



**SISTEMA ALTERNATIVO DE EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL  
ESTÁTICA Y DINÁMICA EN PUESTOS DE TRABAJO**

**LUIS MIGUEL MORENO ACOSTA  
JOHN FREDY NARVAEZ MERA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE ARTES  
DISEÑO INDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

**SISTEMA ALTERNATIVO DE EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL  
ESTÁTICA Y DINÁMICA EN PUESTOS DE TRABAJO**

**LUIS MIGUEL MORENO ACOSTA  
JOHN FREDY NARVAEZ MERA**

**DOCUMENTO PARA OPTAR EL TÍTULO DE DISEÑADOR INDUSTRIAL**

**ASESOR:  
D.I. HÉCTOR FABIÁN PRADO CHICAIZA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE ARTES  
DISEÑO INDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de su autor”.

Artículo 1º. del acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Asesor

---

---

---

---

---

Jurado

---

---

---

---

---

Jurado

San Juan de Pasto, 16 de Octubre de 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A nuestras familias, por su constante apoyo, amor y comprensión.

Al D.I Héctor Prado, por su experiencia, conocimiento y acertada asesoría a lo largo del proyecto.

Al Ing en Electrónica Javier Revelo, por su generosa colaboración y compromiso desde su área de conocimiento.

Al Ing de Sistemas Emilio Muñoz, por sus aportes iniciales en el proceso proyectual.

Al Ing de Sistemas Orlando Figueroa, por su asistencia en la fase inicial del proceso proyectual.

Al D.I Daniel Moncayo, Quien nos orientó en la etapa inicial del proyecto.

Al D.I Manuel Ruiz, Coordinador del Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos de la Universidad Nacional de Colombia, quien nos suministró información valiosa en el proceso investigativo.

Al Técnico comercial Luis Ruiz Olmos del Instituto de Biomecánica de Valencia en España especializado en capacitación y mantenimiento de clientes específicos en los campos de la biomecánica médica y biomecánica laboral, quien nos presentó su opinión con base en su extensa experiencia en el campo de la evaluación ergonómica.

## **DEDICATORIA**

Con absoluta gratitud y de todo corazón, dedico éste proyecto de grado a mis padres, Miguel Moreno y Cristina Acosta, por su incondicional apoyo moral, por confiar y creer día a día en mis capacidades, y especialmente por haberme guiado con su ejemplo y experiencia en la búsqueda y consolidación de un objetivo en tan importante etapa formativa como futuro profesional. A ellos mil y mil gracias, ha sido su cariño y sacrificio el motor de todos los pequeños y grandes logros conseguidos, el motivo más grande que un hijo tiene para dar todo de sí, no alcanzará esta corta vida para agradecerles por esta gran oportunidad que tengo de contar y compartir mis días con ustedes.

Luis Miguel Moreno Acosta

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación profesional, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no lo hubiera podido.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí fue lo que me hizo ir hasta el final. Por ellos, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanas y amigos que me acompañaron a lo largo del camino brindándome su apoyo y ayuda.

John Fredy Narvaez Mera



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	27
1. JUSTIFICACIÓN.....	28
2. TEMA.....	29
2.1 SUBTEMA.....	29
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	30
3.2 NOMBRE DEL PROYECTO .....	30
4. OBJETIVOS.....	31
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	31
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
5. MARCO REFERENCIAL.....	32
5.1 MARCO HISTÓRICO.....	32
5.1.1 Antecedentes del análisis ergonómico.....	32
5.2 MARCO CONCEPTUAL .....	34
5.2.1 ¿Qué es la antropometría? .....	34
5.2.2 ¿Qué es la ergonomía biomecánica? .....	35
5.2.3 ¿Qué es la carga postural?.....	37
5.2.4 ¿Qué es la carga postural estática? .....	38
5.2.5 ¿Qué es la carga postural dinámica? .....	38
5.2.6 ¿Qué es la ergonomía de diseño y evaluación? .....	38
5.2.7 ¿Qué es la evaluación de la carga física de trabajo? .....	40
5.2.8 Principales métodos de análisis y/o evaluación basados en la observación del experto. ....	41
5.3 MARCO TEÓRICO .....	44
5.3.1 Método de observación directa .....	44
5.3.2 Sistemas objetivos de evaluación ergonómica .....	45

5.3.3 Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos (LEFH) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.....	51
5.4 MARCO LEGAL.....	54
5.4.1 Sistema general de riesgos profesionales decreto 1295 de 1994 (Norma colombiana) .....	54
5.4.2 Nota técnica de prevención 451 evaluaciones de las condiciones de trabajo .....	55
5.4.3 Norma técnica colombiana 5655 principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.....	56
6. METODOLOGÍA .....	59
6.1 ENFOQUE .....	59
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	59
7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	60
7.1. FUNCIONALES .....	60
7.2. ESTÉTICO-FORMALES .....	60
7.3. INDICATIVAS .....	60
7.4. ERGONÓMICAS.....	60
7.5. ACERCA DE LAS OPCIONES DE DISEÑO.....	61
7.5.1 Ubicación de las cámaras.....	62
7.5.2 Procedimiento del método REBA.....	66
8. ANÁLISIS Y PRUEBAS .....	68
8.1 BOCETACIÓN .....	68
8.1.1 Estructura.....	68
8.1.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste .....	83
8.1.3 Marcadores .....	85
8.2 SELECCIÓN DE PROPUESTAS.....	87
8.3 PRE-MAQUETAS .....	89
8.3.1 Estructura Pre-maqueta 1 .....	90
8.3.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste .....	101
8.4 MAQUETAS FUNCIONALES .....	103

8.5 DISEÑO EN 3D.....	110
8.5.1 Estructura.....	110
8.5.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste.....	117
8.6 SELECCIÓN FINAL DE PROPUESTAS.....	120
8.7 PRUEBAS Y SELECCIÓN DE SOFTWARE.....	122
8.8 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DEL SOFTWARE.....	133
8.9 PROPUESTAS DE COMPONENTES AUXILIARES PARA EL SISTEMA.....	133
8.9.1 Soporte para el mejoramiento de la iluminación.....	133
8.9.2 Módulo o soporte para un computador portátil.....	135
8.9.3 Tapete.....	136
8.9.4 Estuche.....	137
9. PROTOTIPOS FINALES.....	140
10. COMPONENTES.....	141
10.1 MÓDULO A Y B.....	141
10.1.1 Elementos.....	142
10.1.2 Propuesta de color.....	144
10.1.3 Materiales.....	145
10.1.4 Producción.....	145
10.1.5 Planos técnicos.....	147
10.1.6 Plano de verificación ergonómica para los módulos.....	150
10.2 PRENDA Y MARCADORES.....	150
10.3 TAPETE.....	153
10.3.1 Planos técnicos.....	155
10.4 ESTUCHE.....	156
10.4.1 Planos técnicos.....	158
10.4.2 Plano de verificación ergonómica.....	159
10.5 SOFTWARE.....	160
10.5.1 Diseño de la interface.....	160
10.5.2 Generalidades.....	161
10.5.3 Instrucciones para el manejo del programa.....	161

11. PRESUPUESTO.....	163
11.1 PRESUPUESTO PARA LOS MÓDULOS.....	163
11.2 PRESUPUESTO PARA LA PRENDA Y LOS MARCADORES.....	164
11.3 PRESUPUESTO PARA EL TAPETE.....	164
11.4 PRESUPUESTO PARA EL ESTUCHE.....	164
11.5 PRESUPUESTO TOTAL.....	165
12. PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA.....	166
CONCLUSIONES.....	168
RECOMENDACIONES.....	169
BIBLIOGRAFÍA.....	170
ANEXOS.....	172

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Método REBA de evaluación de la carga postural.....	41
Tabla 2. Método OWAS de evaluación de la carga postural.....	41
Tabla 3. Método NIOSH de Evaluación de la carga dinámica de trabajo .....	42
Tabla 4. Método ERGO IBV de Evaluación de la carga dinámica de trabajo .....	42
Tabla 5. Método OCRA de Evaluación de los movimientos repetitivos con miembros superiores (manipulación) .....	43
Tabla 6. Método RULA de Evaluación de los movimientos repetitivos con miembros superiores (manipulación) .....	43
Tabla 7. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el tronco.....	63
Tabla 8. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el cuello .....	63
Tabla 9. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para las piernas .....	64
Tabla 10. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el brazo.....	64
Tabla 11. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el antebrazo.....	65
Tabla 12. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para la muñeca.....	65
Tabla 13. Manipulación de cargas .....	65
Tabla 14. Tipo de agarre.....	66
Tabla 15. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.....	67
Tabla 16. Calificación: bocetos de la estructura .....	88
Tabla 17. Calificación: bocetos del soporte de la cámara y mecanismo de ajuste .....	89
Tabla 18. Calificación: propuestas de la estructura .....	121

Tabla 19. Calificación: propuestas del soporte de la cámara y mecanismo de ajuste .....	121
Tabla 20. Calificación de las propuestas del software .....	133
Tabla 21. Presupuesto para los módulos.....	163
Tabla 22. Presupuesto para la prenda y los marcadores.....	164
Tabla 23. Presupuesto para el tapete .....	164
Tabla 24. Presupuesto para el estuche .....	164
Tabla 25. Presupuesto total .....	165

