usuario por adquirirla a un menor costo.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDAS MANUAL ESTÁNDAR CON ESTRUCTURA DE BAMBÚ

En este capítulo se desarrolla el diseño, dimensionamiento, cálculos estructurales y pruebas de resistencias mecánicas al material a ser aplicado, así como también la construcción de toda la estructura principal y el ensamble final con todos sus componentes basados en la norma ISO.

3.1 Propuesta

Diseño y construcción de una silla de ruedas manual estándar con estructura de bambú de menor costo a las convencionales.

3.2 Presentación

El análisis del nuevo material utilizado en este prototipo proporcionara información vital para futuros proyectos constructivos ya que no existen estudios registrados sobre el mismo, además generara una nueva forma de utilización de materiales sustentables, sostenibles y amigables con el medio ambiente en la nueva generación industrial de proyectos ecológicos.

3.3 Objetivo

3.3.1 Objetivo general

- Diseñar y construir una silla de ruedas manual standard con estructura de bambú como material alternativo, para el uso de personas con discapacidad.

3.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la especie idónea de bambú a través de la consulta a expertos y ensayos mecánicos, para construir la estructura de la silla de ruedas manual estándar.
- Diseñar y construir la estructura principal de la silla de ruedas manual estándar bajo la norma ISO 7176 con el tipo de bambú seleccionado.
- Realizar un análisis de costos del prototipo con los nuevos materiales utilizados en su estructura, con el fin de determinar si su costo es menor a las del mercado actual.

3.3 Factibilidad

La construcción de una silla de ruedas manual estándar con estructura de bambú es un proyecto realizable debido a que se utiliza materiales de buena calidad y de bajo costo, además es un material que se encuentra en abundancia considerando que nuestro país posee las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo.

3.4 Impacto

La idea del prototipo causó una gran impresión a muchas personas, no solamente las que usan este tipo de sillas sino también a estudiantes, ingenieros y empresarios ya que nunca antes se había construido una silla con este material.

3.5 Materia Prima

3.5.1 Ficha técnica de la especie de bambú

En la **Tabla 25** se detalla las características generales que posee el bambú *Phyllostachys aurea* el cual se va a utilizar como materia prima en la construcción de la silla de ruedas manual estándar.

Tabla 25. FICHA TÉCNICA DE LA ESPECIE DE BAMBÚ

Nombre Científico	<i>Phyllostachys aurea</i>
Nombre Común	Bamboo
Familia	Bambusoideae
Sinónimos	Bambú japonés
Tipo De Planta	Bambú
Origen	China
Color	Verde oscuro
Hojas	Verde
Velocidad De Crecimiento	5 - 10mm / día
Altura	6-9 m
Diámetro	10-70mm
Ph Del Suelo	7

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.5.2 *Edad de cosecha*

La cosecha del bambú consiste en cortar el material a una edad adecuada, dependiendo la aplicación a la cual se le va a dar uso.

El bambú al ser utilizado para desempeñar trabajos que requieran de sus propiedades mecánicas de resistencia a la tensión o a la compresión como puede ser en la construcción de estructuras, debe ser cortado después de los cuatro años, cuando ya esté hecha y los líquenes se hayan generalizado. Para el fin deseado esta es la edad que se requiere para la construcción de la silla.

3.5.3 *Corte*

El bambú es cortado en diferentes secciones de su tallo dependiendo su aplicación, en este caso se corta en el primer tramo del tallo aéreo denominado comúnmente como Cepa o parte Basal la cual es aprovechada entre los 4 y 5 metros y generalmente es utilizado en la construcción para cimientos columnas o vigas principales. Además en el segundo tramo llamado también sobre basa con una longitud aproximada de 8 a 10 metros es utilizada para elementos de cerchas, vigas de entre piso, soleras y parales de paredes portantes y divisorias entre otros.

Las herramientas que se deben utilizar para el corte deben poseer filo, de preferencia una segueta grande o una motosierra, ya que estas herramientas cortantes no permiten fisurar o dañar los tallos, además se debe realizar a la altura del primer nudo y realizando un corte seccional angular esto nos permite el brote de un nuevo tallo.

Una recomendación relevante es que se tome en cuenta los ciclos lunares antes del corte, así se podrá obtener un tallo de mejor calidad y con bajo contenido de humedad.

3.5.4 El "curado" en la plantación o bosque

El término "curado" se emplea en algunos países de América como sinónimo de "preservado". En el Ecuador "Curar" el guadual significa preservar el bambú antes de que éste salga del bosque, plantación o "mancha".

El proceso de curado antes de salir de la plantación se lo realiza de la siguiente manera:

- 1.- El bambú es previamente seleccionado.
- 2.- Es cortado sobre el primer nudo y sin dejar cavidades.
- 3.- Se deja en el propio lugar de corte, sobre el "tocón" de su base, sobre una piedra o sobre un ladrillo, lo más vertical posible, apoyado o recostado sobre los bambúes vecinos, con sus ramas y hojas respectivas. Se mantiene en esta posición durante el lapso de 2 a 3 semanas esto permite que la planta se deshidrate hasta tener una humedad total del 15%.
- 4.- Al cabo del plazo mencionado, el bambú es colocado horizontalmente y despojado de ramas y hojas.

El bambú, curado tiene una coloración característica, que en el caso de la *Phyllostachys* es amarilla-anaranjada y con un fuerte olor a alcohol.

El curado del bambú tiene directa relación con el diámetro y espesor del mismo, ya que el mismo se genera mediante evacuación por gravedad de las sabias existentes.

3.6 Preparación del material para probetas

3.6.1 Preservación de la caña

El constituyente más abundante en bambú y por lo tanto el que es más importante para las propiedades mecánicas, es la celulosa. Ésta reacciona al tratamiento térmico con la degradación térmica.

Se conoce un número de diferentes reacciones de degradación térmica que se produzca con celulosa a diferentes temperaturas. La degradación en bajas temperaturas (como en el envejecimiento de los materiales celulósicos) suele ser predominantemente termo-oxidativa o hidrólisis. Como era de esperar, el envejecimiento de la celulosa es por lo general una función de la humedad, la luz, la disponibilidad de oxígeno, además de la temperatura. A temperaturas más altas (> 200 ° C), el agua se pierde primero a partir de la absorbida por la celulosa y luego por eliminación de los hidroxilos de celulosa. A temperaturas aún más altas (> 250 ° C), varias reacciones comienzan a tomar el relevo. Estas reacciones se pueden agrupar en tres clasificaciones básicas: el primer grupo se produce a temperaturas más bajas y es similar a las reacciones de envejecimiento. A temperaturas más altas, otra reacción comienza a hacerse cargo de que los resultados de la despolimerización de la cadena de celulosa y la formación de derivados de glucosa anhidra, materiales orgánicos volátiles y alquitranes. A temperaturas todavía más altas, más o menos aleatoria de la escisión del enlace de celulosa y productos intermedios de descomposición resultado la formación de una variedad de compuestos de bajo peso molecular.

Ahora en otras palabras, tenemos que hacer frente a diferentes formas de agua está presente en la materia orgánica como el bambú.

El agua de la humedad en el aire, que se mueve libremente dentro y fuera. Se deposita en la superficie e interior del bambú, en las cavidades celulares.

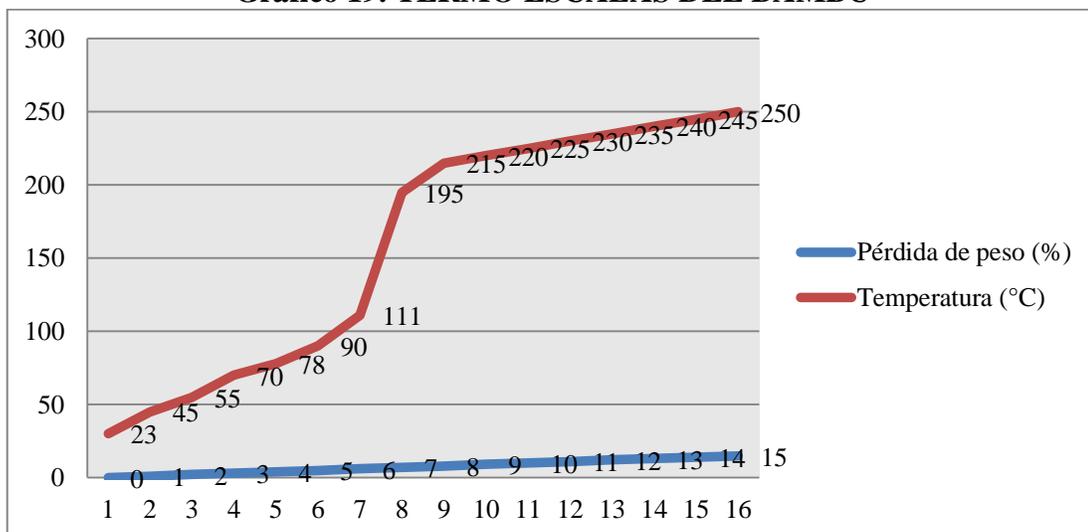
El agua que es absorbida por las moléculas de celulosa (paredes celulares), y que necesita mucha más energía (temperaturas más altas) para ser eliminado.

El agua que era parte de la molécula y se produce, junto con otras materias, por la destrucción de la cadena de celulosa (temperatura más alta).

3.6.2 Termo escalas de prueba del material

Una muestra de bambú (80 miligramos = 1.234 granos) desde el exterior de la pared se calentó continuamente en termo escalas, bajo una atmósfera protectora de argón. Estas termo escalas proporcionan una lectura continua de peso mientras que la muestra se calienta a una velocidad predeterminada (en este caso por 1 grado Celsius = 1,8 grados Fahrenheit por minuto). El peso, o más bien la pérdida de peso, se registran continuamente. A continuación se muestra un gráfico con los resultados del ensayo.

Gráfico 19. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ



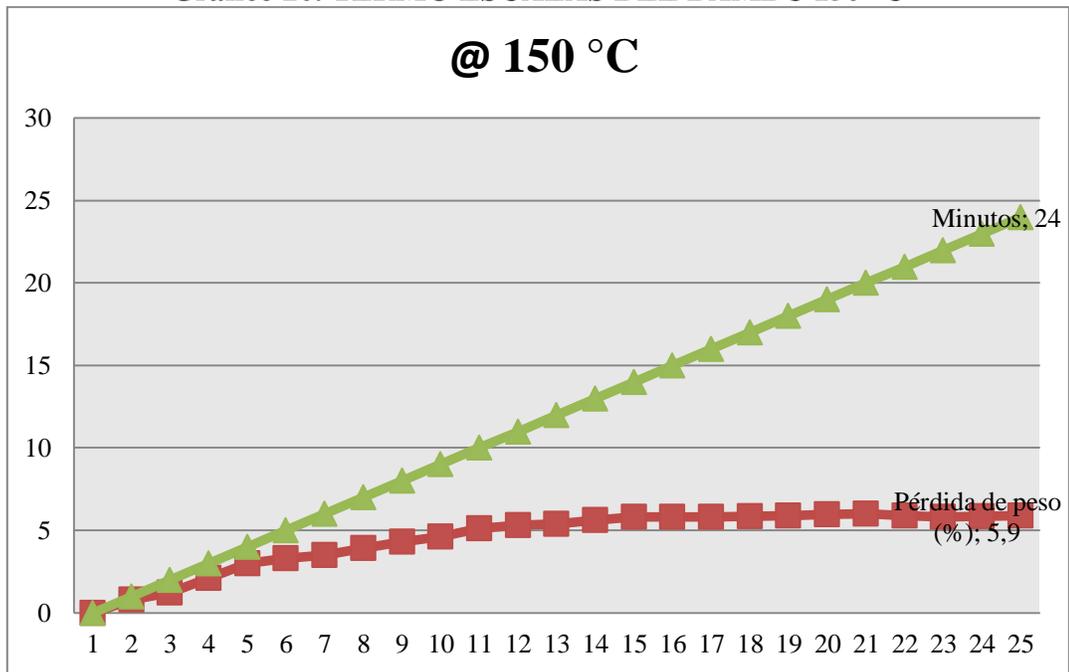
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Este pequeño volumen de bambú y la velocidad de calentamiento muy lento fueron elegidos para asegurarse de que las propiedades aislantes de calor no causarían ningún retraso en los resultados.

A partir de aproximadamente la temperatura ambiente (23 ° C), el primero pierde agua libre de bambú (de la humedad en el aire), depositado en las cavidades celulares. Un poco por encima del punto de ebullición (100 ° C), aproximadamente a 130 ° C esta agua es completamente expulsada del bambú. En este caso, el bambú ha tenido una liberación del contenido de humedad de aproximadamente. 6,5%. En este periodo no ocurre mucho, hasta que, poco a poco a partir de 180 ° C y la creciente velocidad a 220 ° C, la muestra comienza a perder más peso. Esto ocurre cuando la temperatura es lo suficientemente alta para liberar el agua que es absorbida por las paredes de las células. Esta segunda disminución de peso, aquí se detuvo en 250 ° C y 15,4% de pérdida de peso, continúa hasta que la muestra se reduce a carbón. Se ha hecho pruebas de hasta 300 ° C, también con otras velocidades de calentamiento, donde las muestras habían perdido en última instancia, 29% de peso. Es una curva continua, y no es detectable donde comienza la degradación térmica, que es la eliminación de agua de los hidroxilos de celulosa.

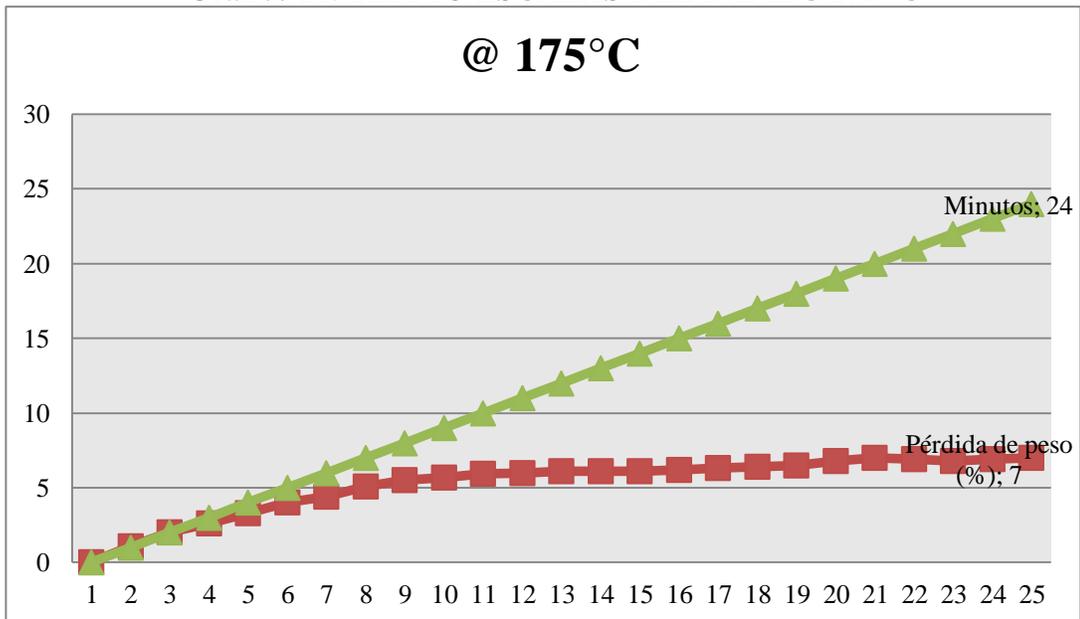
A continuación, se ha preparado una serie de cuñas de altura 6 mm (0.236 in), cada uno de aproximadamente dos pulgadas de largo. Todos fueron contados y pesados en balanzas de laboratorio de precisión. Fueron colocados en un gran horno de laboratorio con 6 KW de potencia instalada y de circulación de aire interna, precalentado a una temperatura predeterminada. Una muestra se mantuvo sin calefacción, para el cero referencial. Después de 2, 4, 6, 8, minutos de calentamiento, para que después de pocos minutos de tiempo de enfriamiento, volverlas a pesar. Además se calentaron algunas muestras que contienen cada uno un nodo. Estos se retiraron después de 8, 12, 16, 20 minutos. No se observó una caída de la temperatura de la introducción de las muestras relativamente frías, durante o después de la apertura repetida de la puerta para la extracción de muestras. Los resultados de la prueba de tres carreras de temperatura se presentan en el los siguientes gráficos.

Gráfico 20. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 150 °C



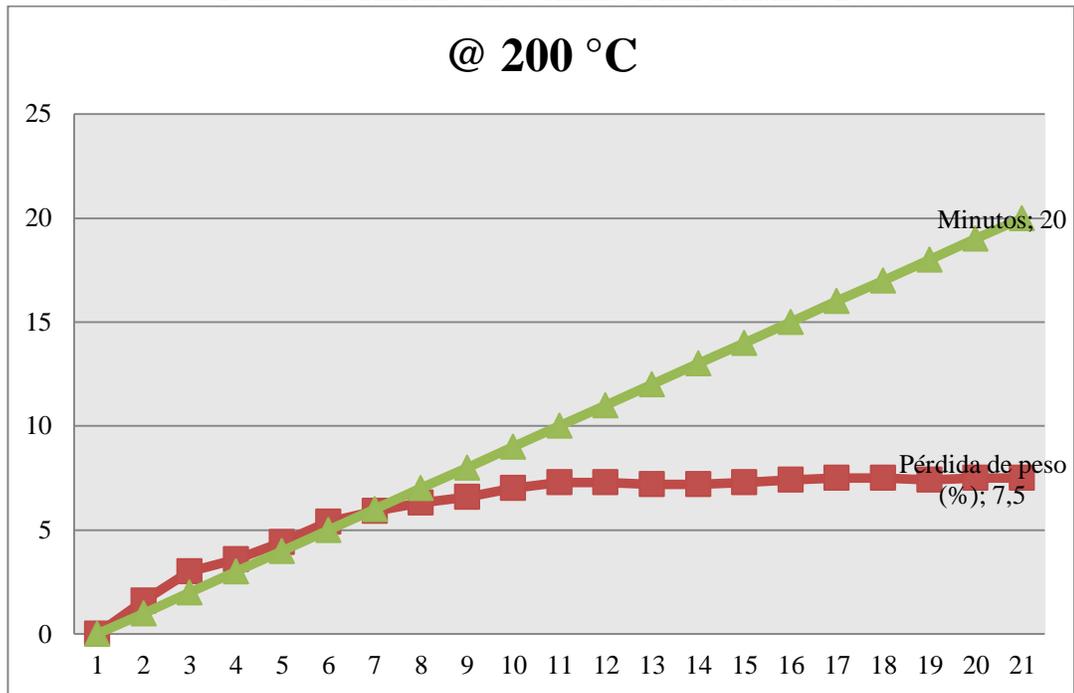
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 21. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 175 °C



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 22. TERMO ESCALAS DEL BAMBÚ 200°C



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Las tiras a 150 ° C, fueron necesarios 18 minutos para que se seque por completo, y hasta los 24 minutos, no se perdió más peso. Se pudo observar que el contenido de humedad era del 6%.

Las tiras calentadas a 175 ° C, habían perdido un poco más del 6% después de aproximadamente 12 a 14 minutos, y comenzó a perder más peso desde los 16 hasta los 18 minutos en adelante. Alrededor del 7% de peso se pierde después de 20 a 24 minutos. Posiblemente toda la humedad.

Las últimas tiras, se calienta a 200 grados, suelta más peso y mucho más rápido. Cerca de 7.5% se retiró después de 10 minutos, y que parece ser todo lo que puede ser expulsado a esa temperatura, ya que nada más sucede hasta 20 minutos de tiempo de exposición. Obviamente, el agua libre y el agua unida a las células se retiraron simultáneamente.

3.6.3 Visualización del tratamiento de calor

La degradación térmica mencionada se evidencia a simple vista por el cambio de color que adquiere el bambú según su exposición a temperaturas altas y al tiempo al que está expuesto el mismo. En la **Figura 30**, claramente se puede apreciar dicha coloración, la cual de un lado fue expuesto al calor y el otro no estuvo sometido a altas temperaturas.

Figura 30. VISUALIZACIÓN DEL BAMBÚ A DIFERENTES TEMPERATURAS



Fuente: Grupo Investigador

3.7 Selección de probetas

Las probetas están seleccionadas según la norma técnica colombiana **NTC 5525**(VER ANEXO V) y la Norma **ISO/TC 165 N315** Laboratory Manual on Testing Methods for Determination of Physical And Mechanical Properties Of Bamboo INBAR.

En la **Tabla 26** se detalla los datos generales de la especie *Phyllostachys aurea* y la localidad la cual se eligió para el estudio del material.

Tabla 26. GENERALIDADES DE LA ESPECIE

Nombre botánico	<i>Phyllostachys aurea</i>
Nombre de sitio	Guayas
Nombre de la localidad	El Empalme
Cantidad de rodales	5
Cantidad de culmos	20
Estado de madures	Hecha
Detalles de los culmos	Simétricos
Número de entrenudos en 1m de longitud	4
Fecha de corte	27/06/2013

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.7.1 Resistencia a la compresión

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los especímenes a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla (**VER ANEXO VI**). La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal del espécimen. El módulo de elasticidad se halla determinando la pendiente de la curva esfuerzo-deformación unitaria del material

a) *Dimensionamiento de probetas*

Las probetas están dimensionadas bajo la Norma Técnica Colombiana **NTC 5525** estableciendo los siguientes parámetros:

➤ *Contenido de humedad*

$$CH = \frac{(P1 - P2) * 100}{P2}$$

Dónde:

P1: peso de la muestra en estado natural

P2: peso de la muestra seca al horno durante 24 horas.

➤ *Densidad básica*

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

Dónde:

Psh: peso seco al horno

Vv: volumen verde

➤ *Altura de la probeta*

$$h=2(D)$$

Dónde:

D: diámetro exterior

b) Cálculos y expresión de resultados

➤ **Esfuerzo último a la compresión**

$$\sigma_{ult} = \frac{4F_{ult}}{\pi(\overline{D_e}^2 - (\overline{D_e} - 2\overline{e})^2)}, \text{ MPa}$$

En el cual:

σ_{ult} = Esfuerzo de compresión último

F_{ult} = Carga máxima de falla

$\overline{D_e}$ = Diámetro exterior promedio

e = Espesor promedio

➤ **Módulo de elasticidad**

$$\varepsilon = \frac{\delta_{media}}{L_o}$$

Donde:

L_o = Distancia vertical entre el eje del tornillo de sujeción del deformímetro y el extremo del espigo de este, medido una vez realizado el montaje antes del proceso de carga.

El módulo de elasticidad, se encuentra definido sobre la curva Esfuerzo / Deformación unitaria, aquellos puntos que reflejan proporcionalidad y sobre los cuales se ajusta por concepto de regresión lineal una curva; entonces la pendiente calculada será igual al módulo de elasticidad en cada probeta. El esfuerzo máximo para determinar el límite de proporcionalidad deberá ser igual al 55 % delo esfuerzo último.

➤ *Esfuerzo admisible*

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de la compresión se utilizan dos:

FS = 1.6 (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad).

FDC = 1.25 (Factor de duración de carga).

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

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

$$\sigma_{adm} = 0.5 * 28 = 14MPa$$

Tabla 27. RESULTADOS DE COMPRESIÓN

PROBETA	LONGITUD	DIAMETROS	ESPESOR	Kgf/cm ²
P-01	70	35	4	143
P-02	70,4	35,2	4,1	142
P-03	71,2	35,6	4,4	139
P-04	70,8	35,4	4,3	135
P-05	71,6	35,8	4,6	132
P-06	71,4	35,7	4,5	131
P-07	71,6	35,8	4,6	132
P-08	70,4	35,2	4,1	142
P-09	71	35,5	4,4	137
P-10	70,2	35,1	4,1	139
P-11	71,8	35,9	4,8	143
P-12	71,4	35,7	4,5	131
P-13	70,8	35,4	4,3	135
P-14	70,4	35,2	4,1	142
P-15	71,2	35,6	4,4	139
MÁXIMO	71,8	35,9	4,8	142,8
MÍNIMO	70	35	4	130,5
PROMEDIO	70,9	35,45	4,4	137

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.7.2 *Cálculo de resistencia a flexión*

Una viga constituye un miembro estructural que se somete a cargas que actúan transversalmente al eje longitudinal. Las cargas originan acciones internas, o resultantes de esfuerzo en forma de fuerzas cortantes y momentos flexionantes (**VER ANEXO VII**).

a) Dimensionamiento de probetas

Las probetas están dimensionadas bajo la Norma Técnica Colombiana **NTC 5525** estableciendo los siguientes parámetros:

➤ *Contenido de humedad*

$$CH = \frac{(P1 - P2) * 100}{P2}$$

Dónde:

P1: peso de la muestra en estado natural

P2: peso de la muestra seca al horno durante 24 horas.

➤ *Densidad básica*

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

Dónde:

Psh: peso seco al horno

Vv: volumen verde

➤ *Longitud de la barra*

Luces cortas (<1.50m), intermedias (1.50m-2.00m) y largas (>2.00m)

b) *Cálculos y expresión de resultados*

➤ *Momento de inercia*

$$I_B = \pi / 64 \times [D^4 - (D - 2t)^4]$$

Dónde:

IB= Momento De Inercia

D= Diámetro Exterior

t= Espesor

➤ *Resistencia última*

$$\sigma_{ult} = F \times L \times \frac{D/2}{6} \times I_B$$

Dónde:

F: es carga máxima aplicada, en N (la carga aplicada en los dos puntos)

L: es la luz, en mm (o espacio de separación)

D: es el diámetro externo, en mm, tal como se indica en el numeral 10.5.4

IB: es momento de inercia, en mm⁴, tal como se indica en el numeral 10.5.4

➤ *Módulo de elasticidad (módulo de young)*

$$E = 23 \times F \times L^3 / 1296 \times \delta \times I_B$$

Dónde:

F,L y IB son igual a la fórmula del numeral 10.6.1

δ Es la deflexión en el punto medio de la luz en mm

Tabla 28. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

PROBETA	LONGITUD	DIAMETROS	ESPESOR	Kgf/cm²
P-01	1500	35,7	4,5	141
P-02	1500	35,2	4,1	152
P-03	1500	35,8	4,6	142
P-04	1500	35,4	4,3	145
P-05	1500	35,8	4,6	142
P-06	1500	35,6	4,4	149
P-07	1500	35	4	153
P-08	1500	35,2	4,1	152
P-09	1500	35,9	4,8	153
P-10	1500	35,7	4,5	141
P-11	1500	35,9	4,8	153
P-12	1500	35,6	4,4	149
P-13	1500	35,1	4,1	149
P-14	1500	35,5	4,4	147
P-15	1500	35,2	4,1	152
MÁXIMO	1500	35,9	4,8	153,0
MÍNIMO	1500	35	4	140,7
PROMEDIO	1500	35,45	4,4	147

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.7.3 Resistencia al cizallamiento

Cuando el esfuerzo cortante es generado por acción de fuerzas directas que tratan de cortar el material, se trata de cortante directo o simple; el esfuerzo cortante se presenta también de manera indirecta en miembros que trabajan a tracción, torsión y flexión. La distribución de esfuerzos cortantes sobre una sección, se sabe que es mayor en el centro y se hace nula en los extremos (**VER ANEXO VIII**).

a) Dimensionamiento de probetas

Las probetas están dimensionadas bajo la Norma Técnica Colombiana **NTC 5525** estableciendo los siguientes parámetros:

➤ **Contenido de humedad**

$$CH = \frac{(P1 - P2) * 100}{P2}$$

Dónde:

P1: peso de la muestra en estado natural

P2: peso de la muestra seca al horno durante 24 horas.

➤ **Densidad básica**

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

Dónde:

Psh: peso seco al horno

Vv: volumen verde

➤ **Altura de la probeta**

$$h = D$$

Donde:

h= altura

D= diámetro exterior

a) *Cálculos y expresión de resultados*

➤ *Resistencia última al corte*

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t \times L)}$$

τ_{ult} es la resistencia última al corte, en MPa, con aproximación, por exceso o por defecto decimal.

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

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

➤ *Esfuerzo admisible*

$$\phi = \frac{1}{FS}$$
$$\sigma_{adm} = \phi * \sigma_u$$

ϕ = Coeficiente De Variación

FS=4 (factor de seguridad)

σ_{adm} =Esfuerzo Admisible

σ_u = Esfuerzo Último

Tabla 29. RESULTADOS DE CORTE

PROBETA	LONGITUD	DIAMETROS	ESPEJOR	Kgf/cm²
P-01	70,8	35,4	4,3	146
P-02	70,4	35,2	4,1	152
P-03	70	35,7	4,5	140
P-04	70,4	35,2	4,1	151
P-05	71,6	35,8	4,6	141
P-06	71,4	35,6	4,4	148
P-07	71,6	35	4	154
P-08	70,2	35,7	4,5	140
P-09	71	35,9	4,8	154
P-10	70,8	35,1	4,1	148
P-11	71,8	35,9	4,8	154
P-12	71,4	35,6	4,4	150
P-13	71,2	35,2	4,1	151
P-14	70	35,7	4,5	142
P-15	70,4	35,5	4,4	148
MÁXIMO	71,8	35,9	4,8	154,0
MÍNIMO	70	35	4	139,7
PROMEDIO	70,9	35,45	4,4	147

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.8 Diseño y cálculo estructural

3.8.1 Criterios para el diseño

Introducción

A continuación se detalla ciertas consideraciones a tomarse en cuenta, al momento de iniciar el diseño de una silla de ruedas manual, factores que serán de importantes para que el usuario se sienta más cómodo.

a) Gammas de movimiento

Se tomó en cuenta el grado de movilidad de la columna, hombro, codo, muñeca y dedos para poder realizar todo el recorrido de propulsión óptimo. En caso de tener una buena movilidad en estas articulaciones, el recorrido más eficaz es el indicado en la **Figura 31**, iniciando por detrás del tronco hasta terminar a la altura de los muslos. De esta forma se aprovecha la flexión de los músculos del brazo que permiten aplicar la fuerza.

Figura 31. ALCANCE DE PROPULSIÓN

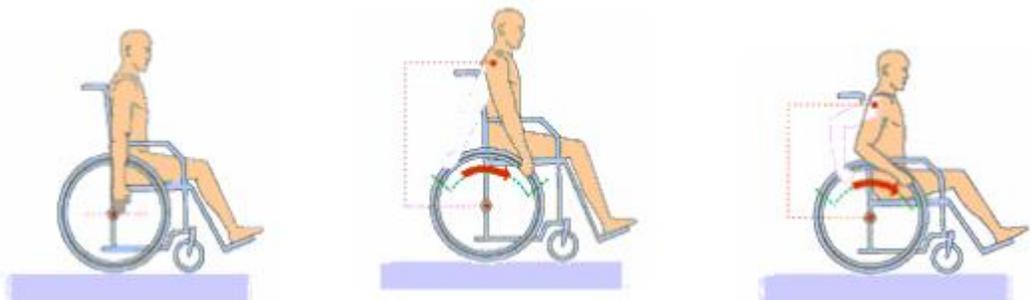


Fuente: IMAGINA

b) Altura y posición de las ruedas

Para lograr una propulsión más eficaz, las ruedas traseras están situadas a una altura tal que el usuario con el hombro relajado y dejando caer el brazo estirado pueda tocar con la punta de los dedos el eje de la rueda trasera. Si el eje de la rueda queda más alto de lo indicado, el aro de empuje le quedará también alto, y el usuario deberá flexionar demasiado los brazos para propulsarse. La propulsión será más incómoda e ineficiente. Si por el contrario el eje de la rueda está más abajo que la punta de los dedos, el usuario deberá realizar la propulsión con los brazos demasiado estirados, y no podrá aplicar la fuerza necesaria para la propulsión correcta **Figura 32**.

Figura 32 ALTURA DE RUEDAS

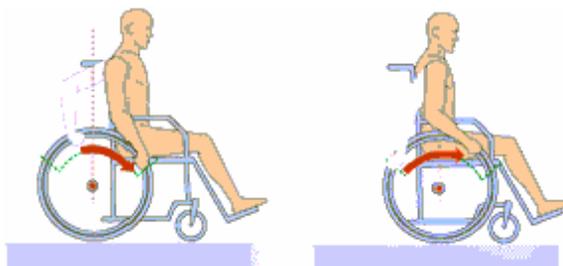


Fuente: IMAGINA

Esta misma regla marca también la posición óptima de la rueda, ya no en altura sino en ubicación horizontal respecto al paciente. Si la rueda está adelantada y el eje queda por delante de los dedos, el usuario iniciará la propulsión demasiado atrás y no podrá completar todo el recorrido. Si el eje queda por detrás de los dedos, el usuario empezará la propulsión adelantado y por lo tanto tendrá un recorrido más corto y menos eficiente **Figura 33.**

La posición de la rueda trasera afecta también a la estabilidad de la silla. Si la rueda está más retrasada la silla será más estable pero también requiere mayor energía para la propulsión. La silla de ruedas posee el eje al centro de la barra vertical para evitar la fatiga del usuario.