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Videosomatografía.....	46
Figura 2. Ubicación de las cámaras en cada vista.....	62
Figura 3. Flujo de obtención de puntuación del método REBA.....	67
Figura 4. Boceto de una estructura plegable .....	68
Figura 5. Boceto de una estructura con apoyo a la pared .....	69
Figura 6. Boceto de una estructura con tres apoyos.....	69
Figura 7. Boceto de una estructura con dos apoyos laterales .....	70
Figura 8. Boceto de una estructura con dos apoyos laterales y continuidad en el manejo de la línea.....	70
Figura 9. Boceto de una estructura con tres apoyos y solución de ensamblaje ....	71
Figura 10. Boceto de dos módulos con ajuste vertical y horizontal.....	71
Figura 11. Boceto de dos módulos con ajuste vertical y horizontal con bases rígidas.....	72
Figura 12. Boceto de tres módulos .....	73
Figura 13. Boceto de la ubicación de cámaras con respecto al sujeto a evaluar ...	74
Figura 14. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 1 .....	74
Figura 15. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de las cámaras 2 y 4 .....	75
Figura 16. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 3 .....	76
Figura 17. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 5 .....	77
Figura 18. Boceto de una serie de módulos .....	77
Figura 19. Boceto de dos módulos con dos piezas desmontables .....	78
Figura 20. Boceto de un módulo desarmable .....	79
Figura 21. Boceto de un módulo con siete piezas desarmables.....	79

Figura 22. Boceto de dos módulos unidos por una pieza en arco. ....	80
Figura 23. Boceto de una estructura plegable y abatible. ....	80
Figura 24. Boceto de tres trípodes desarmables. ....	81
Figura 25. Boceto de tres trípodes plegables con mecanismos de unión deslizable. .....	82
Figura 26. Dos trípodes ubicados en diagonal con mecanismo deslizable.....	82
Figura 27. Boceto de un mecanismo de ajuste con perilla.....	83
Figura 28. Boceto de un soporte de cámara .....	84
Figura 29. Boceto de un mecanismo de ajuste con resorte .....	84
Figura 30. Boceto de un soporte que se ajusta a tres tipos de cámaras web .....	85
Figura 31. Boceto con la ubicación de los marcadores.....	85
Figura 32. Boceto del vestuario y ubicación de los marcadores .....	86
Figura 33. Boceto de un chaleco y la ubicación de los marcadores .....	86
Figura 34. Boceto de un chaleco y la ubicación de los marcadores .....	87



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Profesional encargado en la evaluación ergonómica .....	45
Fotografía 2. Software de diseño antropométrico .....	48
Fotografía 3. Sistema HADA.....	49
Fotografía 4. Simulación de la situación actual y propuesta actual 3d.....	50
Fotografía 5. Pre-maqueta 1 en perspectiva.....	90
Fotografía 6. Despiece de pre-maqueta 1 .....	90
Fotografía 7. Pre-maqueta 2 en perspectiva.....	91
Fotografía 8. Pre-maqueta 2 en un ángulo diferente de perspectiva .....	91
Fotografía 9. Despiece de pre-maqueta 2 .....	92
Fotografía 10. Pre-maqueta 3 en perspectiva.....	92
Fotografía 11. Despiece de pre-maqueta 3 en perspectiva .....	93
Fotografía 12. Pre-maqueta 4 en perspectiva.....	93
Fotografía 13. Despiece de pre-maqueta 4 .....	94
Fotografía 14. Pre-maqueta de dos módulos.....	94
Fotografía 15. Pre-maqueta de un módulo plegado.....	95
Fotografía 16. Pre-maqueta de un módulo plegado.....	95
Fotografía 17. Pre-maqueta de dos módulos en perspectiva .....	96
Fotografía 18. Pre-maqueta 7 .....	96
Fotografía 19. Modulo plegado .....	97
Fotografía 20. Vista superior de las piezas del módulo .....	97
Fotografía 21. Imagen de un soporte por separado.....	98
Fotografía 22. Estructura plegada.....	99
Fotografía 23. Pre-maqueta 9.....	99
Fotografía 24. Imagen de dos propuestas de soportes independientes .....	100
Fotografía 25. Soportes plegados.....	100
Fotografía 26. Soporte de cámara y mecanismo de ajuste sobre la guía .....	101
Fotografía 27. Mecanismo de ajuste de perilla .....	102

Fotografía 28. Mecanismo de ajuste con resorte sobre la guía .....	102
Fotografía 29. Mecanismo de ajuste con resorte y su modo de uso.....	103
Fotografía 30. Estructura en perspectiva .....	104
Fotografía 31. Resorte de cobre .....	104
Fotografía 32. Modo de armado entre partes .....	105
Fotografía 33. Cuatro secciones de la estructura .....	105
Fotografía 34. Despiece completo de la estructura.....	105
Fotografía 35. Base con topes de goma .....	106
Fotografía 36. Unión de un travesaño a cada perfil .....	106
Fotografía 37. Módulo en perspectiva.....	107
Fotografía 38. Piezas acopladas a la base .....	107
Fotografía 39. Vista en perspectiva de la parte posterior.....	108
Fotografía 40. Guía y corredera.....	108
Fotografía 41. Piezas del módulo por separado .....	109
Fotografía 42. Manejo del color en el módulo.....	109
Fotografía 43. Render de la propuesta 1 .....	110
Fotografía 44. Render modo de ajuste .....	111
Fotografía 45. Render de la base .....	111
Fotografía 46. Render de la propuesta 2 .....	111
Fotografía 47. Render del mecanismo interno .....	112
Fotografía 48. Render del ensamblaje.....	112
Fotografía 49. Render de la propuesta 3 .....	112
Fotografía 50. Detalle de los topes de caucho en las patas .....	113
Fotografía 51. Render de las piezas del módulo por separado .....	113
Fotografía 52. Render de la propuesta 4 .....	114
Fotografía 53. Render de la guía y el rodamiento.....	114
Fotografía 54. Render del mecanismo de ajuste entre las piezas .....	114
Fotografía 55. Render de la propuesta 5 .....	115
Fotografía 56. Render del plegado de la base y el despiece del módulo.....	115
Fotografía 57. Render de la propuesta 6 .....	116

Fotografía 58. Render del plegado de los módulos. ....	116
Fotografía 59. Render del soporte y el mecanismo de ajuste con perilla.....	117
Fotografía 60. Render del mecanismo de ajuste de la cámara.....	117
Fotografía 61. Render en perspectiva del mecanismo.....	118
Fotografía 62. Render de la propuesta 2 .....	118
Fotografía 63. Detalle del mecanismo .....	119
Fotografía 64. Render de la perspectiva del soporte .....	119
Fotografía 65. Render de la propuesta 3 .....	119
Fotografía 66. Detalle del anclaje a mecanismos con resorte. ....	120
Fotografía 67. Detalle del anclaje a mecanismos con tornillo. ....	120
Fotografía 68. Identificación de colores de la propuesta1 .....	123
Fotografía 69. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm .....	123
Fotografía 70. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm con fondo color negro.....	124
Fotografía 71. Identificación de colores de la propuesta1 a 20cm con fondo color negro.....	124
Fotografía 72. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm con fondo de tela color negro .....	125
Fotografía 73. Identificación de colores de la propuesta1 usando luz leds a través de una superficie perforada .....	125
Fotografía 74. Identificación de marcadores de la propuesta 2 .....	126
Fotografía 75. Puntuación llevada a cabo por el programa .....	127
Fotografía 76. Captura de la prueba 1 .....	128
Fotografía 77. Positivo y negativo de la prueba 1 .....	128
Fotografía 78. Delimitación de áreas de la prueba 1 .....	129
Fotografía 79. Localización de áreas de la prueba 1 .....	129
Fotografía 80. Captura de la prueba 2 .....	130
Fotografía 81. Positivo y negativo de la prueba 2 .....	130
Fotografía 82. Delimitación de áreas de la prueba 2 .....	130
Fotografía 83. Localización de áreas de la prueba 2 .....	131

Fotografía 84. Localización final de los marcadores .....	131
Fotografía 85. Calculo de un ángulo por captura de imagen .....	132
Fotografía 86. Calculo de un ángulo en video .....	132
Fotografía 87. Render del soporte para el mejoramiento de la iluminación .....	134
Fotografía 88. Armado del soporte y detalle de las uniones. ....	134
Fotografía 89. Batería y cinta de leds .....	134
Fotografía 90. Trípode para computador portátil.....	135
Fotografía 91. Uso del trípode .....	135
Fotografía 92. Secuencia de plegado del soporte.....	136
Fotografía 93. Vista superior del tapete. ....	136
Fotografía 94. Secuencia del plegado del tapete.....	137
Fotografía 95. Distribución de los elementos en el estuche.....	138
Fotografía 96. Render del estuche.....	138
Fotografía 97. Detalle de la tapa.....	139
Fotografía 98. Detalle de la manija .....	139
Fotografía 99. Prototipos funcionales en un espacio de trabajo .....	140
Fotografía 100. Módulo A .....	141
Fotografía 101. Módulo B .....	141
Fotografía 102. Vista explosionada del soporte .....	142
Fotografía 103. Vista explosionada del sistema de ajuste .....	142
Fotografía 104. Vista explosionada de la corredera.....	143
Fotografía 105. Vista explosionada de la base .....	143
Fotografía 106. Secuencia de despliegue.....	144
Fotografía 107. Vista superior del módulo escala 1:5 .....	147
Fotografía 108. Vista lateral del módulo .....	148
Fotografía 109. Vista frontal del módulo .....	149
Fotografía 110. Plano de verificación ergonómica .....	150
Fotografía 111. Prenda y marcadores ubicados en un somatotipo.....	150
Fotografía 112. Prenda ubicada a la izquierda del somatotipo .....	151
Fotografía 113. Detalle del logo del sistema y el bolsillo .....	151