Figura 33 POSICIÓN DE RUEDAS HORIZONTALES



Fuente: IMAGINA

c) Tamaño de las ruedas

La rueda trasera más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también realiza un recorrido más corto. Se suelen utilizar ruedas inferiores a 600 mm (24") en usuarios con dificultad de movimiento en los hombros o columna cifótica. También se utilizan ruedas más pequeñas en sillas de niños para que el aro de empuje quede a una altura más adecuada a la longitud de sus brazos.

d) Distancia entre los ejes

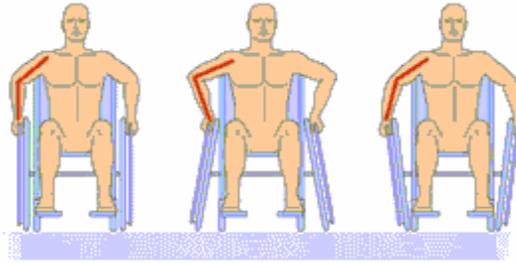
La distancia considerada para la silla de ruedas es corta, esto permite el giro con mayor facilidad y se maneja más fácil ya que no se necesita mayor esfuerzo para su propulsión.

e) Ángulo de las ruedas

Las ruedas traseras se encuentran paralelas a la estructura haciendo que el esfuerzo en el eje sea menor y proporcional pues si las ruedas están más anchas en la base, los brazos quedarán demasiado cerca al cuerpo y, si por el contrario si las ruedas están muy juntas en la base, la energía de propulsión será mayor, sin mencionar que la silla de ruedas quedará inestable como se puede apreciar en la **Figura 34**.

En algunos casos se debe dejar las ruedas traseras con una inclinación adecuada para que exista mayor estabilidad en las curvas, tal es el caso de las sillas de ruedas deportivas que constantemente se encuentran expuestas a giros y desplazamientos bruscos por lo que se justifica este tipo de ajustes.

Figura 34. DISTINTOS ÁNGULOS DE LAS RUEDAS TRASERAS

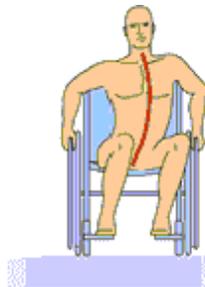


Fuente: IMAGINA

f) Tamaño del asiento

Asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible. Si el asiento es demasiado ancho (**Figura 35**), el usuario tenderá a no sentarse simétricamente, si es demasiado estrecho existe el riesgo de que se produzcan escaras por presión.

Figura 35. ASIENTO DEMASIADO ANCHO



Fuente: IMAGINA

Si es demasiado corto, los muslos no se apoyan en el asiento en toda su longitud de forma que se acumula mayor presión en los glúteos pudiendo complicar la comodidad del usuario. (**Figura 36**).

Figura 36. ASIENTO DEMASIADO CORTO



Fuente: IMAGINA

Si es demasiado largo, puede producir tensión en la zona posterior de la rodilla (**Figura 37**). También dificultará que el usuario obtenga el soporte adecuado del respaldo, ya que tenderá a deslizarse en el asiento para evitar la tensión.

Figura 37. ASIENTO DEMASIADO LARGO



Fuente: IMAGINA

La longitud óptima del asiento está considerado a partir que el usuario se encuentre bien sentado o erguido y deje una distancia aproximada de dos dedos de espacio entre el final del asiento y la zona interna de las rodillas del usuario (**Figura 38**).

Se realiza este tipo de configuración para evitar roces en la zona posterior de la rodilla y con ello puedan aparecer escaramientos.

Figura 38. ASIENTO ÓPTIMO



Fuente: IMAGINA

g) Soporte de los pies

Una vez establecido el ángulo de la cadera cercano a los 90° , la mayoría de las personas se sentirán cómodas si las rodillas se encuentran también en un ángulo de 90° . Este mismo ángulo se debe mantener también en los tobillos. Por lo tanto desde el punto de vista ergonómico los reposapiés deberían asegurar que el pie formase un ángulo de 90° respecto a la tibia. Sin embargo en adultos, normalmente no se da, porque de esta forma las plataformas del reposapiés impiden el libre giro de las ruedas delanteras. En sillas normales tiende a aproximarse lo más posible a los 90° . En usuarios con piernas largas el ángulo del reposapiés deberá ser inferior para que las plataformas no entorpezcan actividades como subirse en una acera. La altura a la que estén colocadas las plataformas también es importante. Si están demasiado bajas o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que sus caderas.

De esta forma el usuario tenderá a deslizarse en el asiento, dificultando la propulsión y aumentando el rozamiento en los glúteos.

Si las plataformas están demasiado altas o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas.

Es por ello que se la altura óptima se ha considerado en 20 cm de altura del piso a la punta del reposapiés.

Figura 39. REPOSAPIÉS DEMASIADO BAJO



Fuente: IMAGINA

Figura 40. REPOSAPIÉS DEMASIADO ALTO



Fuente: IMAGINA

h) Altura del respaldo

El respaldo debe ser lo bastante alto como para estabilizar la región lumbar superior. Por encima de este nivel la altura del respaldo depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario.

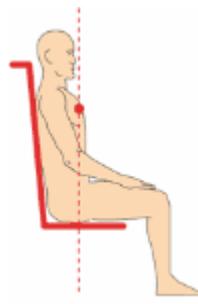
En lesionados medulares cuanto más alta es la lesión necesitarán un respaldo más alto para dar soporte al tronco. También se recomienda un respaldo más alto para dar seguridad al usuario que usa por primera vez una silla de ruedas. Una vez acostumbrado y si su lesión lo permite, tenderá a respaldos más bajos que ofrecen mayor libertad de movimientos del tronco.

i) Forma del respaldo y ángulo

El ángulo correcto y con el cuál se trabajó en el proyecto, es de un respaldo ligeramente reclinado haciendo que la fuerza de gravedad recaiga directamente en su pecho y sienta mayor comodidad y mejor ángulo visual. **(Figura 41).**

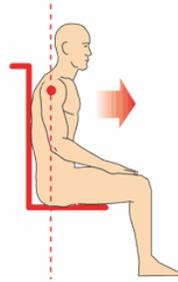
Un respaldo completamente recto hace que la fuerza de gravedad recaiga en los hombros del usuario por lo que éste tenderá a inclinarse hacia adelante para compensarla **(Figura 42)**. Un respaldo demasiado reclinado resulta incómodo porque el usuario ve reducido su campo visual **(Figura 43)**.

Figura 41. RESPALDO ÓPTIMO



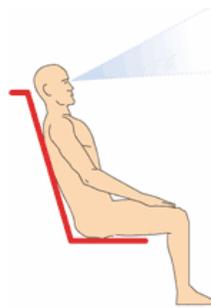
Fuente: IMAGINA

Figura 42. RESPALDO INCORRECTO



Fuente: IMAGINA

Figura 43. RESPALDO INCORRECTO



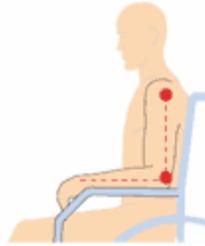
Fuente: IMAGINA

j) Apoyabrazos

Los apoyabrazos permiten descanso a los brazos y apoyo para la acción de los músculos del cuello. Cuando se ajustan de manera adecuada, los antebrazos del usuario apoyados deben quedar a 90° del codo.

Si los apoyabrazos son demasiado altos los hombros quedarán forzados hacia arriba dando lugar a dolores musculares en la zona cervical. Si los apoyabrazos están demasiado bajos el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice. En el caso de usuarios activos una base de asiento estable puede eliminar la necesidad de apoyabrazos.

Figura 44. ÁNGULO CORRECTO



Fuente: IMAGINA

3.8.2 Ergonomía del diseño

La independencia en una silla de ruedas puede facilitarse o empeorarse como resultado de una toma de medidas correcta o no. Se entiende que la silla es una extensión del individuo y que cada individuo tiene unas necesidades que deben ser tomadas en consideración.

Las medidas deben tomarse en una superficie plana y preferentemente dura con una almohadillada máximo de 2,5 a 3 cm. Si se realizara en una cama, sobre la tapicería de una silla de ruedas o sobre cualquier otra superficie blanda, puede que éstas no sean las correctas.

El espacio personal del usuario es muy importante. Se debe respetar siempre y pedir permiso cuando se tenga que tocar o aproximar al usuario ya que estaremos invadiendo su espacio personal.

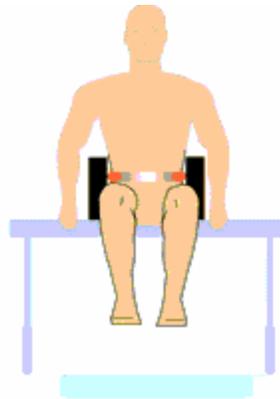
Al tomar medidas el usuario debe posicionarse en la postura correcta que después va a adoptar en la silla de ruedas. En algunos casos es necesaria la colaboración de amigos o familiares. Así mismo deberá considerarse la ropa que lleve puesta en ese momento y la que llevará habitualmente.

Las medidas relevantes que se tomaron en cuenta son:

a) Anchura pélvica

Medida que se corresponde en la silla a la anchura del asiento de la silla. Equivale a la máxima anchura de las caderas en el punto más ancho de las mismas. Un modo práctico de medirla es colocando al paciente sentado sobre una mesa con dos topes a ambos lados de la cadera y medir la distancia existente entre las caras internas de ambos topes (**Figura 45**).

Figura 45. FORMA DE MEDIR LA ANCHURA PÉLVICA



Fuente: IMAGINA

Ésta medida determinará los siguientes factores:

Acceso a las ruedas

Un asiento demasiado ancho dificultará el acceso del paciente para propulsar la silla y aumentará innecesariamente la anchura total de la silla, dificultando su entrada en ambientes interiores.

Posición Pélvica Y Estabilidad

Un asiento demasiado ancho provocará un aumento del riesgo de oblicuidad pélvica, con el consecuente riesgo de escoliosis

Crecimiento

En el caso de usuarios en etapa de crecimiento, si queremos que el niño crezca sin deformidades en la columna por efectos de la silla, debemos acoplar un sistema especial, que le posicione correctamente y le proporcione un soporte extra en los laterales.

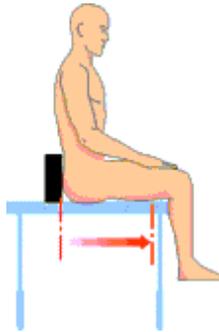
b) Longitud del muslo

Medida que se corresponde con la profundidad del asiento. Un método práctico para medir la profundidad del asiento de la silla es colocar al paciente sentado en una mesa con el borde anterior de la mesa a tres dedos de la flexura de la rodilla y con un tope en la parte posterior de la espalda. Medir desde el plano vertical posterior de la espalda hasta el borde de la mesa. Esta medida deberá realizarse tanto en el muslo derecho como en el izquierdo, para considerar cualquier discrepancia. De esta toma de medidas dependerá:

- Distribución de la presión. A mayor superficie de apoyo, mayor distribución del peso.
- Posición pélvica y estabilidad. A mayor superficie de apoyo, mayor base de estabilidad.
- Longitud total de la silla y maniobrabilidad.

Si el asiento es demasiado corto, la mayor distribución del peso recaerá en la zona de riesgo de escaras. Por el contrario, si el asiento es demasiado largo, el paciente sufrirá rozamiento en la flexura de la rodilla y para evitarlo se deslizará sobre la superficie del asiento (**Figura 46**).

Figura 46. LONGITUD DEL MUSLO



Fuente: IMAGINA

c) Longitud de la pantorrilla

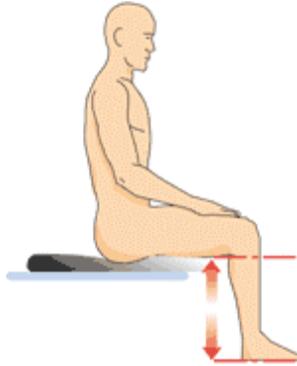
Medida que se corresponde con la longitud del reposapiés y equivale a la distancia desde la flexura de la rodilla hasta la zona de apoyo del talón, con el tobillo en flexión. Hay que considerar cualquier aparato o ayuda que normalmente utilice el individuo. Es importante medir ambas piernas para considerar cualquier discrepancia (**Figura 47**).

De esta medida dependen:

- La distribución de la presión: Un 19% del peso del cuerpo en sedentación se distribuye en los pies.
- Posición pélvica y estabilidad: Si los reposapiés están demasiado largos, los pies van a buscarlos, provocando una retroversión pélvica.

Se considera la altura de la pantorrilla para evitar que la altura de los reposapiés sean los adecuados, y evitar que los pies se arrastren en el traslado del usuario.

Figura 47. LONGITUD DE PANTORRILLA



Fuente: IMAGINA

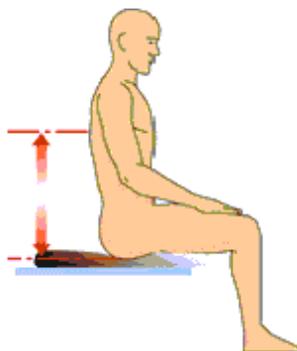
d) Altura inferior de la escápula

Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con control normal de tronco. Se mide desde el plano del asiento hasta el ángulo inferior de la escápula. La altura máxima del respaldo debe quedar 2,5 cm por debajo de la escápula. Hay que considerar los siguientes factores:

- Posible punto de presión.
- La necesidad de soportes torácicos (laterales) y/o lumbares (posteriores).
- Estabilidad y/o movilidad del tronco.

Mediante esta medida se puede diseñar de tal forma que el respaldo quede apropiadamente ajustado al usuario, parte fundamental de la silla pues evita que existan encorvamientos o desplazamiento de la espalda hacia atrás generando complicaciones incluso hasta deformaciones de quienes harán uso de esta asistencia técnica.

Figura 48. ALTURA DEL RESPALDO



Fuente: IMAGINA

e) Anchura del hombro

Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con poco control del tronco. Equivale a la distancia del plano del asiento a la altura del hombro. De esta medida dependerán:

- La estabilidad escapular y movilidad.
- El soporte torácico y lumbar.
- La estabilidad.
- El control de cabeza.

Cuando hay poco control del tronco se recomienda ayudar al paciente basculando lasilla hasta lograr su equilibrio, siempre manteniendo los ángulos de la pelvis, de las rodillas y del tobillo a 90° (salvo que tenga deformidades fijas en las articulaciones). En caso necesario se deberán añadir además, mayor altura del respaldo, soportes laterales, lumbares y cabecero.

f) Altura del asiento al codo (90°)

En el presente proyecto se toma el criterio de una distancia vertical desde la superficie del asiento, hasta la parte más baja del codo. El sujeto permanece erecto, con su brazo colgado relajadamente y el antebrazo y mano extendidos horizontalmente hacia adelante para establecer la altura del reposabrazos considerando los criterios de diseño anteriormente señalados.

3.8.3 Medidas finales de la silla de ruedas

Tomando en consideración los criterios de diseño anteriormente mencionados, y, conociendo los datos proporcionados por ADICO como se muestra en la **Tabla 30** se procedió a determinar las medidas finales que tendrá la silla de ruedas.

Tabla 30. CARTA ANTROPOMÉTRICA

Percentil		A	B	C	D	E	F
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
95	HOMBRES	376	542	442	453	462	298
	MUJERES	357	532	397	405	407	237
5	HOMBRES	304	486	386	387	443	229
	MUJERES	299	475	365	369	372	205

Fuente: ADICO

a) Medidas de la silla de ruedas

Tabla 31. MEDIAS MÁXIMAS DE LA SILLA

MEDIDAS DE LA SILLA	
LONGITUD (mm)	1110
ANCHO (mm)	700
ALTO (mm)	881

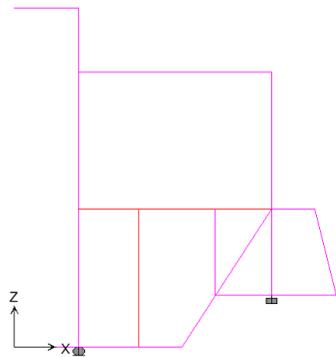
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.9 Cálculo de cargas en la estructura

Las muestras deben estar limpias de materia ajena a su origen, conviene que las muestras posean un sonido claro por percusión, además previamente deben poseer el corte, preservación y secado propuesto por la normativa colombiana ya que el Ecuador no posee normativa vigente al respecto.

La geometría propuesta para el armado se muestra a continuación:

Figura 49. GEOMETRÍA DE ARMADO SILLA ESPECIAL EN BAMBÚ.



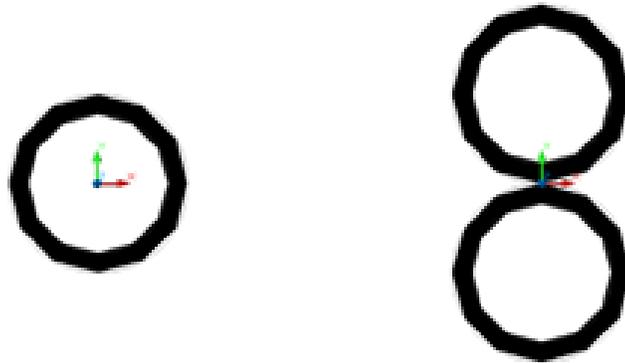
Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Es un armado con uniones rígidas que permiten la transmisión efectiva de las fuerzas, la rigidez en las uniones puede obtenerse con satélites, pernos, cabuya y resina epóxica según la dirección y sentido de las fuerzas.

3.9.1 Descripción de la estructura

Es una geometría ortogonal conformada con una y dos barras con el objeto de controlar las deformaciones por compresión y flexión.

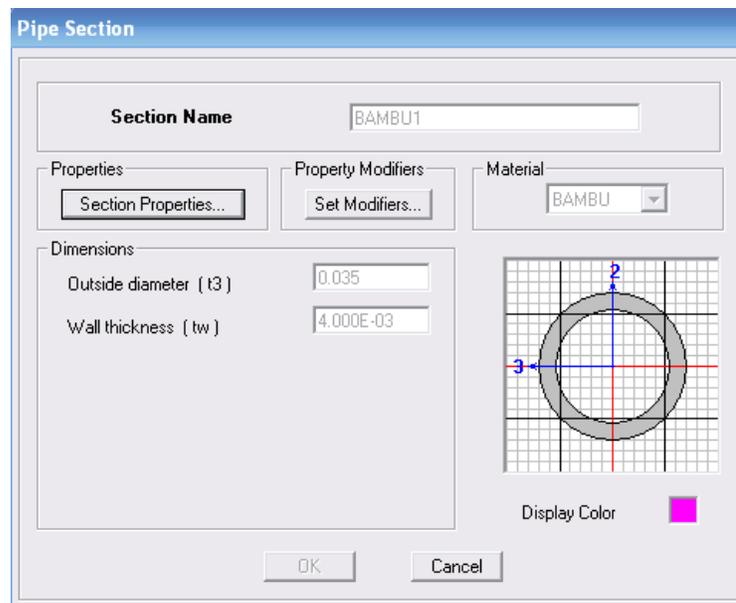
Figura 50. SECCIÓN TRANSVERSAL CON UN DIÁMETRO DE 3.5 CM Y UN ESPESOR DEL TALLO DE 4 MM.



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Las propiedades geométricas del material bambú 1 se presentan en la siguiente tarjeta de ingreso de datos.

Figura 51. SECCIÓN DE TUBO EN BAMBÚ 1



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Figura 52. DATOS GEOMÉTRICOS GENERADOS

Property Data			
Section Name		BAMBU1	
Properties			
Cross-section (axial) area	3.896E-04	Section modulus about 3 axis	2.719E-06
Torsional constant	9.515E-08	Section modulus about 2 axis	2.719E-06
Moment of Inertia about 3 axis	4.757E-08	Plastic modulus about 3 axis	3.865E-06
Moment of Inertia about 2 axis	4.757E-08	Plastic modulus about 2 axis	3.865E-06
Shear area in 2 direction	2.304E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0111
Shear area in 3 direction	2.304E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0.0111

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Las propiedades geométricas del material Bambú2 se presentan en la siguiente tarjeta de ingreso de datos.

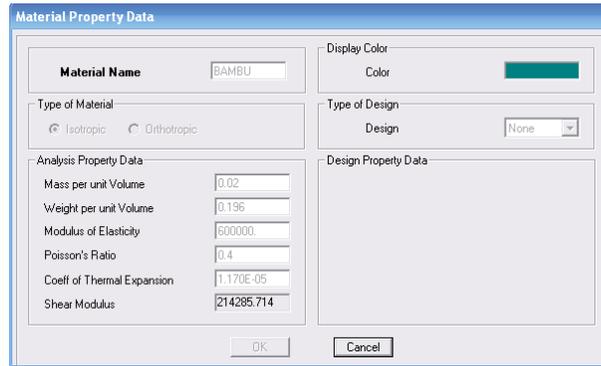
Figura 53. DATOS GEOMÉTRICOS GENERADOS 2

Property Data			
Section Name		BAMBU2	
Properties			
Cross-section (axial) area	7.791E-04	Section modulus about 3 axis	1.
Torsional constant	1.	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	3.300E-07	Plastic modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	1.000E-07	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	1.	Radius of Gyration about 3 axis	0.0207
Shear area in 3 direction	1.	Radius of Gyration about 2 axis	0.0111

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Las propiedades físicas del material Bambú se presentan en la siguiente tarjeta de ingreso de datos.

Figura 54. PROPIEDADES FÍSICAS

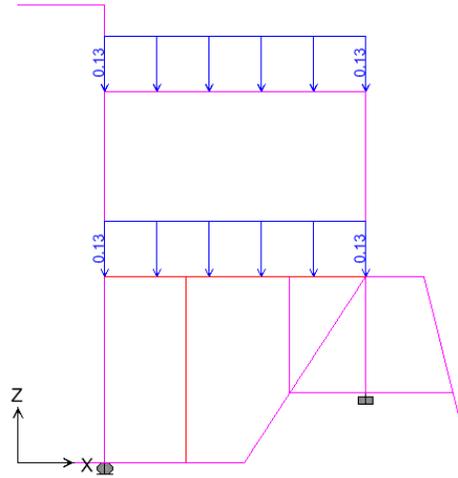


Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.9.2 *Análisis de la estructura de bambú*

Luego de realizados los trabajos preliminares se tienen los datos respectivos para iniciar la simulación numérica en el programa ETABS Vs. 9.50, se expone la siguiente determinación de cargas en las barras horizontales.

$P := 80 \text{ Kg}$	$P := 0.08 \text{ Ton}$
$A_{coop} := 0.45 \cdot 0.50$	$A_{coop} = 0.225 \text{ m}^2$
$\omega := \frac{P}{A_{coop}}$	$\omega = 0.356 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$
$q := \omega \cdot 0.25$	$q = 0.0889 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$
$FS := 1.5$	$SCP := FS \cdot q$
	$SCP = 0.133 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$



Se ha estimado un factor de seguridad de 1.50 para tener la certeza que posibles fallas en el material o sobrecargas en su uso no deterioren el material.

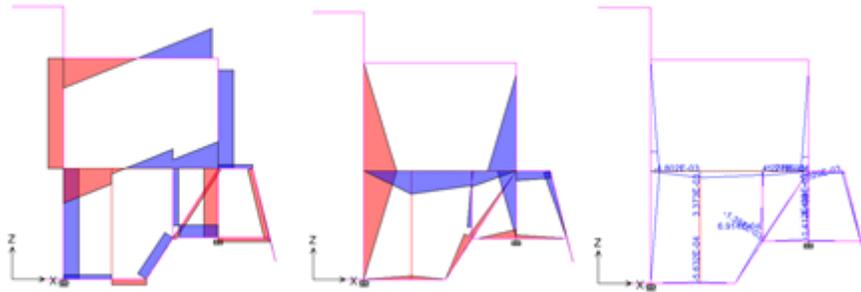
El peso propio del material es despreciable.

3.9.3 Determinación de resultados

Luego de realizada la simulación numérica, con todos los parámetros antes mencionados y utilizando las hipótesis respectivas, se procede a realizar el reporte de resultados y las recomendaciones pertinentes.

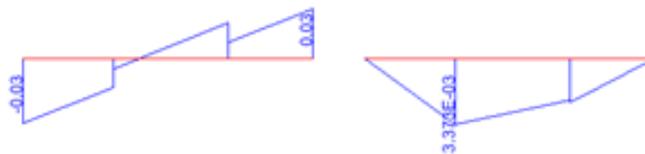
a) Análisis por flexión

Figura 55. DIAGRAMAS DE CORTE, FLEXIÓN Y VALORES DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES EN LAS BARRAS.



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Figura 56. DIAGRAMAS DE CORTE Y FLEXIÓN Y VALORES DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES EN LA BARRA DE ASIENTO.



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Los valores causados por las fuerzas de corte se desprecian por aplastamiento del tubo en bambú.

Para controlar el aplastamiento del tallo es posible usar una lámina tubular interna revestida con una banda de caucho en los extremos donde se presenten valores de las fuerzas cortantes sean altos.

A continuación se ha evaluado la eficiencia de la barra más cargada a flexión.

FLEXION

$$L := 0.57 \text{ m} \quad D1 := 0.035 \text{ m} \quad D2 := 0.027 \text{ m} \quad W := 0.1778 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$A := \frac{\pi \cdot (D1^2 - D2^2)}{4} \quad A = 0.00038956 \text{ m}^2 \quad \sigma_{adm_f} := 1500 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$I_{xg} := \frac{\pi \cdot (D1^4 - D2^4)}{64} \quad I_{xg} = 0.00000005 \text{ m}^4 \quad y := 0.0175 \text{ m}$$

$$\text{Ray} := 0.03 \text{ T}$$

$$M := 0.003373 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$\sigma := \frac{M \cdot y}{I_{xg}} \quad \sigma = 1240.73 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$E_f := \frac{\sigma}{\sigma_{adm_f}}$$

$$E_f = 0.827 \text{ Ok}$$

La barra crítica por flexión es aquella del asiento que en este caso es doble tubo en bambú y si resiste la carga solicitada, trabaja al 82.7% de su capacidad, hay que tomar en cuenta que existe una sobrecarga de servicio incrementada en 1.50 que es el factor de seguridad colocado a la barra.

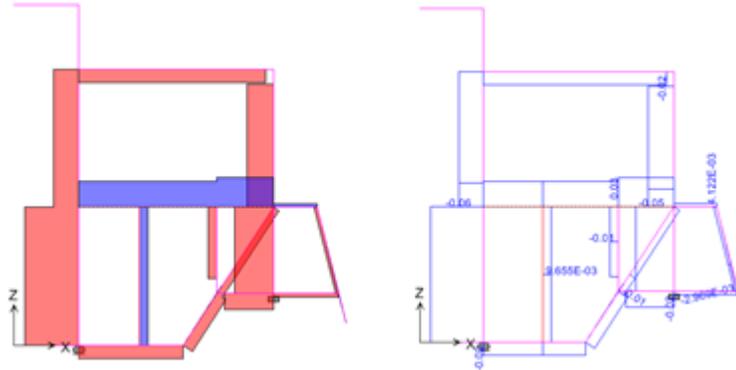
A esto se le puede añadir que los ensayos fueron realizados con probetas limpias, es decir, sin considerar la resistencia de los nudos o llamados también canutos donde posee alta resistencia el bambú.

Este cálculo también se lo puede aplicar a la barra de reposabrazos, ya que es la misma carga a la cual va estar sometida.

b) Análisis por compresión

Diagramas de carga axial en barras y valores en estructura de silla. El color rojo indica compresión y el color azul tensión

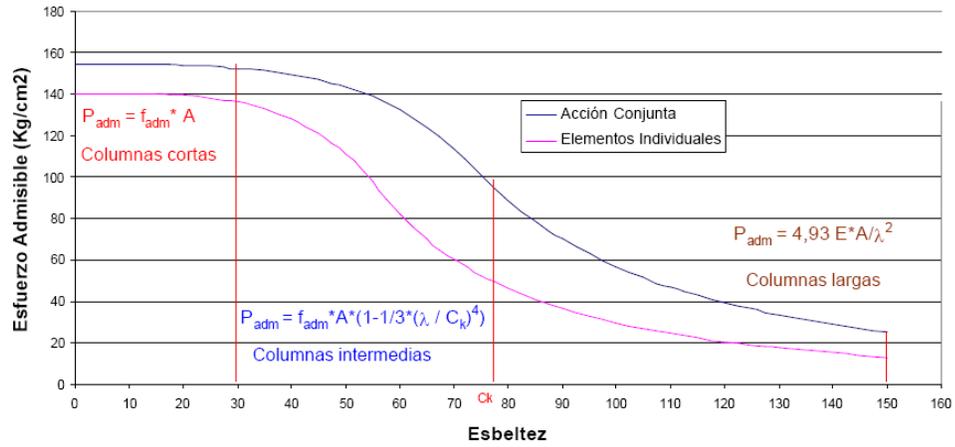
Figura 57. CARGAS A COMPRESIÓN



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Gráfico 23. DIAGRAMA DE EULER

Esfuerzos Admisibles para Elementos a Compresión



Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

El diagrama representa los valores máximos y mínimos de carga axial de Euler.

Calculo de la esbeltez λ

$$P := 0.06 \quad \text{Ton}$$

$$L := 0.79 \quad \text{m}$$

$$D1 := 0.035 \quad \text{m} \quad D2 := 0.027 \quad \text{m}$$

$$A := \frac{\pi \cdot (D1^2 - D2^2)}{4}$$

$$A = 0.00038956 \quad \text{m}^2$$

$$I_{xg} := \frac{\pi \cdot (D1^4 - D2^4)}{64}$$

$$I_{xg} = 0.000000048 \quad \text{m}^4$$

$$r_x := \sqrt{\frac{I_{xg}}{A}} \quad r_x = 0.011 \quad \text{m}$$

$$\lambda_x := \frac{L}{r_x} \quad \lambda_x = 71.487 \quad \text{intermedia}$$

$$\sigma_{adm} := 600 \quad \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$P_{adm} := \sigma_{adm} \cdot A \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\lambda_x}{C_k} \right)^4 \right]$$

$$P_{adm} = 0.183 \quad \text{Ton}$$

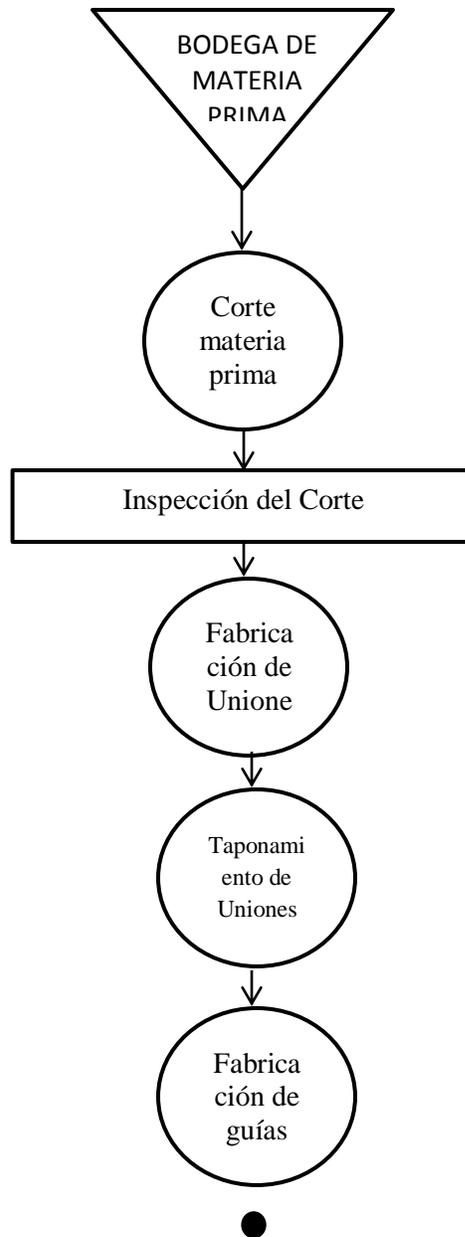
$$E_f := \frac{P}{P_{adm}} \quad E_f = 0.328 \quad \text{Ok}$$