Fotografía 114. Detalle de las correas .....	151
Fotografía 115. Detalle de los marcadores. ....	152
Fotografía 116. Envoltura de la prenda.....	152
Fotografía 117. Escena animada del tapete como superficie para el resto de componentes .....	153
Fotografía 118. Ubicación por color y forma del módulo A .....	153
Fotografía 119. Ubicación por color y forma del módulo B .....	154
Fotografía 120. Logo del sistema y ubicación de la persona a evaluar .....	154
Fotografía 121. Ubicación del ordenador portátil .....	155
Fotografía 122. Vista superior del tapete, escala 1:5.....	156
Fotografía 123. Distribución de los componentes reales del sistema en el estuche .....	156
Fotografía 124. Render del estuche.....	157
Fotografía 125. Vista superior del estuche 1:3.....	158
Fotografía 126. Vista lateral del estuche.....	158
Fotografía 127. Vista frontal del estuche .....	158
Fotografía 128. Plano de verificación ergonómica para el estuche.....	159
Fotografía 129. Pantallazo del diseño de la interface del software .....	160

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Entrevista a través de medios electrónicos al coordinador del Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos de la Universidad Nacional de Colombia Mst. D.I Manuel Ricardo Ruiz .....	173
Anexo B. Entrevista a través de medios electrónicos al Técnico Comercial Luis Ruiz Olmos del Instituto de Biomecánica de Valencia España, especializado en captación y mantenimiento de clientes específicos en los campos de la biomecánica médica y biomecánica laboral.....	175

## RESUMEN

La adopción constante de posturas irregulares durante el trabajo causa la aparición de fatiga y con el paso del tiempo puede generar una serie de trastornos en el sistema músculo esquelético que perjudica notablemente la salud del trabajador. Esta carga postural es uno de los factores de riesgo disergonómico que al ser analizada adecuadamente genera un diagnóstico real y eficaz en procura de la calidad de vida del trabajo. La evaluación es ejercida por un profesional quien observa y detecta los movimientos repetitivos, la manipulación de cargas y los diferentes ángulos en posiciones que adopta el trabajador. Por lo tanto surge la inquietud por conocer los sistemas, equipos, herramientas y técnicas empleadas, detallando las principales falencias en éste procedimiento. Seguidamente, en nuestro proyecto, analizamos los aspectos más destacables a tener en cuenta en cada uno de los sistemas encontrados, con miras al diseño de un sistema alternativo que recoja los aportes más convenientes y dé solución a los problemas encontrados.

Dando comienzo al desarrollo proyectual, se proponen numerosas soluciones en cada una de las etapas de diseño, elaborando bocetos, maquetas, renderización en 3d, y pruebas de estructuras, módulos, mecanismos y demás accesorios; todo lo anterior articulado paralelamente a un aspecto esencial como lo es: la tecnología, con el fin de garantizar fiabilidad y rapidez en la captura de los diferentes ángulos que describe el trabajador en su postura.

## **ABSTRACT**

The irregular posturing at work brings on apparition of fatigue and with time goes; it could produce a series of disorders in the musculoskeletal system that it would hurt the way serious about worker's health. Postural load is one of hundreds of factors of dis-ergonomic risks which if they are analyzed accurately they'll generate a real and certain diagnostic to improve the quality of work life. The evaluation is done by a professional who looks closely and detects all kind of repetitive activities, handling of loads and the different angles in positions that a worker keeps on, therefore, concern arises for knowing all systems, equipment, tools and technics used detailing the main failures in this process.

Subsequently, we analyze in our project every remarkable aspect about systems that have been found with the objective of designing an alternative system which contains contributions more suitable and to offer some solution to issues found. In the projectual development is set plethora of solutions in every instant of design, to create sketches, models, renders and proves of structures, modules, mechanism and other accessories. This is joined to technology with the purpose of assuring accuracy in the capture of the angles described for a worker in his posture.



## GLOSARIO

**Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.

**Ergonomía:** Ciencia del diseño para la interacción entre el hombre y las máquinas, que estudia la disciplina científica que trata del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de estudio de la persona, de la técnica y de la organización.

**Confort:** Es aquello que produce bienestar y comodidades.

**Percentil:** Es una medida de posición no central que nos dice cómo está posicionado un valor respecto al total de una muestra.

**Boceto:** Es un dibujo hecho a mano alzada, realizado generalmente sin instrumentos de dibujo auxiliares. Puede ser un primer apunte del objeto ideado que aún no está totalmente definido.

**Render:** Es una imagen generada a partir de un modelo asistido por ordenador.

**Mecanismo:** Sistema de elementos dispuestos a transmitir un movimiento.

**Par prismático:** Las superficies en contacto forman un prisma, permitiendo un solo grado de libertad relativo entre los miembros. Usualmente el miembro más largo del par se denomina guía y el más corto corredera.

**Unión deslizante:** Unión de dos miembros que permite el movimiento rectilíneo de un miembro con relación a otro.

**Miembro:** Elemento material de un mecanismo que puede ser sólido rígido, sólido flexible o fluido.

**Telescópico:** Mecanismo formado por una serie de piezas y tubos que se extienden y recogen al encajar unos en otros.

**Módulo:** es un componente auto controlado de un sistema, el cual posee una interface bien definida hacia otros componentes; algo es modular si es construido de manera tal que se facilite su ensamblaje, acomodamiento flexible y reparación de sus componentes.

**Prototipo:** Es el primer modelo funcional producto de una investigación.

**Programa informático (software o ejecutable):** es un conjunto de instrucciones que una vez ejecutadas realizarán una o varias tareas en una computadora. Sin programas, estas máquinas no pueden funcionar.

**Bit:** Unidad mínima de información empleada en informática.

**Modelo de color RGB:** Hace referencia a la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios con que se forma: el rojo, el verde y el azul.

**Pixel:** es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea ésta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.

## INTRODUCCIÓN

El mayor reto que enfrenta un profesional encargado en la evaluación de la carga postural, es lograr obtener información correcta y de manera práctica que le permita realizar un diagnóstico acertado con la posibilidad de trasladar sus instrumentos a cualquier lugar, evaluando el riesgo de lesiones y fatigas ósteo-musculares relacionadas a una postura incorrecta adoptada por el trabajador en su entorno real.

Usualmente para llevar a cabo la obtención de datos necesarios como los ángulos descritos de cada segmento corporal en la postura, se apela a la observación directa, procedimiento cuyos resultados generan un sesgo en la información real que se desea conseguir debido a la dificultad que existe para establecer su medición.

Actualmente, gracias a los avances tecnológicos, se han logrado desarrollar instrumentos que facilitan el cálculo de estos datos numéricos, sin embargo, dada su complejidad, se utilizan equipos de alta gama, que dificultan su adquisición. Del mismo modo existen laboratorios que ejecutan este tipo de evaluaciones los cuales se dedican exclusivamente al campo de la investigación y a la práctica de este procedimiento sin prestar un servicio asistido a múltiples entornos que facilite su traslado.

Los anteriores aspectos motivan la intención de esta investigación por contribuir al mejoramiento de las condiciones existentes en la evaluación de la carga postural.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Al emplear el sistema alternativo de evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo, se pretende lograr dos beneficios principales; el primero dirigido al evaluador quien realiza estudios de campo, facilitando la valoración del riesgo, con la seguridad de obtener información y resultados verídicos en cualquier entorno y una segunda ayuda, dirigida a los trabajadores quienes conservaran su salud evitando la aparición de lesiones óseo- musculares, tensiones y demás patologías asociados a la adopción de posturas penosas que con el tiempo agravarían de manera irreversible su estado, todo lo anterior a través de un diagnóstico acertado que suministre acciones preventivas o correctivas de manera inmediata.

El desarrollo de esta investigación se apoya en la importancia que tiene para la salud del trabajador, la prevención sobre el riesgo de lesiones vinculadas a una postura inapropiada en su actividad y la dificultad que existe por obtener información acertada en la evaluación lo cual genera un diagnóstico cuyos resultados serán incapaces de alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas. Después de detectar las dificultades que representa la capturar, la medición y el análisis de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador en el desarrollo de la valoración en una sesión típica, además de investigar aquellas soluciones y tipologías actuales, se ve oportuna la necesidad por ofrecer un aporte desde el diseño industrial que ofrezca una alternativa práctica y eficiente.

## **2. TEMA**

Carga física de trabajo.

### **2.1 SUBTEMA**

Carga postural estática y dinámica de trabajo.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La situación expuesta como problema en nuestro planteamiento, es la falta de un sistema alternativo portable que evalúe de manera práctica, inmediata y eficiente las posturas que el trabajador adopta en el entorno laboral para garantizar la obtención de información real junto a un análisis paralelo que identifique la urgencia con la que se debería actuar en cada caso.

El efecto que genera la problemática específica es la información poco precisa adquirida a través de procedimientos que consisten en una valoración llevada a cabo a través de la observación directa, en la que el analista anota los datos en pleno ejercicio de la labor tratando de asignar valores de ángulos, de manera errónea, apreciados en las diferentes posiciones que realiza el trabajador. Otra opción, es la captura de imágenes que requieren un posterior proceso dispendioso, utilizando elementos de medición manuales aplicados sobre las fotografías. Las anteriores técnicas originan correcciones fallidas y poco eficientes generando resultados insatisfactorios.

Entre tanto existen otras soluciones precisas pero poco prácticas y difíciles de adquirir que aportan numerosas ventajas con avanzadas herramientas de medición y cálculo numérico, sin embargo, los procedimientos que se aplican en el campo de este tipo de evaluaciones son complejos, centran su interés en la animación 3d de escenas y requieren de una segunda etapa que procesa la información inicialmente recolectada extendiendo el tiempo empleado en la actividad, además precisan la utilización de equipos de alta gama con elementos que elevan el costo del producto, alejando la posibilidad de ser adquiridos por los técnicos y profesionales que lo necesitan. También existen laboratorios estables dirigidos exclusivamente a investigaciones, cuyos instrumentos no cuentan con un diseño portable y práctico que facilite su aplicación y traslado a lugares externos o apartados que requieran su intervención.

#### **3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible a través del diseño industrial generar un sistema alternativo de evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo?

#### **3.2 NOMBRE DEL PROYECTO**

Sistema alternativo de evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema alternativo de identificación y evaluación de la carga postural estática y dinámica en “puestos de trabajo”<sup>1</sup> a través de la video captura, precisando y agilizando la obtención de datos, orientado a los diferentes profesionales que lo requieran o necesiten.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer técnicas y herramientas de evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo a nivel nacional e internacional.
- Analizar de manera detallada cada una de las mediciones requeridas en esta labor, comprendiendo cada uno de los movimientos necesarios en una postura.
- Estudiar métodos aplicados en el análisis y evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo.
- Proponer una alternativa de diseño que mejore las condiciones desfavorables de evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo.

---

<sup>1</sup> **PUESTO DE TRABAJO:** El espacio que uno ocupa en una empresa, institución o entidad desarrollando algún tipo de actividad o empleo con la cual puede ganarse la vida ya que recibe por ella un salario o sueldo específico.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 MARCO HISTÓRICO

**5.1.1 Antecedentes del análisis ergonómico.** “Desde la época primitiva cuando los hombres comenzaron a formar grupos para alcanzar sus objetivos que resultaban inalcanzables de modo individual, la administración ha sido fundamental para lograr la coordinación del quehacer humano. La organización y la división del trabajo generaron la necesidad de modelos para gestionar personas.

La forma de enfocar la gestión de los recursos humanos ha cambiado en correspondencia con la dinámica del desarrollo social, influenciado por sucesos y filosofías como la revolución industrial, la administración científica y la psicología industrial.

Los estudios preliminares en el Análisis y Descripción de Puestos de Trabajo (ADPT) coinciden con la revolución industrial en Europa y en Estados Unidos, Charles Babbage, en Europa, y Frederick Taylor en la Unión Americana fueron los primeros autores que plantearon que el trabajo podría y debía estudiarse de manera sistemática y en relación con algún principio científico.

La revolución industrial estuvo caracterizada por el desarrollo rápido de la tecnología de producción, la división y la especialización del trabajo, la producción en masa, mediante procedimiento de ensamble, así como la reducción del trabajo físico pesado. Con ella aparecieron métodos científicos aplicados a la ingeniería de producción y el desarrollo computarizado de control.

Como uno de los resultados de la revolución industrial, los empleados comenzaron a discutir colectivamente temas de interés mutuo y surgen los sindicatos que influyeron notablemente en las relaciones entre empleados y patrones. El sindicalismo contribuyó a la expansión de programas de beneficio para los empleados, a la definición clara de las obligaciones laborales, a la implantación de estructuras sistemáticas de salarios y al sistema de manejo de quejas entre otras más.

De forma paralela a la revolución industrial surgió la administración científica que fue un intento por investigar métodos de producción y montaje y establecer la manera más eficiente para realizar un trabajo. Se considera que el “padre” de éste movimiento fue Frederick Taylor.



La administración científica contribuyó a la profesionalización de la GRH. Se sustituyó el enfoque de corazonada e intuición en la gestión, por el de diseño y planificación basados en técnicas para la administración.

Después de la segunda guerra mundial, las investigaciones en el campo de la ingeniería del factor humano comenzaron a experimentar en el diseño de las tecnologías, las instalaciones y el equipamiento, obteniéndose resultados a finales de la década de 1940.

Algunos años después se hizo evidente que muchos de los problemas administrativos existentes eran el resultado de fenómenos humanos en vez de mecánicos. Este reconocimiento impulsó la intervención del psicólogo industrial en el mundo del trabajo, introduciéndose la idea de que los trabajadores tenían necesidades emocionales y psicológicas que debían considerarse en el trabajo, convirtiéndose la satisfacción del trabajador y el compromiso con el trabajo en aspectos importantes, mejorando así algunos aspectos relacionados con la gestión del personal como la selección, capacitación, colocación, entre otras.

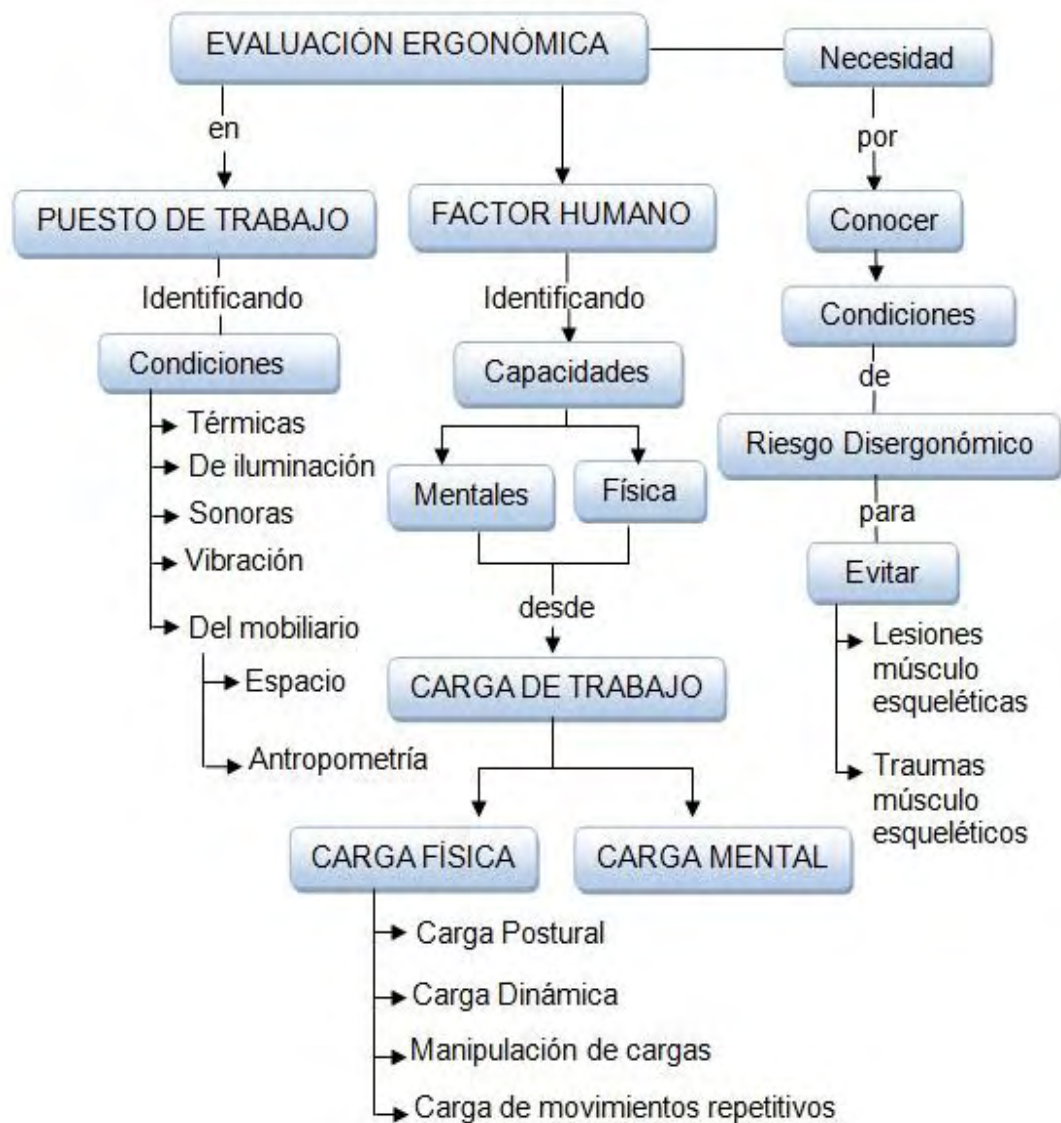
En la medida en que fueron cambiando las relaciones con los empleados y las personas fueron más valiosas, los métodos y funciones de los Recursos Humanos se convirtieron en aspectos claves de las organizaciones

Las tendencias actuales de la Gestión de los Recursos Humanos se dirigen hacia enfoques sistemáticos prácticos, multidisciplinarios y participativos que consideran el Análisis y Descripción de los Puestos de Trabajo (ADPT) como una herramienta básica para el establecimiento de toda política de recursos humanos pues casi todas las actividades desarrolladas en el área de recursos humanos se basan de uno u otro modo en la información que proporciona este procedimiento”.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> SCRIBD. Biblioteca virtual, evaluación de puestos de acuerdo al perfil del trabajador de tiendas por departamento RIPLEY – PIURA, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/55432985/ANALISIS-DE-PUESTOS>, (Citado el 20 de enero de 2012)

## 5.2 MARCO CONCEPTUAL



**5.2.1 ¿Qué es la antropometría?** “La antropometría toma su nombre de los vocablos griegos Anthropos, hombre y Métricos, medida; es la disciplina que toma, analiza y estudia las dimensiones del cuerpo.

La medición del cuerpo ha sido y seguirá siendo práctica común en varias actividades profesionales, a veces de forma empírica, como la realizada por los sastres, y otros de forma sistemática, como la que realizan la antropología, la medicina y la ergonomía, cada una con un enfoque particular.