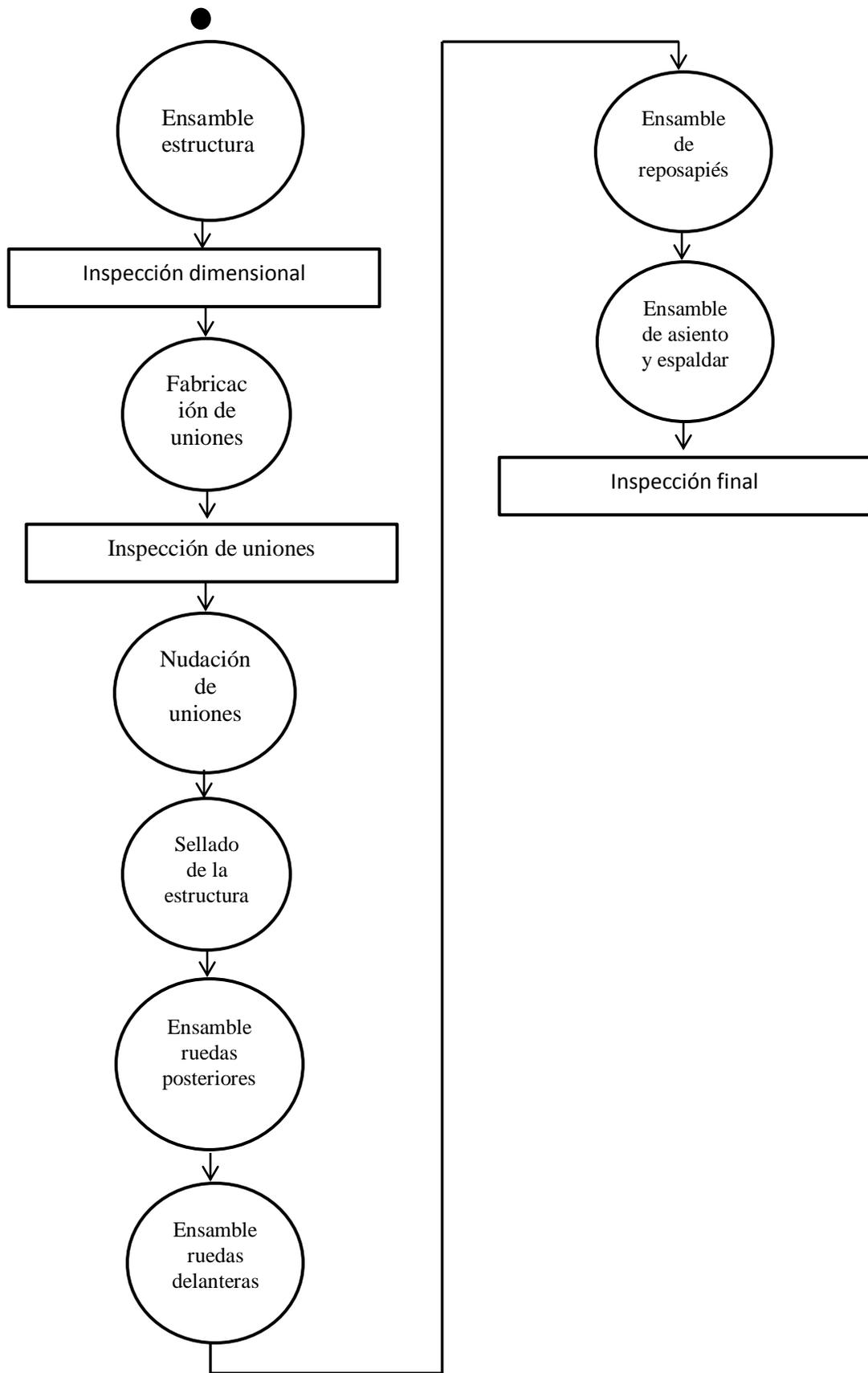
Se puede apreciar un valor estimado de 32.8% de esfuerzo de trabajo en la barra más comprimida, situación que nos indica que el bambú puede soportar cargas de hasta 3 veces el valor calculado sin romperse trabajando aun así en el rango elástico.

Se concluye que las barras comprimidas si soportan las cargas especificadas.

3.10 *Proceso de fabricación*

En la elaboración del prototipo de silla de ruedas manual standard con estructura principal de bambú se lleva a cabo diversos procesos de transformación de la materia prima, con el fin de obtener un producto de calidad, seguridad, durabilidad, confort y resistencia. Estos procesos se detallan en el siguiente diagrama de flujo.





3.10.1 Almacenaje de la materia prima

La materia prima, en este caso el bambú debe almacenarse en bodegas con cubiertas, además debe encontrarse a temperatura ambiente, esto permite que el material no se degrade produciendo daños en su micro estructura o sufra daños por hongos. El material que se almacena en la bodega de materia prima se detalla en la **Tabla 32**.

Tabla 32. MATERIA PRIMA

BODEGA DE MATERIA PRIMA		FICHA TÉCNICA 001														
ALMACENAMIENTO DE BAMBÚ																
	Material:															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bambú</td> <td>Phyllostachys Aurea</td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCIÓN	TIPO	Bambú	Phyllostachys Aurea										
	DESCRIPCIÓN	TIPO														
	Bambú	Phyllostachys Aurea														
	Características Técnicas:															
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tipo De Planta :</td> <td>BAMBU</td> </tr> <tr> <td>Origen :</td> <td>China</td> </tr> <tr> <td>Color:</td> <td>Verde Oscuro</td> </tr> <tr> <td>Velocidad De Crecimiento :</td> <td>5-10 mm/día</td> </tr> <tr> <td>Altura:</td> <td>6-9 metros</td> </tr> <tr> <td>Diámetro:</td> <td>10-70mm</td> </tr> <tr> <td>Ph Suelo:</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		Tipo De Planta :	BAMBU	Origen :	China	Color:	Verde Oscuro	Velocidad De Crecimiento :	5-10 mm/día	Altura:	6-9 metros	Diámetro:	10-70mm	Ph Suelo:	7
	Tipo De Planta :	BAMBU														
Origen :	China															
Color:	Verde Oscuro															
Velocidad De Crecimiento :	5-10 mm/día															
Altura:	6-9 metros															
Diámetro:	10-70mm															
Ph Suelo:	7															
Especificaciones :																
	Dimensiones:															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LONGITUD</th> <th>DIÁMETRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6000mm</td> <td>ø50mm</td> </tr> <tr> <td>6000mm</td> <td>ø42mm</td> </tr> <tr> <td>6000mm</td> <td>ø35mm</td> </tr> </tbody> </table>		LONGITUD	DIÁMETRO	6000mm	ø50mm	6000mm	ø42mm	6000mm	ø35mm						
	LONGITUD	DIÁMETRO														
	6000mm	ø50mm														
6000mm	ø42mm															
6000mm	ø35mm															
Recomendaciones De Almacenaje:																
<p>El Material Debe Estar Bajo Techo</p> <p>La Temperatura Y La Humedad Deben Conservarse Al Ambiente</p> <p>Evitar El Contacto Del Material Con El Agua</p>																

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.2 Corte de la materia prima

El material que proviene de la bodega de materia prima se dirige al proceso de corte, en el, las barras de bambú se cortan en una maquina denominada cortadora de cinta, en las medidas requeridas para la construcción del prototipo. En la **Tabla 33** se detalla las dimensiones del material y las herramientas las cuales se aplican al proceso. Además en la en la **Tabla 34** se describe un diagrama de actividades con los tiempos requeridos.

Tabla 33. PROCESO DE CORTE

CORTE DE LA MATERIA PRIMA			FICHA TÉCNICA 002			
PROCESO DE CORTE						
	Material:					
	DESCRIPCIÓN		TIPO			
	Bambú		Phyllostachys Aurea			
	Herramientas de corte :					
	Maquina :		Cortadora De Cinta			
	Marca :		WORKPAAL WPSC 315			
	Voltaje :		230v 50hz			
Potencia del motor:		150w				
R.p.m.:		370-800 r.p.m				
Especificaciones :						
	Dimensiones De Corte :					
	Cant.	Diámetro	Longitud	Cant.	Diámetro	Longitud
	2	Ø50mm	670mm	2	Ø35mm	530mm
	2	Ø50mm	190mm	2	Ø35mm	510mm
	2	Ø50mm	170mm	2	Ø35mm	430mm
	2	Ø42mm	580mm	4	Ø35mm	410mm
	2	Ø42mm	380mm	2	Ø35mm	280mm
	2	Ø42mm	170mm	2	Ø35mm	120mm
Equipos De Protección Personal:						
Guantes De Cuero Flexibles			Sorderas			
Overol			Gafas De Protección Visual			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 34. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DE CORTE

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01- SEPTIEMBRE -2013				FICHA NÚMERO: 01			
DIAGRAMA NÚMERO: PÁGINA 01 DE 17		RESUMEN					
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
CORTE DE LA MATERIA PRIMA			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	6,00	11,23			
CORTE		Transporte	1,00	3,26			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	18,28				
ÁREA / SECCIÓN: CORTE		Tiempo total	14,49				
ELABORADO POR: JULIO TERAN & DAVID MORENO		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(m)	OBSERVACIONES		
1	Medición De las 14 Secciones De Bambú De ϕ 35mm		7,00	2,80			
2	Corte De Las Secciones Medidas		0,00	2,50			
3	Medición De Las 6 Secciones de Bambú de ϕ 42mm		6,00	1,50			
4	Corte De Las Secciones Medidas		0,00	1,30			
5	Medición De Las 6 Secciones De Bambú de ϕ 50mm		2,00	1,68			
6	Corte De Las Secciones Medidas		0,00	1,45			
7	Traslado De Las 26 Partes Para Inspección De Corte		3,28	3,26			
TOTAL			18,28	14,49			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.3 Inspección del corte

En el proceso de inspección se controla que los cortes estén perpendiculares (90°), esto permite un acoplamiento adecuado y una uniformidad en las uniones de las secciones requeridas en la estructura, además no deben existir rajaduras provocadas por la herramienta de corte ya que esto es perjudicial a la resistencia del material al ser utilizado. En la **Tabla 35** se detalla los instrumentos de medición usadas en este proceso, además en la **Tabla 36** el diagrama de flujo inspección de los cortes.

Tabla 35. INSPECCIÓN DE LOS CORTES

INSPECCIÓN DE LOS CORTES		FICHA TÉCNICA 003								
INSPECCIÓN DE CORTES										
	Material:									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bambú</td> <td>Phyllostachys Aurea</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	TIPO	Bambú	Phyllostachys Aurea					
DESCRIPCIÓN	TIPO									
Bambú	Phyllostachys Aurea									
Características Técnicas Del Instrumento :										
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Escuadra angular</td> </tr> <tr> <td>Marca :</td> <td>Starrett</td> </tr> <tr> <td>Escala angular:</td> <td>De 0 a 180°</td> </tr> <tr> <td>Apreciación:</td> <td>0.5°</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre:	Escuadra angular	Marca :	Starrett	Escala angular:	De 0 a 180°	Apreciación:	0.5°	
Nombre:	Escuadra angular									
Marca :	Starrett									
Escala angular:	De 0 a 180°									
Apreciación:	0.5°									
Especificaciones :										
	Dimensiones Angulares :									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANGULO</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90°±1°</td> <td>18 Cortes</td> </tr> <tr> <td>45°±1°</td> <td>4 Cortes</td> </tr> <tr> <td>30°±1°</td> <td>4 Cortes</td> </tr> </tbody> </table>	ANGULO	CANTIDAD	90°±1°	18 Cortes	45°±1°	4 Cortes	30°±1°	4 Cortes	
ANGULO	CANTIDAD									
90°±1°	18 Cortes									
45°±1°	4 Cortes									
30°±1°	4 Cortes									
Recomendaciones De Inspección:										
<p>Los cortes deben tener una tolerancia de $\pm 1^\circ$ de la inclinación indicada.</p> <p>Las zonas del corte deben estar libres de asperezas, ya que estas producen disfuncionalidad en las mediciones.</p> <p>El material no debe poseer rajaduras por la herramienta de corte en el proceso</p>										

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 36. DIAGRAMA (INSPECCIÓN DE CORTE)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 02			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 3 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
INSPECCION DE CORTES			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	0,00	0,00			
MEDICION DE LAS INCLINACIONES EN LOS CORTES		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	3,45			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	0,00				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	3,45				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(h)	OBSERVACIONES		
1	Inspeccion De Los 12 Cortes De Las Barras De ø50mm		0,00	1,74			
2	Inspeccion De Los 6 Cortes De Las Barras De ø50mm		0,00	0,84			
3	Inspeccion De Los 28 Cortes De Las Barras De ø35mm		0,00	0,87			
TOTAL			0,00	3,45			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.4 Fabricación de uniones

En este proceso se elaboran las uniones de la estructura, las cuales cumplen la función de soporte en los puntos más débiles de la misma, además tienen como finalidad acoplar los diferentes elementos que la constituyen. En la **Tabla 37** se detalla el material para las uniones, como también en la **Tabla 38** el proceso de fabricación de las mismas.

Tabla 37. FABRICACIÓN DE UNIONES

FRABRICACION DE UNIONES		FICHA TÉCNICA 004	
PROCESO DE FABRICACION DE UNIONES			
	Material:		
	DESCRIPCIÓN	TIPO	
	MADERA	Roble	
	Herramientas De Fabricación :		
	Maquina :	Torno Par Madera Manual	
	Marca :	HOLZSTAR	
Capacidad :	370W 230V		
Distancia Entre Puntos:	450mm		
Rpm.:	500 a 3150		

Especificaciones :		Uniones :	
	CANTIDAD	TIPO	
	4	L	
	20	—	
Equipos De Protección Personal:			
Gafas De Protección Visual			
Overol			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 38. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ELABORACIÓN DE UNIONES)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 03			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 03 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
ELABORACION DE UNIONES			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	0,00	43,25			
FABRICACION DE UNIONES		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	0,00				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	43,25				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Torneado De Los 24 Elementos De Union		0,00	24,30			
2	Corte De Los 24 Elementos De Union		0,00	12,60			
3	Cortes Angulares De Los 11 Elementos		0,00	6,35			
TOTAL			0,00	43,25			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.5 Ensamble de uniones

En este proceso las uniones previamente fabricadas ingresan en cada una de las esquinas internas de los elementos de la estructura con un pegamento a base de agua a una temperatura ambiente adhiriéndose así al material. En la **Tabla 39** se detalla los materiales y las herramientas utilizadas en el proceso, además en la **Tabla 40** el diagrama de flujo del mismo.

Tabla 39. ENSAMBLE DE UNIONES

ENSAMBLE DE UNIONES		FICHA TÉCNICA 005							
PROCESO DE ENSAMBLADO DE UNIONES									
	Elementos :								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UNIONES</td> <td>L, —</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIONES	L, —				
DESCRIPCIÓN	TIPO								
UNIONES	L, —								
	Herramientas :								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIJA DE MADERA:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MARTILLO DE GOMA</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	CANTIDAD	LIJA DE MADERA:	2	MARTILLO DE GOMA	1		
TIPO	CANTIDAD								
LIJA DE MADERA:	2								
MARTILLO DE GOMA	1								
Especificaciones :									
	Composición del pegamento :								
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PEGAMENTO :</td> <td>Bioplast</td> </tr> <tr> <td>ELEMENTOS :</td> <td>Agua</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Bicarbonato De Sodio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Producto Lácteo</td> </tr> </tbody> </table>	PEGAMENTO :	Bioplast	ELEMENTOS :	Agua		Bicarbonato De Sodio		Producto Lácteo
PEGAMENTO :	Bioplast								
ELEMENTOS :	Agua								
	Bicarbonato De Sodio								
	Producto Lácteo								
Equipos De Protección Personal:									
Gafas De Protección Visual Guantes									

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 40. FLUJO GRAMA DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE UNIONES)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 04			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 03 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
ENSAMBLE DE UNIONES			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	3,00	25,66			
ADHESION DE UNIONES		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	6,26				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	25,66				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
TEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Lijamiento De Las 24 Uniones		1,00	5,30			
2	Sumersión De Uniones En El Pegamento		1,20	2,36			
3	Acoplacion De Uniones En Los Elementos De La Estructura		1,50	18,00			
4	Secado Del Pegamento A Temperatura Ambiente		2,56	12,00			
TOTAL			6,26	37,66			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.6 Fabricación de guías

En este proceso se fabrican cuatro guías las cuales se deslizan en las barras principales de la silla, cuyo objetivo es proporcionar el movimiento flexionante para que la silla tenga la propiedad de ser plegable. En la **Tabla 41** se describe el material y las herramientas utilizadas para la construcción de las mismas, además en la **Tabla 42** se detallan el diagrama de flujo de proceso, en él se describe el proceso de la elaboración de las guías.

Tabla 41. GUÍAS DE DESLIZAMIENTO

FRABRICACION DE GUÍAS DESLIZABLES		FICHA TÉCNICA 006	
PROCESO DE FABRICACION DE GUÍAS			
	Material:		
	DESCRIPCIÓN		TIPO
	Polímeros		Polipropileno Industrial
	Herramientas De Fabricación :		
	Maquina :	TALADRO FRESADOR	
	Marca :	FLOW TF50	
Potencia:	0.8/1.5kw		
Recorrido del husillo:	130mm		
Giro del cabezal:	±90°		
Peso neto/bruto:	500kg		
Especificaciones :			
	Dimensiones De Las Guías :		
	CANTIDAD	Diámetro x Long.	
	2	ø65x40mm	
	2	ø50x40mm	
Equipos De Protección Personal:			
Gafas De Protección Visual			
Overol			
Guantes			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 42. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (GUÍAS)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 05			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 04 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
FABRICACION DE GUIAS			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	0,00	26,14			
COSNTRUCCION DE GUIAS DESLIZABLES		Transporte	0,00	2,40			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	2,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	1,00	1,59			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	7,00				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	30,13				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Corte De Dos Cilindros De ϕ 65mmx 40mm		0,00	2,50			
2	Cilindrado De Las Guías Girables		0,00	6,30			
3	Medicion De Las Guías Girables		0,00	0,80			
4	Montaje De Las Guías En El Taladro Fresador		3,50	1,25			
5	Fabricacion De Las Guías De Deslizamiento		0,00	4,36			
6	Corte De Dos Cilindros De ϕ 50mmx 40mm		0,00	2,45			
7	Cilindrado De Las Guías Girables		0,00	6,28			
8	Medicion De Las Guías Girables		0,00	0,79			
9	Montaje De Las Guías En El Taladro Fresador		3,50	1,15			
10	Fabricacion De Las Guías De Deslizamiento		0,00	4,25			
TOTAL			7,00	30,13			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.7 Ensamble de la estructura

Una vez que los elementos tienen ensamblados las uniones en sus extremos, se procede a unir la estructura de la silla junto a las guías deslizables con tornillos autoroscantes especialmente contruidos para madera, en la **Tabla 43** se detalla las herramientas utilizadas en el proceso, además en la **Tabla 44** se describe el diagrama de actividades que constituye el ensamblaje total del marco.

Tabla 43. TORNILLOS DE ENSAMBLE

ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA		FICHA TÉCNICA 007
PROCESO DE UNION DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA		
Material:		
	DESCRIPCIÓN	TIPO
	TORNILLO	AUTOENROSCANTE
Herramientas :		
Maquina :	TALADRO MANUAL	
Marca :	BLACK& DECKER	
Potencia:	300W	
Velocidad:	0-3000rpm.	
Capacidad Mandril:	De	1.5-10mm
Especificaciones :		
	Dimensiones De Los Tornillos :	
	CANTIDAD	Diámetro x Long.
16	10x 35	
20	10x50	
Equipos De Protección Personal:		
Gafas De Protección Visual		
Overol		
Guantes		

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 44. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE PROCESO										
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 06						
DIAGRAMA NÚMERO: 01		PÁGINA 05 DE 17		RESUMEN						
PROCESO:				ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA	
ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA					CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO
ACTIVIDAD:				Operación	19,00	55,57				
UNION DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA				Transporte	0,00	0,00				
TIPO DE DIAGRAMA:		MATERIAL ()		Espera	0,00	0,00				
		OPERARIO (X)		Inspección	0,00	0,00				
MÉTODO:		ACTUAL (X)		Almacenamiento	0,00	0,00				
		PROPUESTO ()		Distancia total	42,90					
ÁREA / SECCIÓN:				Tiempo total	55,57					
ELABORADO POR:				APROBADO POR:						
ITEM	DESCRIPCIÓN			PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES			
1	Medición Y Perforación De Los Parantes Principales			① → D ▽	3,56	4,14				
2	Montaje De Apoyabrazos Y Asiento			② → D ▽	1,36	6,12				
3	Montaje Y Sujeción De Parantes Deslizables Paralelos A Los Principales			③ → D ▽	7,25	6,27				
4	Montaje De La Base De La Estructura			④ → D ▽	5,32	8,36				
5	Montaje Y Sujeción De Los Soportes De Los Reposapiés			⑤ → D ▽	4,28	2,13				
6	Medición y Acoplamiento De Los Travesaños Del Asiento			⑥ → D ▽	3,24	6,30				
7	Perforación De La X De Deslizamiento			⑦ → D ▽	1,85	1,28				
8	Montaje y Sujeción De Los Bocines De Bambú Giratorios			⑧ → D ▽	6,48	6,40				
9	Fabricación Y Sujeción de Los Porta Ejes Para Las Ruedas Delanteras			⑨ → D ▽	9,56	14,57				
TOTAL					42,90	55,57				

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.8 Inspección dimensional

Una vez que los elementos del marco están sujetos, se procede a una revisión dimensional de la estructura, controlando su simetría y dimensionamiento, los cuales están regidos en los planos del diseño previamente realizados. En la **Tabla 45** se describe los instrumentos de medición utilizados en el proceso, además en la **Tabla 46** se detalla el diagrama de flujo de operaciones de la inspección dimensional de la estructura.

Tabla 45. INSPECCIÓN DIMENSIONAL

INSPECCIÓN DIMENSIONAL		FICHA TÉCNICA 008
INSPECCIÓN DIMENSIONAL DE LA ESTRUCTURA		
Elemento De Inspección :		
	DESCRIPCIÓN	TIPO
	Estructura	Manual estándar
Herramienta :		
	Nombre:	Flexo metro
	Marca :	STANLEY
	Longitud:	3m
	Peso:	140g.
Especificaciones :		
	Dimensiones :	
	DETALLE	LONGITUD
	Ancho Del Marco	480mm
	Longitud Del Marco	740mm
	Altura Del Asiento Al Apoyabrazos	280mm
	Altura Del Marco	800mm
Recomendaciones De Inspección:		
Los elementos deben estar paralelos entre los mismos.		
Los laterales del marco deben estar simétricos entre sí.		
Las dimensiones deben estar al margen del diseño expuesto ya que este cumple con la normativa.		

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 46. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (REVISIÓN DIMENSIONAL DEL MARCO)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 07			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 06 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
INSPECCION DIMENSIONAL			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	0,00	0,00			
REVISION DE LAS DIMENSIONES DEL MARCO		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	4,50	7,95			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	4,50				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	7,95				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Revisión De Los Parantes Izquierdos Del Marco		2,00	3,50			
2	Revisión De Los Parantes Derechos Del Marco		1,50	3,20			
3	Revisión De Los Parantes Del Mecanismo Plegable Del Marco		1,00	1,25			
TOTAL			4,50	7,95			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.9 Fibración de uniones

Obtenido el montaje de la estructura, se procede a unir las partes con una fibra a base de resina con la finalidad de obtener la mayor rigidez en los puntos de unión de la misma, en la **Tabla 47** se detalla los materiales y herramientas utilizadas en el proceso, además en la **Tabla 48** se presenta el diagrama de flujo de actividades concerniente al proceso de fibración de las uniones.

Este proceso se lo realiza en una ambiente abierto y bien ventilado con el fin de no concentrar los vapores volátiles de la resina, protegiendo así la integridad física de quien lo realice.

Tabla 47. FIBRACIÓN DE UNIONES

FIBRACIÓN DE UNIONES	FICHA TÉCNICA 009
PROCESO DE FIBRACIÓN DE LAS UNIONES DE LA ESTRUCTURA	



Elementos :

DESCRIPCIÓN	TIPO
UNIONES	L,T, +

Materiales :

TIPO	CANTIDAD
Resina preparada:	1lt
Lana De Vidrio:	1m

Especificaciones :



Composición De La Resina :

PEGAMENTO :	Fibra de vidrio
ELEMENTOS :	Resina al 70-30

Equipos De Protección Personal:

Gafas De Protección Visual

Guantes

Overol

Respirador

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 48. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (FIBREADO DE UNIONES)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES												
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013					FICHA NÚMERO: 08							
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 01 DE 01			RESUMEN							
PROCESO:		FIBREADO			ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA	
							CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO
ACTIVIDAD:		Operación					3,00	48,70				
		FIBRADO DE UNIONES			Transporte		0,00	0,00				
TIPO DE DIAGRAMA:		MATERIAL ()			Espera		1,00	125,00				
		OPERARIO (X)			Inspección		0,00	0,00				
MÉTODO:		ACTUAL (X)			Almacenamiento		0,00	0,00				
		PROPUESTO ()			Distancia total		4,00					
ÁREA / SECCIÓN:					Tiempo total		173,70					
ELABORADO POR:					APROBADO POR:							
ITEM	DESCRIPCIÓN				PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)		OBSERVACIONES			
1	Limpieza De las Zonas De Unión					1,00	6,25					
2	Fibrado De Uniones Con Resina					0,00	35,20					
3	Endurecimiento De La Fibra					1,00	125,00					
4	Pulido De La Fibra					2,00	7,25					
TOTAL						4,00	173,70					

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.10 Nodación de las uniones

En este proceso se inicia a nudar las uniones fibradas, esto permite tener una estructura más resistente y flexible a la vez, además mejora el acabado estético de la misma. En la **Tabla 49** se detalla el material que se aplica en el proceso, además en la **Tabla 50** se describe el diagrama de flujo de proceso de nudación de las uniones.

Cabe recalcar que los nudos se encuentran elaborados con fibras naturales de la planta llamada informalmente “cabuya”, otorgándole así un detalle de acople natural a la estructura.

Tabla 49. NUDACIÓN DE UNIONES

NUDACIÓN DE UNIONES		FICHA TÉCNICA 010								
PROCESO DE NUDACIÓN DE LAS UNIONES DE LA ESTRUCTURA										
Elementos :										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UNIONES</td> <td>L,T, +</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIONES	L,T, +					
	DESCRIPCIÓN	TIPO								
UNIONES	L,T, +									
Materiales :										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fibra de cabuya:</td> <td>15m.</td> </tr> <tr> <td>Cola Blanca :</td> <td>0.5 lt.</td> </tr> <tr> <td>Velas :</td> <td>1 unidad</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	CANTIDAD	Fibra de cabuya:	15m.	Cola Blanca :	0.5 lt.	Velas :	1 unidad	
TIPO	CANTIDAD									
Fibra de cabuya:	15m.									
Cola Blanca :	0.5 lt.									
Velas :	1 unidad									
Especificaciones :										
	Especificación De Fibra :									
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Diámetro Del Hilo :</td> <td>0.2mm</td> </tr> <tr> <td>Longitud :</td> <td>5m</td> </tr> <tr> <td>Hilos Por Trenza</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Diámetro Del Hilo :	0.2mm	Longitud :	5m	Hilos Por Trenza	3			
Diámetro Del Hilo :	0.2mm									
Longitud :	5m									
Hilos Por Trenza	3									
Equipos De Protección Personal:										
Gafas De Protección Visual										
Guantes										
Overol										

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 50. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (NUDACIÓN DE UNIONES)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES									
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 09					
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 08 DE 17		RESUMEN					
PROCESO:			ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA	
NUDACIÓN UNIONES				CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO
ACTIVIDAD:			Operación		15,25	33,74			
RECUBRIMIENTO DE UNIONES CON FIBRA DE CABUYA			Transporte		0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:		MATERIAL ()	Espera		0,00	0,00			
		OPERARIO (X)	Inspección		0,00	0,00			
MÉTODO:		ACTUAL (X)	Almacenamiento		0,00	0,00			
		PROPUESTO ()	Distancia total		15,25				
ÁREA / SECCIÓN:			Tiempo total		33,74				
ELABORADO POR:			APROBADO POR:						
ITEM	DESCRIPCIÓN		PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES			
1	Corte De La Fibra De Cabuya En Longitudes Cortas			0,00	6,35				
2	Nudacion De las 26 Uniones			8,30	15,36				
3	Recubrimiento De Las Uniones Nudadas Con Bioplast (Cola Blanca)			4,30	7,80				
4	Acabado De Las Uniones Nudadas			2,65	4,23				
				15,25	33,74				

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.11 Sellado de la estructura

El proceso de sellado consiste en brindar una capa protectora a base de laca de poliuretano contra invasiones de moho u hongos a la estructura, permitiendo alargar la vida útil del material y brindando un toque estético artesanal al mismo. En la **Tabla 51**, se describe los materiales y las herramientas aplicadas en este proceso, además en la **Tabla 52**, se detalla el diagrama de flujo de actividades del proceso de sellado a la estructura.

Tabla 51. SELLADO DEL MARCO DE LA SILLA

SELLADO DE LA ESTRUCTURA		FICHA TÉCNICA 011
PROCESO DE SELLADO Y ACABADO DE LA ESTRUCTURA		
Elementos :		
	DESCRIPCIÓN	TIPO
	Laca	Poliuretano
	Sellador	Poliuretano
Herramientas :		
Maquina:	Compresor	
Marca:	MIKELS	
Modelo:	CA-3HP60	
Potencia:	3HP	
Especificaciones :		
Especificación De Los Materiales :		
	Peso Específico:	1,200 + 0.050 gr./litro
	Viscosidad:	95 + 5 UK a 20°C.
	Espesor Película:	De 25 a 30 micras
	Pre Secado Al Aire:	5-10 minutos.
	Finura Molienda:	De 9 – 10 micras.
Equipos De Protección Personal:		
Gafas De Protección Visual	mascarilla con filtro	
Guantes		
Overol		

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 52. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (SELLADO DE LA ESTRUCTURA)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 10			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 09 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
SELLADO DE ESTRUCTURA			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	3,00	24,11			
IMPERMEABILIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	3,00	30,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	15,16				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	54,11				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Lijado Manual De La Estructura		5,60	8,23			
2	Lacado De La Estructura		4,20	4,25			
3	Absorción De La Laca En La Estructura		0,00	8,35			
4	Sellador		5,36	3,28			
5	Enduresimiento Del Sellador		0,00	30,00			
TOTAL			15,16	54,11			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.12 Ensamble de ruedas posteriores

En este proceso, todos los elementos que constituyen las ruedas posteriores como: ejes, rodamientos, manzanas, radios, aros se ensamblan, una vez obtenido el conjunto armado se procede a montar en los pórticos principales de la estructura. En la **Tabla 53** se describe los elementos que conforman las ruedas como también las herramientas utilizadas, además en la **Tabla 54** se describe el diagrama de flujo de proceso del ensamblaje del componente.

Tabla 53. ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES

ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES		FICHA TÉCNICA 012
PROCESO DE ENSAMBLAJE DE RUEDAS POSTERIORES		
Material :		
	DESCRIPCIÓN	TIPO
	Aros	Aluminio RIN 24
Herramientas :		
Maquina:	Compresor	
Marca:	MIKELS	
Modelo:	CA-3HP60	
Potencia:	3HP	
Llave Porta Radios:	Standard	
Llave Inglesa:	10"	
Especificaciones :		
	Especificación De Los Componentes :	
	TIPO	DIMENSIÓN
Ejes Centrales	12mmx 76.2mm	
Radios	Rin 24	
Aros	Rin 24	
Llantas	Rin 24 Labrado Mixto	
Equipos De Protección Personal:		
Gafas De Protección Visual		
Guantes		
Overol		

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 54. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 11			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 10 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
ENSAMBLE DE RUEDAS POSTERIORES			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	6,50	13,55			
ENSAMBLAJE Y MONTAJE DE RUEDAS POSTERIORES		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:		Espera	0,00	2,49			
MATERIAL ()		Inspección	0,00	0,00			
OPERARIO (X)		Almacenamiento	0,00	0,00			
MÉTODO:		Distancia total	6,50				
ACTUAL (X)		Tiempo total	13,55				
PROPUESTO ()							
ÁREA / SECCIÓN:							
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES		
1	Engrase De Los Rodamientos		2,00	0,15			
2	Montaje De Los EjeS Rodamientos Y Manzanas		1,00	2,23			
3	Ensamble De Manzanas Con Los Aros		0,00	8,26			
4	Ensamble De Aros Con Las Llantas		0,00	2,50			
5	Montaje Del Conjunto En Los Porticos De La Estructura		3,50	0,30			
6	Ajuste Del Conjunto		0,00	0,11			
TOTAL			6,50	13,55			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.13 Ensamble de ruedas delanteras

En este paso, se ensamblan los rodamientos los cuales son con canastillas interiores conjuntamente a los ejes porta rulimanes anclados a cada uno de los costados del marco de la silla. En este proceso se debe calibrar el ajuste de los porta rulimanes con los conos de ajuste ya que esto permitirá la libertad de giro de la rueda y el correcto funcionamiento de las partes. En la **Tabla 55** se describe las herramientas y los elementos que intervienen en el proceso. En la **Tabla 56** se describe el diagrama de flujo de proceso del ensamble.