La antropología utiliza la medición corporal, para recabar información sobre características étnicas, y hasta hace poco solo se aplicaba a restos humanos. La medicina toma mediciones muy variadas, dependiendo del área de que se trate. Puede tomarse solo el peso y la estatura como datos generales de cualquier paciente o medidas más específicas en ortopedia, traumatología y rehabilitación para definir el grado patológico o anormal del paciente. La ergonomía al ser la encargada del estudio de la relación usuario-objeto-entorno, requiere conocer las dimensiones humanas para definir las medidas que tendrán los objetos, espacios o situaciones que se diseñaran para que funcionen de manera óptima al corresponder directamente a las necesidades corporales de los futuros usuarios.

Las diferencias entre la aplicación de la antropometría en estas tres áreas son evidentes si tomamos en cuenta que esta última le interesa el hombre en plena actividad, es decir, el hombre vivo, actuante, pensante y por lógica vestido. Este último es importante porque en las técnicas antropométricas de las dos primeras ciencias se pide que la persona que va a ser medida este desnuda o con ropas muy ligeras para que las medidas obtenidas sean muy precisas. En cambio para la ergonomía las dimensiones deben ser tomadas bajo las condiciones más parecidas a la realidad del usuario, y si este trabaja con un atuendo especial o con ropa común, las medidas deben ser tomadas sobre las mismas prendas”.<sup>3</sup>

La antropometría conlleva a un estudio puntual y profundo desde la medición del cuerpo humano, generando resultados que suministran información valiosa para la intervención de diferentes disciplinas, en este caso el diseño, con el fin de lograr cumplir propósitos múltiples, por ejemplo: el cuidado de la salud y bienestar para el ser humano en sus actividades laborales, disminuyendo los factores de riesgo disergonómico.

Identificar y evaluar eficazmente, ayuda a una óptima manera de obtener datos para corregir y proponer nuevas opciones físicas favorables.

**5.2.2 ¿Qué es la ergonomía biomecánica?** “La biomecánica es el área de la ergonomía que se dedica al estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la mecánica clásica o Newtoniana, y la biología, pero también se basa en el conjunto de conocimientos de la medicina del trabajo, la fisiología, la antropometría y la antropología.

---

<sup>3</sup> FLORES. Cecilia. Ergonomía para el diseño. Editorial D.R Librería, s.a. Primera edición 2001. México 65 p

Su objetivo principal es el estudio del cuerpo con el fin de obtener un rendimiento máximo, resolver algún tipo de discapacidad, o diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizarlas sin riesgo de sufrir daños o lesiones.

Algunos de los problemas en los que la biomecánica ha intensificado su investigación han sido el movimiento manual de cargas, y los micro traumatismos repetitivos o trastornos por traumas acumulados.

Una de las áreas donde es importante la participación de los especialistas en biomecánica es en la evaluación y rediseño de tareas y puestos de trabajo para personas que han sufrido lesiones o han presentado problemas por micro traumatismos repetitivos, ya que una persona que ha estado incapacitada por este tipo de problemas no debe de regresar al mismo puesto de trabajo sin haber realizado una evaluación y las modificaciones pertinentes, pues es muy probable que el daño que sufrió sea irreversible y se resentirá en poco tiempo.

De la misma forma, es conveniente evaluar la tarea y el puesto donde se presentó la lesión, ya que en caso de que otra persona lo ocupe existe una alta posibilidad de que sufra el mismo daño después de transcurrir un tiempo en la actividad”.<sup>4</sup>

Al diseñar un sistema que detecte el estado real de las posturas, basándose en la medición de ángulos, fácilmente nos permitirá conseguir información valiosa de un estudio biomecánico del cuerpo humano en el desarrollo normal de la actividad descrita por el trabajador. La biomecánica en este sentido nos proporciona una serie de estudios abordados desde la medicina del trabajo que señalan todas aquellas enfermedades producidas por posturas inadecuadas que habitualmente un trabajador lleva consigo sin previo aviso o advertencia. Al existir un estudio acertado que identifique cada riesgo en la carga postural, con base en medidas exactas, la biomecánica establecerá las correcciones pertinentes que se deben tener en cuenta para contrarrestar las tensiones biomecánicas, siendo este un tema de principal interés para el trabajador en cuanto a su salud y en efecto para su empleador que tendrá un rendimiento ideal en la productividad de su empresa.

Igualmente la biomecánica se encarga de estudiar la manipulación de cargas llevada a cabo en la actividad que genera la aparición de lumbalgia, de no establecerse una intervención oportuna, la patología se agudiza con el tiempo para lo cual las cargas deben ser pesadas y el modo de ejecución tendrá que ser valorado al existir un movimiento erróneo. De otra parte, la acumulación de traumas representaría una causa principal de micro traumatismos, siendo necesaria una medición cronometrada de los movimientos ejecutados,

---

<sup>4</sup> EN BUENAS MANOS, Ergonomía, Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1236>, (Citado el 21 de enero de 2012)

principalmente en extremidades superiores, que nos indique el índice de gravedad sufrido.

Estos y otros requerimientos serán tenidos en cuenta para el diseño del sistema el cual tendrá que incluir un método que aborde el estudio biomecánico de cada aspecto descrito con anterioridad.

**5.2.3 ¿Qué es la carga postural?** “La adopción de posturas inadecuadas en el puesto de trabajo es sin duda alguna uno de los principales factores de riesgo musculo esquelético. Estas posturas pueden acarrear importantes tensiones biomecánicas en las articulaciones y en los tejidos blandos adyacentes que pueden llegar a provocar, a medio plazo, trastornos o patologías de origen laboral. Por posturas inadecuadas deben entenderse. Las posturas fijas, las provocadas por la existencia de espacios de trabajo restringidos y las que cargan asimétricamente las articulaciones. Su presencia en los puestos de trabajo se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas. Según la encuesta Europea sobre las condiciones de trabajo de 1997, la cuarta parte de los trabajadores adopta posturas cansadas o penosas como mínimo en la mitad del tiempo de su trabajo.

Así como la lumbalgia está fuertemente relacionada con los levantamientos de pesadas cargas, no se puede hablar de patologías específicamente asociadas a la presencia de posturas inadecuadas en el puesto de trabajo. Lo que si es cierto es que este factor de riesgo incrementa considerablemente el riesgo de aparición de cualquier patología musculo esquelética”.<sup>5</sup>

El entorno y la ejecución de tareas dentro de un espacio creado para un fin laboral implican necesariamente el uso de movimientos corporales cuya intensidad y complejidad depende del tipo de trabajo y tiempo invertido durante la jornada. Es indispensable notar principalmente los riesgos que se generarían con el tiempo si existe la adopción de malas posturas corporales continuas y no corregidas a tiempo. El concepto de carga postural abarca términos fisiológicos que surgen en las actividades laborales que implica una participación activa del sujeto y que por lo tanto requiere ser evaluada.

---

<sup>5</sup> LLANEZA. Francisco. Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista, 12ª ed. Editorial Lex Nova. 2009. España 318 p.

**5.2.4 ¿Qué es la carga postural estática?** “Cuando la contracción muscular se mantiene y continúa durante cierto periodo de tiempo.

**5.2.5 ¿Qué es la carga postural dinámica?** Cuando se trabaja y descansa el músculo de forma alterna”.<sup>6</sup>

Estas dos clases de cargas de tipo físico son los esfuerzos musculares que realiza un trabajador en la postura adoptada, desarrollando cansancio, sensación de malestar, insatisfacción y disminución del ritmo en la actividad, así como la ejecución de movimientos torpes e inseguros en cada acción.

Al analizar de manera detallada las cargas posturales estáticas y dinámicas se logra detectar y prevenir la aparición de lesiones y traumas músculo esqueléticos conociendo las condiciones de riesgo disergonómico en el trabajo.

Estas posturas describen ángulos en cada vista en el espacio de trabajo. Generalmente los métodos de evaluación de la carga física como el método REBA, requieren la obtención de estos datos, apelando a técnicas como la observación directa la cual es imprecisa y suministra información sesgada en el resultado.

Cada dato obtenido es procesado por el método a utilizar, el cual establece el nivel de favorabilidad de un movimiento en cada segmento corporal. Los métodos establecen rangos y cada ángulo debe precisarse en dichos intervalos sin embargo, al ser mal obtenido el ángulo, éste puede ser ubicado en un intervalo diferente al real ocasionando deficiencias importantes en el diagnóstico final.

**5.2.6 ¿Qué es la ergonomía de diseño y evaluación?** “Los ergonomistas del área de diseño y evaluación participan durante el diseño y la evaluación de equipos, sistemas y espacios de trabajo; su aportación utiliza como base conceptos y datos obtenidos en mediciones antropométricas, evaluaciones biomecánicas, características sociológicas y costumbres de la población a la que está dirigida el diseño.

Al diseñar o evaluar un espacio de trabajo, es importante considerar que una persona puede requerir de utilizar más de una estación de trabajo para realizar su actividad, de igual forma, que más de una persona puede utilizar un mismo espacio de trabajo en diferentes períodos de tiempo, por lo que es necesario tener en cuenta las diferencias entre los usuarios en cuanto a su tamaño, distancias de

---

<sup>6</sup> PRADO. Héctor. Material didáctico de clase.

alcance, fuerza y capacidad visual, para que la mayoría de los usuarios puedan efectuar su trabajo en forma segura y eficiente.

Al considerar los rangos y capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño de lugares de trabajo, equipo de seguridad y trabajo, así como herramientas y dispositivos de trabajo, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador.

El humano es la parte más flexible del sistema, por lo que el operador generalmente puede cubrir las deficiencias del equipo, pero esto requiere de tiempo, atención e ingenio, con lo que disminuye su eficiencia y productividad, además de que puede desarrollar lesiones, micro traumatismos repetitivos o algún otro tipo de problema, después de un período de tiempo de estar sufriendo dichas deficiencias.