Tabla 55. ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS

ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS		FICHA TÉCNICA 013										
PROCESO DE ENSAMBLAJE DE RUEDAS DELANTERAS												
<p>Material :</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ruedas</td> <td>Girables</td> </tr> </tbody> </table> <p>Herramientas :</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Llaves hexagonales</td> <td>5mm</td> </tr> <tr> <td>Llave inglesa</td> <td>10"</td> </tr> <tr> <td>Llaves mixtas</td> <td>10mm, 15mm</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCIÓN	TIPO	Ruedas	Girables	Llaves hexagonales	5mm	Llave inglesa	10"	Llaves mixtas	10mm, 15mm
DESCRIPCIÓN	TIPO											
Ruedas	Girables											
Llaves hexagonales	5mm											
Llave inglesa	10"											
Llaves mixtas	10mm, 15mm											
<p>Especificaciones :</p>  <p>Especificación De Los Componentes :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIMENSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Llanta:</td> <td>200mm 8"</td> </tr> <tr> <td>Ejes:</td> <td>12mmx 120mm</td> </tr> <tr> <td>Rodamientos:</td> <td>Sellados de 38x15mm</td> </tr> </tbody> </table>			TIPO	DIMENSIÓN	Llanta:	200mm 8"	Ejes:	12mmx 120mm	Rodamientos:	Sellados de 38x15mm		
TIPO	DIMENSIÓN											
Llanta:	200mm 8"											
Ejes:	12mmx 120mm											
Rodamientos:	Sellados de 38x15mm											
<p>Equipos De Protección Personal:</p> <p>Gafas De Protección Visual</p> <p>Guantes</p> <p>Overol</p>												

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 56. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 12			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 14 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	5,90	6,90			
ENSAMBLE DE RUEDAS DELANTERAS EN EL MARCO DE LA SILLA		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	11,80				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	6,90				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Engrase De Los Rodamientos		0,00	1,23			
2	Ensamble De Los Rodamientos Con Los Ejes En La Estructura		2,50	2,25			
3	Ensamble De las Porta Ruedas Con Los Ejes		3,40	3,12			
4	Ajuste Del Conjunto		0,00	0,30			
TOTAL			5,90	6,90			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.14 Ensamble de los reposapiés

En este proceso colocan cada uno de los reposapiés con los pórticos delanteros de la estructura. Estos son anclados con ejes interiores que se adhieren a sus soportes. En nuestro caso los reposapiés poseen un ángulo de giro mayor a los 180°. Cabe mencionar que el grado de inclinación de la plataforma es regulable por un perno giratorio en la parte inferior de la traba de la misma. En la **Tabla 57** se describe las herramientas y los elementos utilizados en el proceso. En la **Tabla 58** se detalla el diagrama de flujo del ensamble de los reposapiés a la estructura de la silla.

Tabla 57. ENSAMBLE DE REPOSAPIÉS

ENSAMBLE DE REPOSAPIÉS		FICHA TÉCNICA 014					
PROCESO DE ENSAMBLAJE DE LOS REPOSAPIÉS							
	Material :						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reposapiés</td> <td>Desmontables</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	TIPO	Reposapiés	Desmontables		
DESCRIPCIÓN	TIPO						
Reposapiés	Desmontables						
	Herramientas :						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Llave inglesa</td> <td>10"</td> </tr> <tr> <td>Llaves mixtas</td> <td>13mm</td> </tr> </tbody> </table>	Llave inglesa	10"	Llaves mixtas	13mm		
Llave inglesa	10"						
Llaves mixtas	13mm						
Especificaciones :							
	Especificación De Los Componentes :						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIMENSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soportes giratorios</td> <td>Acero SAE 1040</td> </tr> <tr> <td>Plataforma:</td> <td>PVC RÍGIDO</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	DIMENSIÓN	Soportes giratorios	Acero SAE 1040	Plataforma:	PVC RÍGIDO
TIPO	DIMENSIÓN						
Soportes giratorios	Acero SAE 1040						
Plataforma:	PVC RÍGIDO						
Equipos De Protección Personal:							
Gafas De Protección Visual							
Guantes							
Overol							

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 58. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE REPOSAPIÉS)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES									
FECHA DE REALIZACIÓN: 01- SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 14					
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 16 DE 24		RESUMEN					
PROCESO:		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA	
ENSAMBLE DE LOA REPOSAPIES				CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO
ACTIVIDAD:		Operación		1,58	5,95				
ENSAMBLE Y SUJECION DE LOS REPOSAPIES		Transporte		0,00	0,00				
TIPO DE DIAGRAMA:		MATERIAL ()		0,00	0,00				
		OPERARIO (X)		0,00	0,00				
MÉTODO:		ACTUAL (X)		0,00	0,00				
		PROPUESTO ()		Distancia total		19,82			
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total		5,95					
ELABORADO POR:				APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN			PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Montaje De La Plataforma En La Base giratoria				1,23	1,25			
2	Ensamble del Reposapiés En La Estructura				0,35	3,47			
3	Ajuste De Los Reposapiés				0,00	1,23			
TOTAL					1,58	5,95			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.15 Ensamble del asiento, espaldar, apoyabrazos y frenos

En este proceso las partes complementarias del marco como: asiento, espaldar, apoyabrazos y frenos se ensamblan para obtener el producto final. El espaldar y el asiento esta ensamblado mediante pernos autoroscantes los cuales distribuidos en ocho a cada extremos serán los soportes de sujeción de los mismos. En el caso de los apoyabrazos y los frenos se utilizan pernos roscados para otorgar mayor fijación de las partes ya que las mismas necesitan estar fijas permanentemente. En la **Tabla 59** se detalla las herramientas y los elementos necesarios para la sujeción, en la **Tabla 60** se describen el diagrama de flujo de proceso de ensamblaje.

Tabla 59. ENSAMBLE DE ACCESORIOS

ENSAMBLE DE COMPONENTES		FICHA TÉCNICA 015												
PROCESO DE ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES EN EL MARCO														
<p>Material :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accesorios</td> <td>Asiento, Espaldar, Apoyabrazos Y Frenos</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCIÓN	TIPO	Accesorios	Asiento, Espaldar, Apoyabrazos Y Frenos								
DESCRIPCIÓN	TIPO													
Accesorios	Asiento, Espaldar, Apoyabrazos Y Frenos													
	<p>Herramientas :</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Maquina:</td> <td>TALADRO MANUAL</td> </tr> <tr> <td>Marca:</td> <td>BLACK& DECKER</td> </tr> <tr> <td>Potencia :</td> <td>300W</td> </tr> <tr> <td>Rpm :</td> <td>0-3000rpm.</td> </tr> <tr> <td>Destornillador:</td> <td>Estrella</td> </tr> <tr> <td>Llave Inglesa:</td> <td>10"</td> </tr> </tbody> </table>		Maquina:	TALADRO MANUAL	Marca:	BLACK& DECKER	Potencia :	300W	Rpm :	0-3000rpm.	Destornillador:	Estrella	Llave Inglesa:	10"
	Maquina:	TALADRO MANUAL												
Marca:	BLACK& DECKER													
Potencia :	300W													
Rpm :	0-3000rpm.													
Destornillador:	Estrella													
Llave Inglesa:	10"													
<p>Especificaciones :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIMENSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tornillo roscante Auto</td> <td>8x 19mm</td> </tr> <tr> <td>Perno</td> <td>6mmx 50mm</td> </tr> </tbody> </table>			TIPO	DIMENSIÓN	Tornillo roscante Auto	8x 19mm	Perno	6mmx 50mm						
TIPO	DIMENSIÓN													
Tornillo roscante Auto	8x 19mm													
Perno	6mmx 50mm													
<p>Equipos De Protección Personal:</p> <p>Gafas De Protección Visual</p> <p>Guantes</p> <p>Overol</p>														

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 60. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES (ENSAMBLE DE LOS ACCESORIOS)

DIAGRAMA DEL FLUJO DE OPERACIONES							
FECHA DE REALIZACIÓN: 01-SEPTIEMBRE-2013				FICHA NÚMERO: 15			
DIAGRAMA NÚMERO:		PÁGINA 17 DE 17		RESUMEN			
PROCESO:		ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO		ECONOMÍA
ENSAMBLE DE COMPONENTES			CANT.	TIEMPO	CANT.	TIEMPO	CANT.
ACTIVIDAD:		Operación	8,90	11,14			
ENSAMBLAJE DE ASIENTO, ESPALDAR, APOYA BRAZOS Y FRENOS		Transporte	0,00	0,00			
TIPO DE DIAGRAMA:	MATERIAL ()	Espera	0,00	0,00			
	OPERARIO (X)	Inspección	0,00	0,00			
MÉTODO:	ACTUAL (X)	Almacenamiento	0,00	0,00			
	PROPUESTO ()	Distancia total	19,82				
ÁREA / SECCIÓN:		Tiempo total	11,14				
ELABORADO POR:		APROBADO POR:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	DIST. (m)	TIEMPO(min)	OBSERVACIONES		
1	Ensamblaje Del Asiento Con tornillos Autoroscables De 8x 19mm		3,50	3,24			
2	Ensamblaje Del Espaldar Con tornillos Autoroscables De 8x 19mm		2,60	3,20			
3	Ensamblaje De Los Apoyabrazos Con Pernos De 6mm x 50mm		1,54	2,10			
4	Ensamblaje De Los Frenos Con Pernos De 6mm x 50mm		1,26	2,60			
TOTAL			8,90	11,14			

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.10.16 Inspección final

En este proceso se supervisa que todas las partes estén correctamente ensambladas, ajustadas y lubricadas En la **Tabla 61** se detalla un check list el cual nos permite realizar una inspección final de nuestro prototipo.

Tabla 61. CHECK LIST FINAL

CHECK LIST CONTROL FINAL			
NOMBRE DEL PROTOTIPO:	Silla De Ruedas De Bambú		
FECHA DE REVISIÓN:	01-SEPTIEMBRE-2013		
RESPONSABLE:	JULIO TERAN & DAVID MORENO		
DETALLE	SI	NO	OBSERVACIONES
Ajuste Adecuado De Los Ejes Y Manzanas	✓		
Linealidad De Los Aros Posteriores	✓		
Presión De Las Llantas	✓		
Simetría Del Marco	✓		
Plegabilidad Del Marco	✓		
Ajuste Adecuado De Las Ruedas Delanteras	✓		
Sujeción Correcta Del Asiento	✓		
Sujeción Correcta Del Espaldar	✓		
Inclinación Del Asiento Referente Al Suelo	✓		

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.11 Análisis económico

El objetivo del análisis económico del proyecto es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario con el fin de realizar cuadros comparativos que constituyen la base para la evaluación económica del proyecto versus los prototipos emergentes en el mercado.

3.11.1 Costos de los materiales en bruto y accesorios de la silla

A continuación se detallan los costos de los materiales y accesorios necesarios para la construcción de la silla de ruedas manual standard de bambú. **Tabla 62** y **Tabla 63**.

Tabla 62. COSTO DE LA MATERIA PRIMA EN BRUTO

Nº	DETALLE	PRECIO UNT. (USD)	12% IVA	TOTAL (USD)
1	Barra De Bambú De Ø50	18	2,16	20,16
2	Barra De Bambú De Ø42	18	2,16	20,16
3	Barra De Bambú De Ø35	18	2,16	20,16
4	Barra De Duralon De Ø60	100	12	112
5	Barra De Duralon De Ø50	80	9,6	89,6
6	Pernos Completos De 1/4 X 3	0,2	0,024	0,224
7	Fibra De Vidrio Y Resina	8	0,96	8,96
8	Fibra De Cabuya	5	0,6	5,6
SUMAN.....				276,86

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 63. ACCESORIOS DEL PROTOTIPO

°	DETALLE	PRECIO UNT. (USD)	12% IVA	TOTAL (USD)
1	Conjunto De Ruedas De Diámetro Menor	25	3	28
2	Conjunto De Ruedas De Diámetro Mayor	15	1,8	16,8
3	Asiento	10	1,2	11,2
4	Espaldar	8	0,96	8,96
5	Apoya Brazos	12	1,44	13,44
6	Frenos	7	0,84	7,84
7	Faja Soporte De Pantorrillas	5	0,6	5,6
8	Reposapiés	8	0,96	8,96
SUMAN.....				100,8

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.11.2 Costos para la fabricación de un prototipo

Costos directos

- *Costo de la materia prima*

En la **Tabla 64** se detalla el costo de la materia prima que se requiere para una unidad de silla de ruedas de bambú.

Tabla 64. COSTO UNITARIO DE MATERIAS PRIMAS POR SILLA

CANTIDAD	UNIDAD	CONCEPTO	V/UNIT.(USD)	TOTAL (USD)
1600	mm	Barra De Bambú De Ø50	0,033	5,37
2220	mm	Barra De Bambú De Ø42	0,033	7,32
4680	mm	Barra De Bambú De Ø35	0,033	15,44
40	mm	Barra De Duralón De Ø60	1,12	4,48
40	mm	Barra De Duralón De Ø50	0,89	3,56
1	Unid	Pernos Completos De 1/4 X 3	0,224	0,224
3	Lt.	Fibra De Vidrio Y Resina	2,98	8,94
40	m	Fibra De Cabuya	0,28	11,2
TOTAL MATERIA PRIMA DIRECTA:				56.53

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

- *Mano de obra*

Para la producción del prototipo se requieren de 2 obreros calificados, los cuales sus serán encargados de las actividades de todo el proceso de elaboración. La mano de obra directa dada la cantidad de actividades artesanales para la producción del producto se detalla en la **Tabla 65**.

Tabla 65. COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA

CANTIDAD	UNIDAD	OBREROS	V/UNIT. (USD)	TOTAL (USD)
8	Horas	2	1.99	31.84
TOTAL				31.84

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Costos indirectos

- *Costos indirectos de fabricación*

Son el conjunto de costos que interviene en el proceso de transformación de la materia prima, los cuales no se identifican plenamente con la elaboración del mismo.

- *Suministros*

El suministro que interviene en proceso de fabricación de la silla es la energía eléctrica, la cual se detalla en la **Tabla 66**.

Tabla 66. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CANTIDAD	MAQUINARIA	POTENCIA W	POTENCIA KW	TIEMPO	COSTO KW/h	TOTAL (USD)
1	TORNO PARALELO	370W	0.37KW	0.40h	0,08	0.011
1	PULIDORA	300W	0.3KW	0.12h	0,08	0.002
1	TALADRO FRESADOR	1500W	1.5KW	0.35h	0,08	0.04
1	CORTADORA DE CINTA	150W	0.15KW	0.08h	0,08	0.009
1	TALADRO MANUAL	300W	0.3KW	0.34h	0.08	0.002
1	COMPRESOR	2230W	2.23KW	0.12h	0.08	0.02
TOTAL CONSUMO ENERGIA ELÉCTRICA :						0.06

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 67. COSTO DE VENTA DEL PROTOTIPO

COSTOS DIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
MATERIALES	67,50
MANO DE OBRA	31.84
COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
ENERGIA ELECTRICA	0,06
ACSESORIOS	100,80
COSTO DEL PROTOTIPO	200.20
UTILIDAD (15%)	30.03
PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO (PVP)	230.23

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.11.3 Costo del prototipo por lote de producción

Tomando en cuenta cotizaciones de diversas empresas distribuidoras de los materiales y accesorios utilizados en el proceso de fabricación de la silla, se obtuvo los siguientes porcentajes de descuento por lotes de 100 unidades.

Tabla 68. COSTO DE LA MATERIA PRIMA

Cantida d	Medid a	Concepto	V/UNIT.- 15%	Total + IVA (USD)
1600	mm	Barra De Bambú De Ø50	0,03	4,57
2220	mm	Barra De Bambú De Ø42	0,03	6,34
4680	mm	Barra De Bambú De Ø35	0,03	13,36
40	mm	Barra De Duralon De Ø60	1,03	4,12
40	mm	Barra De Duralon De Ø50	0,82	3,30
1	Unid	Pernos Completos De 1/4 X 3	0,2	0,20
3	Lt.	Fibra De Vidrio Y Resina	2,53	7,59
40	m	Fibra De Cabuya	0,11	4,40
TOTAL METRIA PRIMA DIRECTA:				43,88

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 69. COSTO UNITARIOS DE LOS ACCESORIOS POR 100 UNIDADES

Nº	Detalle	Precio (USD)	Descuento (USD)	12% IVA (USD)	Total (USD)
1	Conjunto De Ruedas De Diámetro Menor	25	35%	2,1	19,6
2	Conjunto De Ruedas De Diámetro Mayor	15	35%	1,17	10,92
3	Asiento	10	30%	0,84	7,84
4	Espaldar	8	30%	0,67	6,27
5	Apoya Brazos	12	30%	1	9,4
6	Frenos	7	25%	0,63	5,88
7	Faja Soporte De Pantorrillas	5	15%	0,51	4,76
8	Reposapiés	8	25%	0,72	6,72
SUMAN.....					71,39

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

Tabla 70. COSTO DE VENTA DEL PROTOTIPO EN PRODUCCIÓN

COSTOS DIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
MATERIALES	43.88
MANO DE OBRA	31.84
COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
ENERGIA ELECTRICA	0,06
ACSESORIOS	71.39
COSTO DEL PROTOTIPO	147.17
UTILIDAD (15%)	22.07
PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO (PVP)	169.34

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

3.11.4 Relación de costos entre sillas de ruedas

- *Ofertas de silla de ruedas manual estándar de acero*

En la **Tabla 71** se detalla los distribuidores más importantes de las provincias de Quito, Latacunga y Ambato. Además los modelos de sillas manual estándar con mayor demanda del mercado y los costos más accesibles de los mismos.