En forma general, podemos decir que el desempeño del operador es mejor cuando se le libera de elementos distractores que compiten por su atención con la tarea principal, ya que cuando se requiere dedicar parte del esfuerzo mental o físico para manejar los distractores ambientales, hay menos energía disponible para el trabajo productivo”.<sup>7</sup>

Se puede considerar que un entorno de trabajo es un importante campo portador de situaciones diferentes, que se pueden clasificar de acuerdo a los propios resultados que éste nos proporcione, dependiendo exclusivamente de quien actúe en él. Cada espacio laboral representa información que muchas veces no ha sido descifrada con facilidad, una información útil para su misma aplicación en pro de soluciones que beneficien el estado de cada puesto de trabajo en cuanto a las condiciones posturales desfavorables, como uno de los factores de riesgo que se pueden manifestar.

Aparentemente las deficiencias físicas que presenta un puesto de trabajo a simple vista no son apreciadas como tal, los resultados y las causas de dichas deficiencias son detectadas directamente por el trabajador en el ritmo de trabajo y en el tiempo en que se ejecuten las tareas, manifestándose por medio de molestias y discomfort producto de la adopción de movimientos irregulares que se ve obligado a realizar, tratando de adaptarse al lugar y al sistema establecido en el entorno laboral. En lo que respecta al diseño, el fin principal es permitir que los objetos sean adaptados al usuario y en éste caso, mucho más, se necesita que el lugar sea óptimo en condiciones de ergonomía, salud y confort. La evaluación suministra datos, cuyo adecuado estudio y análisis, ayuda a la mejora de posturas

---

<sup>7</sup> BIBLIOTECA VIRTUAL, Definición de puesto de trabajo, disponible en: <http://www.definicionabc.com/social/puesto-de-trabajo.php>, ( citado el 25 de enero de 2012)

y eficiencia en el rendimiento laboral, interviniendo en la corrección de situaciones en las que se busque la adaptación y flexibilidad física corporal permitida para una tarea que representa consecuencias biomecánicas desfavorables al transcurrir el tiempo.

**5.2.7 ¿Qué es la evaluación de la carga física de trabajo?** “Sirve para determinar si el nivel de exigencias físicas impuestas por la tarea y el entorno donde ésta se desarrolla, están dentro de los límites fisiológicos y biomecánicos, o por el contrario, pueden llegar a sobrepasar las capacidades físicas de la persona, con el consiguiente riesgo para la salud.

La carga física es producida por dos esfuerzos: el esfuerzo muscular estático o trabajo estático y el esfuerzo muscular dinámico o trabajo dinámico”.<sup>8</sup>

Es importante considerar el entorno laboral en el que está sometido un trabajador y sobretodo con el fin de identificar las condiciones reales en las que se encuentra ya que en muchos casos las exigencias físicas exceden las capacidades del trabajador conduciendo a la aparición de fatiga física, discomfort o dolor, como consecuencias inmediatas de las exigencias del trabajo. Asimismo, la exposición continua a estas condiciones de trabajo inadecuadas puede conducir a la aparición de lesiones de mayor o menor gravedad que afectarán al sistema óseo y muscular del organismo y que pueden llegar incluso a incapacitar a la persona para la ejecución de su trabajo.

Podemos decir que la evaluación de la carga física en un puesto de trabajo, servirá para determinar si el nivel de exigencias físicas impuestas por la tarea y el entorno están dentro de los límites fisiológicos y biomecánicos aceptables o no, conllevando a sobrepasar las capacidades físicas de la persona arriesgando su salud.

---

<sup>8</sup> Ibid.



## 5.2.8 Principales métodos de análisis y/o evaluación basados en la observación del experto.

### - Método REBA

**Tabla 1. Método REBA de evaluación de la carga postural**

MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	GENERALIDADES
<p>Observar la actividad.</p> <p>Determinar el periodo de tiempo del puesto considerando, si es necesario, el tiempo del ciclo del trabajo.</p> <p>Pormenorizar y descomponer la actividad en operaciones elementales o subtareas.</p> <p>Registrar las posturas mediante videos, fotografías o anotaciones.</p> <p>Seleccionar las posturas más representativas, bien por su repetición en el tiempo o por su precariedad.</p> <p>Determinar el lado del cuerpo que conlleva mayor carga postural.</p>	<p>Divide al cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente y evalúa tanto los miembros superiores como el tronco, el cuello y las piernas. Del mismo modo analiza la manipulación de cargas y movimientos repetitivos.</p> <p><b>APLICACIONES</b></p> <p>El resultado determina el nivel de riesgo de padecer lesiones estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención.</p> <p>Los resultados del análisis nos indican cuatro niveles de gravedad (donde también se considera el tiempo).</p>	<p>Herramienta propuesta por Sue Hignett y Lynn McAtamney y publicado por la revista especializada Applied Ergonomics en el año 2000.</p> <p>El método es el resultado del trabajo conjunto de un equipo de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, que identificaron alrededor de 600 posturas para su elaboración.</p>

### - Método OWAS

**Tabla 2. Método OWAS de evaluación de la carga postural**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar la tarea.</li> <li>• Seleccionar y analizar las posturas para cada fase de trabajo.</li> <li>• Registrar el tiempo.</li> </ul>	<p><b>APLICACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para poder reducir la carga postural y ser más productivo.</li> <li>• Diseño de nuevos puestos.</li> <li>• Reconocimiento ergonómico.</li> <li>• Reconocimiento de la salud laboral.</li> </ul>	<p>El método OWAS (Ovako Working Analysis System) fue propuesto por los autores finlandeses Osmo Karhu, Pekka Kansu y Liikka Kuorinka en 1977 bajo el título "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." ("Corrección de las posturas de trabajo en la industria: un método práctico para el análisis") y publicado en la revista especializada "Applied Ergonomics".</p>
--	---	---

## - Método NIOSH

**Tabla 3. Método NIOSH de Evaluación de la carga dinámica de trabajo**

MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	GENERALIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar la actividad.</li> <li>• Determinar cada una de las tareas realizadas.</li> <li>• Recoger información de cada tarea llevando a cabo la aplicación de la ecuación.</li> </ul>	<p>Determinar las tareas realizadas en el momento de manipulación y control de cargas desde el momento de levantarlas hasta su destino, recolectando datos que se aplicarán a la ecuación de niosh.</p> <p><b>APLICACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para determinar momentos de mayor esfuerzo efectuado.</li> <li>• Para determinar el límite de peso recomendado</li> <li>• Reconocimiento ergonómico.</li> <li>• Para rediseño o cambios correctivos para reducir riesgos</li> </ul>	<p>En 1981 el Instituto para la Seguridad Ocupacional y Salud del Departamento de Salud y Servicios Humanos publicó una primera versión de la ecuación NIOSH [2]; posteriormente, en 1991 hizo pública una segunda versión en la que se recogían los nuevos avances en la materia, permitiendo evaluar levantamientos asimétricos, con agarres de la carga no óptimos y con un mayor rango de tiempos y frecuencias de levantamiento.</p>

## Método ERGO IBV

**Tabla 4. Método ERGO IBV de Evaluación de la carga dinámica de trabajo**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y observación de la tarea.</li> <li>• Registrar información (tiempo de exposición dentro de la tarea y repetitividad de los movimientos en los miembros superiores por minuto) sobre la tarea y las posturas adoptadas en la tarea.</li> <li>• Registro video gráfico de cada tarea para análisis y visualización posterior.</li> </ul>	<p>La aplicación práctica de este método se basa en la recopilación de información sobre diferentes factores de riesgo como son la repetitividad de movimientos de los miembros superiores, las posturas adoptadas por los brazos, el cuello y las manos-muñecas o la duración de la exposición a las diferentes posturas/tareas.</p> <p><b>APLICACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtienen los niveles de riesgo de la tarea analizada.</li> <li>• Para calcular niveles de riesgo de los trastornos musculoesqueléticos independientes para la zona del cuello-hombro (a corto, medio y largo plazo) y para la zona de la mano-muñeca.</li> </ul>	
---	---	--

## - Método OCRA

**Tabla 5. Método OCRA de Evaluación de los movimientos repetitivos con miembros superiores (manipulación)**

MODO DE RECOGIDA DE DATOS	VALORACIÓN	GENERALIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar la actividad.</li> <li>• Determinar posturas, cargas y movimientos reemplazándolos con valores.</li> <li>• Aplicación de datos numéricos para determinar el índice OCRA</li> </ul>	<p>Obtención de un valor numérico a partir del análisis de una serie de factores (frecuencia, fuerza y postura)</p> <p><b>APLICACIONES</b></p> <p>Para alertar sobre posibles trastornos, principalmente de tipo musculo esquelético, derivados de una actividad repetitiva.</p> <p>Para proponer nuevos análisis y mejoramientos en puestos de trabajo, supervisión médica para el trabajador.</p>	<p>OCRA "Occupational Repetitive Action"</p> <p>Herramienta presentada en la revista especializada de ergonomía en 1998.</p>

## - Método RULA

**Tabla 6. Método RULA de Evaluación de los movimientos repetitivos con miembros superiores (manipulación)**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar la tarea.</li> <li>• Seleccionar y analizar las posturas para cada fase de trabajo.</li> <li>• Registrar el tiempo.</li> </ul>	<p>Los resultados del análisis nos indican cuatro niveles de gravedad (donde también se considera el tiempo).</p> <p><b>APLICACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para poder reducir la carga postural y ser más productivo.</li> <li>• Diseño de nuevos puestos.</li> <li>• Reconocimiento ergonómico.</li> <li>• Reconocimiento de la salud laboral.</li> </ul>	<p>El método Rula fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham en 1993 (Institute for Occupational Ergonomics) para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas, actividad estática del sistema musculoesquelético</p>
--	---	---

El objetivo de estos métodos es la identificación de las posturas que representan un riesgo para el trabajador con el fin de aplicar las medidas correctivas reduciendo el nivel de riesgo. Cabe mencionar que estos métodos no son una herramienta o sistema de recolección de datos, principal tema de interés del sistema que se propone en el presente documento, el cual permitirá la obtención de esta valiosa información que posteriormente será procesada por el método a utilizar. Por su parte, estos métodos mediante estudios concienzudos de profesionales en diferentes áreas de la salud ocupacional, han establecido unas

pautas con puntuaciones que generan un cálculo para identificar el grado de severidad en la actividad laboral designada.