Cabe recalcar que todas las sillas de ruedas que se consultó, son de procedencia internacional según lo descrito por los propietarios de los locales comerciales visitados, muchos de estos locales poseen gran gama y variedad de equipos con costos variables que dependen de la complejidad y tipo de material con los que se encuentran contruidos.

Comprobando que la producción nacional se ha dejado de lado, creando un perjuicio en la economía de los hogares nacionales.

Tabla 71. OFERTAS DE SILLA DE RUEDAS MANUAL STANDARD DE ACERO EN EL MERCADO

MODELO	CARACTERÍSTICA	COSTO + IVA (USD)	RAZÓN SOCIAL	
BLUESTREAK	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero, ○ Tapicería de nylon durable ○ Capacidad de peso 114kg. 	275	ORTHPEDIC	QUITO
SPU	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero ligero ○ Recubierto con pintura electrostática ○ Capacidad de peso 128kg. 	315	ORTOPEDIA	
ATLAS LITE	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero ligero y resistente ○ Capacidad de peso 120kg. 	299	SOMEIN	
BREEZY 250	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero ○ Tapicería de nylon color negro ○ Capacidad de peso 118kg. 	225	NUEVA ORTOPEIDIA	
INVACARE S TRACER EX2	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco es de carbono ○ Estructura de acero ○ Tapicería de cuero ○ Capacidad de Peso 114kg 	356	ORTOPRATIC	
DRIVE SILLA DE RUEDAS DUAL	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de aluminio ○ Tapicería de nylon ○ Capacidad de Peso 113kg. 	512	MULTIMÉDIC OS	LATACUNGA
ACTION TRACER SX5	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero, ○ Triple cromado y carbono ○ Tapicería resistente al moho y bacterias ○ Capacidad de Peso 136kg. 	281	ORTOPÉDICOS	
NG T4/WD88	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero al carbono ○ La tapicería ignífugo es doble en relieve cuero azul resistente a hongos y bacterias. ○ Capacidad de peso 175kg. 	394	MEDICAL CONFORT	
ASPEN A08/22	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de hierro cromado ○ Tapicería de cuero negro ○ Capacidad de peso 180kg. 	288	ORTOPRÁCTIC O	AMBATO
S-ECO 300	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero cromado ○ Tapicería de nylon negro, ○ Capacidad de peso 140kg. 	267	ALTERNATIV A MEDICA	
MINUS CRONOS T	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marco de acero revestido con pintura electrostática ○ Tapicería de cuero, ○ Capacidad de peso 135kg. 	318	PRODU-REABILITAR	

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

**Tabla 72. CUADRO COMPARATIVO DE OFERTAS
CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS**

<u>Costo Prototipo De Bambú</u> <u>(USD)</u>	<u>Costo Mejor Oferta</u> <u>(USD)</u>
169.34 +IVA	225 + IVA

Elaborado por: David Moreno, Julio Terán

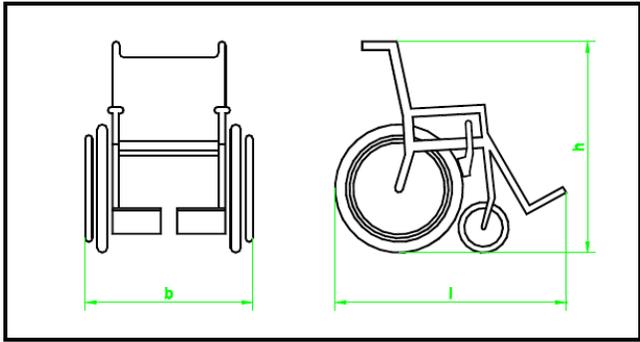
3.12 Análisis de resultados

El Check-List es una lista de comprobación que sirve de guía y análisis de los puntos que deben ser inspeccionados en función de los conocimientos que se tienen sobre las características y riesgos del prototipo. Viene a ser un cuestionario de preguntas en el que se responderá **SI** ó **NO**, comprobando determinadas condiciones de trabajo compuesta por varios ítems que pueden contener una ó varias preguntas según sea el caso.

Para el análisis de resultados el checklist está basado en las Normas Técnicas **ISO 4265** a la **4269** (**VER ANEXO IX**), las cuales establecen los parámetros necesarios que debe tener una silla de ruedas manual estándar para ser usada en un paciente transitorio o parapléjico.

Esta herramienta nos permitirá generar un mayor control de calidad para poder garantizar la las condiciones de seguridad de cada una de las sillas y poder apartar a aquellas que posean no conformidades en cualquier fase de su proceso de construcción.

Tabla 73. CHECK LIST PARÁMETROS FINALES

CHECK LIST ANÁLISIS DE RESULTADOS			
DETALLE	Prototipo	Cumple	No cumple
REFERENTE NORMA TECNICA NTC 4266			
Inclinación De La Silla Referente Al Suelo 4°	4 °	✓	
Inclinación Del Respaldo 10°	10 °	✓	
Ángulo Del Asiento Y Soporte De la Pierna 90°	90 °	✓	
Prueba De Frenos	-	✓	
REFERENTE NORMA TECNICA NTC 4267			
Altura Mínima De 50mm Soporte De Pierna/ Descanso De Pie	62	✓	
Ángulo De 90°Entre Soporte De Pierna / Plataforma Del Pie	90 °	✓	
Rango Mínimo De Giro 360°	360 °	✓	
Radio De Giro Entre Paredes Limitantes 180°		✓	
REFERENTE NORMA TECNICA NTC 4268			
Serie De Características: 3 6 1 1 2	-	✓	
REFERENTE NORMA TECNICA NTC 4269			
Longitud Total, l: 1100-1200 mm	1100	✓	
Ancho Total, b : 600-700mm	700	✓	
Altura Total, h: 1090mm	881	✓	
			

Elaborado Por: Julio Terán & David Moreno

CONCLUSIONES

- El bambú es una de los materiales de construcción menos estudiados en el Ecuador, tal es así que no se tiene una normativa aplicable al medio ecuatoriano.
- No se puede crear una silla de ruedas para todo tipo de pacientes, pues cada uno de ellos posee necesidades diferentes de acuerdo al nivel de inmovilidad de cada usuario.
- La carga crítica de la silla de ruedas se encuentra ubicada en la barra del asiento, allí se aplica un esfuerzo flexionante, que, aun considerando una carga 50% mayor a la que realmente trabaja la silla, ocupa el 82.7 % de su capacidad.
- Sin duda la mayor resistencia del bambú es en su carga a compresión paralela a la fibra que para efectos de cálculo y diseño se tomó los valores admisibles más críticos, así se pudo comprobar en el análisis pues trabajando con el mismo factor de seguridad tan solo se ocupó el 32.8% de su capacidad total.
- Se redujo en un 24.74 % el costo total en lote de producción de silla de ruedas con un margen de utilidad del 15%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a quien corresponda, establecer la normativa que establezca los métodos de ensayos mecánicos al bambú considerando los aspectos ambientales y físicos del país.
- Tener mucho cuidado con confundir la guadúa con el *phyllostachys aurea* pues en el mercado lo tratan de vender de esa manera, recordar que el *phyllostachys aurea* tiene un espesor máximo de 70 mm.
- Se necesita contar con un laboratorio de resistencia de materiales para poder realizar con mayor facilidad cualquier tipo de prueba, ya que el costo de laboratorio externo es muy elevado.
- Al momento de realizar el curado del bambú siempre perforar cada culmo para tener un ducto de depuración del vapor que se genera por el incremento de presión y temperatura.
- Siempre utilizar los EPP recomendados en este documento pues al mecanizar el bambú siempre ocurre astillamientos.
- Si se va a tomar medidas a personas con capacidades especiales, es necesario pedir su autorización pues hay que tomar en cuenta que se está invadiendo su espacio.

BIBLIOGRAFÍA

- HIDALGO Oscar, “BAMBOO THE GIFT OF THE GODS”, Colombia, 2008.
- ERASO Iván,” VIVIENDA SISMO RESISTENTE EN GUADUA”, Universidad Piloto De Colombia, Colombia 2010.
- VILLEGAS Marcelo, “GUADUA, ARQUITECTURA Y DISEÑO”, Colombia 2011.
- DÍAZ Félix, “PEQUEÑO MANUAL DE LA GUADUA”, Bogotá Colombia 2008.
- BEDOYA Sandra “AVANCES EN LA NORMA PARA LA CERTIFICACIÓN FORESTAL VOLUNTARIA DE GUADUA”, Universidad De Pereira 2011.
- CAMACHO Víctor, “ESTUDIO DE CONEXIONES EN GUADUA SOLICITADAS A MOMENTO FLECTOR”, universidad Nacional De Colombia, Bogotá Colombia 2008.
- MORENO Luis, “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE HACES DE FIBRAGUADUA *ANGUSTIFOLIA*” Universidad Nacional De Colombia, Sede Marizales, Colombia 2009.
- MONTOYA Jorge, “INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA EN MÉTODOS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA GUADUA”, Bogotá Colombia 2008.
- LOPEZ Luis, “DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS EN ESTRUCTURAS DE GUADUA”, Bogotá 2012

- CLAVIJO Sandra Y TRUJO David,” EVALUACIÓN DE UNIONES A TRACCIÓN EN GUADUA”. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil.2008.
- GARZON Jenny,” OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN GUADUA”. Trabajo de Grado (Arquitectura). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Artes Santafé de Bogotá, 2010.
- GERE James y TIMOSHENKO Stephen, “MECÁNICA DE MATERIALES”. Grupo editorial Iberoamericana S.A., México D.F. 2010.
- GÓMEZ Carlos y RUBIO Fabio, “ESFUERZOS DE TRABAJO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GUADUA (BAMBUSA GUADUA)”, Universidad Pontificia Javeriana facultad de Ingeniería departamento de Ingeniería Civil, Bogotá, 2012.
- GONZÁLEZ, Eugenia y DIAZ, Jhon.”PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA”, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2008.
- PEÑA César Y RODRÍGUEZ Hugo, “PROPUESTA DE UNIONES MECÁNICAS PARA ESTRUCTURAS DE GUADUA”. Santafé de Bogotá,

2008. Trabajo de grado (Arquitectura). Universidad Nacional de Colombia,
sede Bogotá, Facultad de Artes.

ANEXOS

ANEXO I

Consulta A Expertos

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

ENCUESTA CONSULTA A EXPERTOS

ENCUESTADORES: DAVID MORENO; JULIO TERÁN

NOMBRE:

El presente cuestionario tiene como objetivo identificar la especie de bambú que se puede utilizar en la construcción de la estructura de una silla de ruedas manual standard según su experiencia técnica-laboral, además el proceso de preservado que se le debe realizar y los ensayos de resistencia mecánica a los cuales se debe someter este material.

NOTA: Señale la respuesta con su criterio personal colocando una x en las opciones indicadas.

Pregunta 1.

Cuanto tiempo de experiencia posee en el manejo del bambú?

AÑOS	EXPERIENCIA
3-5años	
7-10años	
10- 25años	

Pregunta 2.

¿De la siguiente tabla, que construcciones ha realizado con bambú?

CONSTRUCCIONES	PROYECTOS
Muebles	
Casas	
Fincas	
Puentes	

Pregunta 3.

De la siguiente lista de especies de bambú que existen en el Ecuador, cual recomendaría para la elaboración de una estructura de silla de ruedas manual standard?

ESPECIE	SELECCIÓN
Guadúa Colombiana	
Bambusa Vulgaris	
Bambu de los Andes	
Phyllostachys aurea	

Pregunta 4.

Que condición climática debe tener la zona de crecimiento del bambú anteriormente seleccionado para obtener un material de buena calidad?

CLIMA	SELECCIÓN
Clima mesotérmico	
Clima mesotérmico semihúmedo	
Clima tropical húmedo	

Pregunta 5.

A que altitud sobre el nivel del mar debe estar la zona de crecimiento del material anteriormente mencionado?

ALTITUD	SELECCIÓN
600-900 m.s.n.m.	
900-1600 m.s.n.m.	
1600-2340 m.s.n.m.	

Pregunta 6.

De la siguiente tabla que cantidad de brillo solar debe haber diariamente para un crecimiento óptimo del material mencionado?

HORAS DE BRILLO SOLAR	SELECCIÓN
4 a 5 horas	
5 a 6 horas	
6 a 7 horas	

Pregunta 7.

Que rango de precipitación pluviométrica debe tener la zona de crecimiento para el desarrollo del bambú anteriormente seleccionado?

PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA	SELECCIÓN
1000-2000mm/año	
2000-3500mm/año	
3500-5000mm/año	

Pregunta 8.

En su experiencia en la adquisición de materiales de bambú para la construcción, en que zonas de la región mencionadas en la siguiente tabla reúnen todas las condiciones anteriormente seleccionada para obtener el bambú de buena calidad anteriormente mencionado?

REGION	LUGAR
COSTA	Guayas
	Manabí
	Esmeraldas
ORIENTE	Baños
	Puyo
	Tena

Pregunta 9.

A qué edad se cosecha el bambú recomendado anteriormente?

ESTADO	EDAD	SELECCIÓN
Guadua viche (tierna)	6 meses	
Guadua joven	6 meses a 1 año	
Guadua adulta	1 año a 3 años	
Guadua hecha	3 años a 7 años	
Guadua sobre madura	7 años en adelante	

Pregunta 10.

Que tiempo promedio dura el secado del bambú anteriormente mencionado en las plantaciones

TIEMPO (DÍAS)	SELECCIÓN
0-15	
15-30	
30-90	

Pregunta 11.

Según su experiencia técnica- laboral qué tipo de preservación se le debe dar al bambú anteriormente seleccionado para su uso como material de construcción de una silla de ruedas?

PRESERVACION	SELECCIÓN
PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN EN AGUA	
PRESERVACIÓN MEDIANTE CALOR	

ANEXO II

Encuesta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FORMULARIO DE ENCUESTA

Encuesta dirigida a miembros de la asociación de discapacitados de Cotopaxi (ADICO).

OBJETIVO: Descubrir el grado de conocimiento y de confiabilidad de los usuarios de sillas de ruedas a la idea de construir la misma con estructura de bambú.

INSTRUCCIONES:

- Lea detenidamente las preguntas
- Conteste cada una de ellas en forma muy honesta y franca.
- Seleccione una de las alternativas que se propone
- Marque con una X en el paréntesis la alternativa que considere conveniente.
- La encuesta es anónima para garantizar la autenticación de la información.

CUESTIONARIO

Pregunta 1.

El peso de su silla es influyente para su movimiento diario?

Si ()

No ()

Pregunta 2.

La comodidad de su silla es importante en su vida cotidiana?

Si ()

No ()

Pregunta 3.

Las ruedas posteriores de su silla están diseñadas para el entorno en donde realiza sus actividades?

Si ()

No ()

Pregunta 4.

Le gustaría que su silla de ruedas sea menos vibratoria al desplazarse por terrenos irregulares?

Si ()

No ()

Pregunta 5.

Le gustaría que la silla de ruedas tenga accesorios adicionales como bolsillos internos a los costados para el transporte de objetos personales?

Si ()

No ()

Pregunta 6.

¿Al momento de elegir su silla de ruedas toma el factor de seguridad para su decisión final?

Si ()

No ()

Pregunta 7.

El costo de la silla de ruedas es un factor dominante para que adquiriera una?

Si ()

No ()

ANEXO III

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN DE CHI - CUADRADO

ANEXO IV

Ficha De Procesos

FICHA TÉCNICA**Material :**

DESCRIPCIÓN	TIPO

Herramientas :

Maquina:	
Marca:	
Modelo:	
Potencia:	
Llave Porta Radios:	
Llave Inglesa:	

Especificaciones :**Especificación De Los Componentes :**

TIPO	DIMENSIÓN

ANEXO V

Norma Técnica NTC 5525

ANEXO VI

Ensayo De Compresión



ANEXO VII

Ensayo De Flexión



ANEXO VIII

Ensayo De Corte



ANEXO IX

Normas NTC 4265 – NTC 4269

ANEXO X

Planos Silla De Ruedas