Actualmente el método REBA, es uno de los procedimientos más aplicados en estudios de análisis de carga postural, contando con una validación internacional, lo cual nos indica que sería importante contar con sus valiosos aportes y aprovecharlos en el sistema. A diferencia de los otros métodos, éste no solo incluye la evaluación de los miembros superiores, sino también la valoración de otros segmentos corporales que también deben ser analizados con detenimiento debido a su afectación en numerosos trastornos. El método REBA examina el levantamiento de cargas y movimientos repetitivos teniendo en cuenta posturas inusuales en movimientos imprevistos, aspecto que otros métodos no inspeccionan.

El método OWAS desafortunadamente no genera un resultado detallado de la gravedad de cada posición, limitándose a la identificación de posiciones básicas. En otras palabras, el método no establece diferencias entre cada grado de flexión.

### 5.3 MARCO TEÓRICO

**5.3.1 Método de observación directa.** “Es uno de los métodos más utilizados, tanto por ser el más antiguo históricamente como por su eficiencia. Su aplicación resulta mucho más eficaz cuando se consideran estudios de micro movimientos, de tiempos y de métodos. El análisis del cargo se efectúa observando al ocupante del cargo, de manera directa y dinámica, en pleno ejercicio de sus funciones mientras el analista de cargos anota los datos claves de su observación en la hoja de análisis de cargos. Es más recomendable para aplicarlo a los trabajos que comprenden operaciones manuales o que sean sencillos repetitivos. Algunos cargos rutinarios permiten la observación directa, pues el volumen de contenido manual puede verificarse con facilidad mediante la observación. Dado que no en todos los casos la observación responde a todas las preguntas ni disipa todas las dudas, por lo general va acompañada de entrevistas y análisis con el ocupante del cargo o con el supervisor”.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> RIVAS. Roque Ricardo. Ergonomía en el diseño y la producción industrial. Editorial Nobuko 2007. 190 p

## **Fotografía 1. Profesional encargado en la evaluación ergonómica**



El método de observación directa es una técnica manejada para la descripción y recolección de información en la evaluación ergonómica y/o física.

La observación directa es de tipo subjetiva puesto que requiere de un concepto personal sugerido por el profesional encargado, el cual no provee de una herramienta que respalde con certeza la información que se pretende suministrar. Generalmente se apela al conocimiento y a la experiencia del observador, sin embargo esto no garantiza una obtención de información real necesaria para determinar el número preciso de los grados en cada movimiento biomecánico.

Con relación a éste método, nuestro proyecto pretende reemplazar dicho procedimiento mediante el diseño de un sistema cuyos elementos sean prácticos, fáciles de transportar, que cumplan con la tarea de medir, apoyándose también en recursos tecnológicos que procesen esta información.

### **5.3.2 Sistemas objetivos de evaluación ergonómica**

#### **- Videosomatografía**

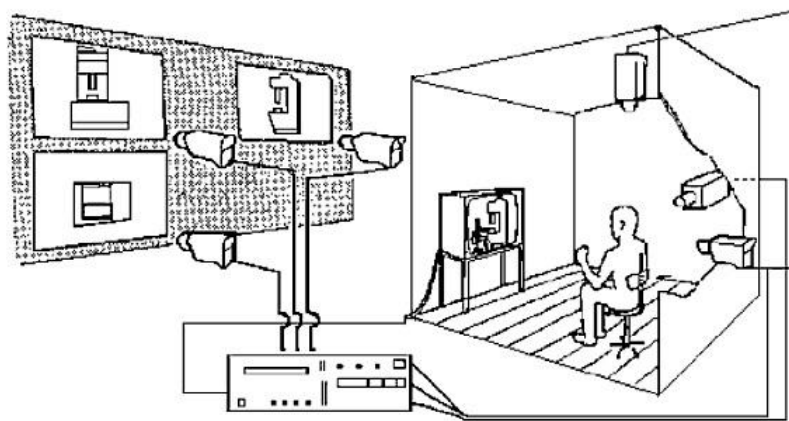
“La Videosomatografía desarrollada por Martin (1981) permite adaptar diseños, en su fase de dibujo, a personas reales mediante la superposición de imágenes. Consiste en la toma del puesto de trabajo o medio de elaboración y la persona que está desarrollando la tarea en tres dimensiones mediante cámaras de video. Ese

tipo de equipamiento fue el utilizado por el laboratorio de ergonomía de la Fundación de REFA de Argentina.

Una vez que se determina la postura corporal adoptada por su análisis se efectúa, mediante una unidad mezcladora, una combinación de imágenes que dan por resultado una presentación de la actividad en el monitor.

Este sistema de simulación mediante el empleo de una cámara de video permite la variación de las dimensiones del cuerpo, posibilitando una evaluación previa con los somatotipos para personas de distinta talla.

**Figura 1. Videosomatografía**



Este sistema se utilizó para la configuración de movimientos de trabajo y elección del lugar de los instrumentos y dispositivos de control en el diseño ergonómico correctivo de una prensa hidráulica (Lorenz y Rivas, 1986) al cual se le adicionó posteriormente una computadora de ayuda de diseño (CAD). Esto facilitó la modificación de los medios de elaboración en función de las dimensiones estructurales y funcionales del cuerpo humano”.<sup>10</sup>

El entorno y espacio que representa un lugar de trabajo ofrece una completa información con datos y eventos que orientan a una interpretación colectiva de la situación real que el trabajador puede presentar al ejecutar movimiento en su actividad. Para una mayor claridad y organización en la comprensión visual de la acción, se han desarrollado a través de la historia estos tipos de sistemas con el fin de evaluar situaciones reales utilizando cámaras y dispositivos que ayuden a capturar una escena real del trabajador en su actividad cotidiana.

---

<sup>10</sup> RIVAS. Roque Ricardo. Ergonomía en el diseño y la producción industrial. Editorial Nobuko 2007. 190 p

Los aportes que ofreció la Videosomatografía cuyo principio fue la utilización de cámaras de video y el uso de un ordenador podrían servir de base para la elaboración de nuestro sistema, aunque sería importante analizar la posibilidad de utilizar un tipo de tecnología acorde a nuestro presente, fácil de adquirir, de usar y sobretodo, con resultados semejantes a los logrados por éste complejo equipamiento.

### **- Software de diseño antropométrico**

“El software de diseño antropométrico es una herramienta de las nuevas tecnologías de información que facilita el proceso enseñanza aprendizaje acerca del tema de antropometría.

La utilización de este software facilita el proceso de toma de decisiones, análisis oportunos de resultados inmediatos, mejora continua y propuestas de diseño y rediseño ergonómico en cualquier ámbito productivo. Todo ello, promueve la cultura hacia la prevención de lesiones, fatiga física, optimización de tareas, productividad y calidad en cualquier sistema de producción. El software se diseñó con lenguaje html y su gran ventaja es que podrá utilizarse en línea además de que facilitará al usuario el diseño específico de una mesa y una silla.

El contenido del software antropométrico es el siguiente:

- Forma de medir la dimensión antropométrica
- Captura del dato de la dimensión antropométrica
- Calculo de percentiles (5%, 50%, 95%)
- Impresión de tabla antropométrica
- Diseño de silla
- Diseño de mesa”.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> SEMAC, Biblioteca virtual, Archivos, Disponible en: <http://www.semac.org.mx/archivos/congreso11/ENSE%C3%912.pdf>, (Citado el 30 de enero2012 )

## Fotografía 2. Software de diseño antropométrico



Este tipo de herramientas ayudan a una mejor observación y análisis en cuanto a las mediciones antropométricas se refiere. El uso de la informática ha facilitado la interpretación de datos facilitando la medición corporal con el fin de obtener resultados interpretativos dirigidos a la búsqueda de soluciones puntuales. Los diseños y espacios laborales dentro de una empresa donde intervenga el factor humano requieren la información de dimensiones antropométricas con el único fin de prevenir y disminuir el riesgo de afectación en la salud de los ocupantes y asegurar un proceso productivo eficiente en una compañía.

El software de diseño antropométrico es una herramienta de las nuevas tecnologías de la información que utiliza datos antropométricos con el fin de diseñar un objeto acorde a las especificaciones ergonómicas necesarias, suministrando datos cuyos resultados son oportunos e inmediatos, esta característica sería un gran aporte a tener en cuenta, como un elemento o aplicación para el sistema.

### - Sistema HADA

“El sistema HADA en su versión actual que permite la captura de movimiento por medio de una chaqueta instrumentalizada con sensores inerciales para la captura de los movimientos, combinada con un conjunto de funcionalidades implementadas sobre un software de simulación y animación en tres dimensiones,



permitiendo recrear sobre un modelo biomecánico el movimiento del sujeto observado.

Sus características de portabilidad y facilidad de uso lo hacen especialmente idóneo para su utilización en entornos reales, habiendo sido probado con éxito en puestos de trabajos industriales y actividades deportivas. Si bien los sistemas ópticos tienen rendimientos excelentes en condiciones de laboratorio, en general no son apropiados en entornos reales, en particular en entornos industriales donde los problemas de oclusión de los marcadores por obstáculos que no se pueden evitar con frecuencia lo hacen inviables de utilizar; sin contar su dudosa portabilidad o los problemas inherentes a que el trabajador tenga que llevar una ropa especial o que requiera la colocación muy precisa de marcadores. El sistema HADA permite incluso lo que el observador no ve en el proceso de campo.

### **Fotografía 3. Sistema HADA**



El sistema se ha diseñado pensando en todo momento en su facilidad de uso en campo, por su portabilidad y operativa de funcionamiento, así como para simplificar al máximo el posterior procesamiento de la información en la oficina. El resultado es un sistema realmente portable y ágil a la hora de obtener resultados para el análisis, aportando una precisión en la toma de datos muy superior a la que el técnico tenía que asumir por la visión directa o sobre vídeo. Dado el conjunto de funcionalidades descritas, este sistema facilita la labor del técnico en prevención de riesgos laborales, ya que proporciona información relevante sobre

las posturas y movimientos del sujeto, aporta fiabilidad en las mediciones realizadas y permite la aplicación de métodos de evaluación reconocidos. Además, posibilita una aplicación sencilla y rápida en sujetos con diferentes dimensiones antropométricas, a la vez que conoce de la oportunidad de comparar diferentes propuestas de mejora”.<sup>12</sup>

#### Fotografía 4. Simulación de la situación actual y propuesta actual 3d



La principal tipología que tendremos en cuenta, existente en el mercado es el sistema HADA, la cual nos sirve como referencia directa para el desarrollo del proceso investigativo y proyectual. Éste procedimiento utiliza recursos informáticos novedosos que recrean la escena de los movimientos biomecánicos ejecutados por el trabajador en su espacio, sin embargo su desarrollo cuenta con el uso de dispositivos de alta gama que lo hacen inasequible y dispendioso para empresas pequeñas, de igual modo es necesario que el profesional encargado maneje con fluidez un programa complejo que lo obliga a controlar varias etapas en la evaluación; desde el reconocimiento de la actividad y captura mediante video de la escena hasta el manejo aplicado del software que extiende el tiempo empleado en la actividad, recordando que el sistema en mención lleva a cabo el análisis de numerosos factores en la evaluación ergonómica a parte de la valoración de la carga postural y centra su esfuerzo en la animación virtual.

---

<sup>12</sup> MAPFRE, Seguridad y medio ambiente, Disponible en: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n112/articulo2.html>, (Citado el 30 de enero2012 )

En cuanto al diseño, la principal desventaja que detectamos es la utilización de elementos como el trípode, que si bien es práctico en su modo de uso por ser portable, éste debe cambiar de posición si el movimiento del trabajador lo aconseja. Lo anterior sucede debido a la inclusión de dos cámaras que deben ser trasladadas a una nueva ubicación cada vez que se requiera, obligando a transportar todo el componente de estéreo-visión sustituyendo los puntos en el entorno antes y después de cada cambio. Esta falencia debe ser analizada con detenimiento para ser corregida y proponer una alternativa que incluya la utilización de un procedimiento más sencillo con el uso de un elemento cien por ciento práctico e inmediato.

**5.3.3 Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos (LEFH) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.** “Se conformó en el año de 1995, fecha en la cual inicia labores, bajo el nombre de Laboratorio de Antropometría y Biomecánica.

El 16 de junio de 2008, se expide la resolución del Consejo de Facultad número 102, acta número 20, en la cual, se modifica la denominación por la de LABORATORIO DE ERGONOMÍA Y FACTORES HUMANOS, ampliándose su ámbito de funcionamiento a través de su articulación con la red de laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, diseñando prácticas académicas de laboratorio, contribuyendo al desarrollo de proyectos de investigación, tesis y trabajos finales, liderando la ejecución de proyectos de investigación en los campos de ergonomía y factores humanos y prestando asistencia técnica a organismos públicos y privados, nacionales o internacionales, desarrollando actividades de extensión.

Este proyecto nace por la necesidad de la Universidad Nacional, de conformar comunidades científicas, generar espacios de trabajo interdisciplinarios y reconocer la dinámica evolutiva de las profesiones, como medios de proyección de sus labores hacia la comunidad nacional e internacional.

Así, el LEFH es una unidad más de la universidad con proyección real y concreta, en términos de ejecución de proyectos en su campo de acción.

La función primordial del laboratorio, es coordinar y ejecutar el desarrollo de acciones en docencia, investigación y extensión en el área de ergonomía y factores humanos, en lo concerniente a la ergonomía física (antropometría, biomecánica y ambiental), cognitiva (usabilidad y comunicación) y organizacional, en el desarrollo y evaluación de productos, procesos y proyectos diseño dentro del contexto latinoamericano.

## - Servicios del laboratorio LEFH

- Diseñar prácticas estudiantiles de laboratorio en los campos perceptuales y cognitivos; antropométricos y biomecánicos; ambientales y de usabilidad; en coordinación con los profesores responsables de las asignaturas de pregrado y post grado en los Programas Curriculares de Diseño Industrial, Arquitectura, Ingeniería Industrial, Salud Ocupacional y otros.
- Apoyar las acciones de comprobación relacionadas con el Factor Humano, de los proyectos adelantados en los Talleres de la Carrera de Diseño Industrial, Ingeniería Industrial y Arquitectura a que haya lugar.
- Contribuir al desarrollo de los Trabajos de Grado que tengan énfasis en componentes de Ergonomía y Factores Humanos.
- Coordinar el desarrollo y la ejecución de programas de investigación en los campos perceptuales y cognitivos; antropométricos y biomecánicos; ambientales y de usabilidad; en el diseño y evaluación de productos industriales, en coordinación con los institutos de la Facultad de Artes e ínter facultades pertinentes.
- Prestar servicios de asistencia técnica en el campo de sus especialidades a organismos públicos y privados, nacionales e internacionales, dentro de las normas vigentes en el País y en la Universidad, en coordinación con el Centro Extensión Académica de la Facultad de Artes.
- Impulsar la realización de acciones que divulguen la producción académica realizada en el marco del Laboratorio, en coordinación con el CIDAR y los museos de la Facultad de Artes.
- Desarrollar y apoyar programas de educación continuada y formación de postgrado, en el campo de su competencia. Para ello, el Laboratorio propiciará el intercambio con expertos y especialistas nacionales e internacionales, en coordinación con la Oficina de Educación Continuada de la Facultad de Artes.
- Establecer y mantener una cooperación estrecha con entidades homólogas al interior de la Universidad, del País y de otros Países.
- Lo demás que le asigne el Consejo de Facultad, o se deriven de convenios de cooperación científico – técnica que celebre la UNIVERSIDAD NACIONAL con entidades u organismos nacionales e internacionales”.<sup>13</sup>

En cuanto a nuestra disciplina de estudio, se ha demostrado que el Diseñar con responsabilidad implica entender las consecuencias de las decisiones que se toman durante el proceso; en el ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta su vida final. Esta visión del diseño adoptada en la facultad de Diseño Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, implica colocar al ser humano y su medio ambiente como factor central del desarrollo de la innovación a través de la cual construimos soluciones.

---

<sup>13</sup> LEFH, Laboratorio de Ergonomía Y Factores Humanos, Disponible en: <http://aplicaciones.virtual.unal.edu.co/blogs/lefh/>, (citado el 02 de Febrero de 2012)

El Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos, (LEFH), surge como consecuencia de lo anterior siendo su objetivo principal dinamizar y hacer realidad dichos principios. Desde los inicios de éste laboratorio, su función primordial ha sido dirigir y coordinar el desarrollo y la ejecución de tareas de docencia, investigación y extensión en el área de ergonomía y factores humanos, antropométricos y biomecánicos; ambientales y de usabilidad; en el desarrollo y evaluación de productos y proyectos de diseño.

El LEFH, como centro ergonómico, antropométrico y biomecánico, al servicio de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y de todas aquellas personas y entidades que han solicitado sus servicios, ha ejecutado proyectos relacionados con la evaluación de puestos de trabajo, intervención de espacios para la optimización de labores, estudio de perfiles ergonómicos y desarrollo de productos orientados al usuario.

Como resultado de la actividad del LEFH, se construye una metodología de diseño, empleada en el desarrollo de los productos enfocados al factor humano, en áreas de *diseño industrial* como: calzado, deportes, mobiliario, y productos encargados por la Oficina de *Salud Ocupacional*: Guardas de seguridad para los cortadores de prado, porta herramientas para personal de mantenimiento eléctrico, maletín porta documentos para personal de mensajería.

Esta metodología empleada en el diseño y desarrollo de estos productos, se basa en un trabajo interdisciplinario entre un equipo de diseñadores industriales, médicos, terapeutas, enfermeros e ingenieros.

Se puede afirmar que el 80% de esta metodología se apoya en la combinación de software tanto gráfico, como ergonómico, y que usan como apoyo la fotografía y el video. Estos programas informáticos se han unido en este laboratorio para tener un mayor control sobre el diseño y desarrollo del producto, y lograr resultados más eficientes frente a las variables del factor humano.

El laboratorio, al ser un centro de investigación dirigido exclusivamente para desarrollar estudios en el campo universitario, no ofrece un servicio de evaluación que traslade sus equipos a entornos laborales públicos o privados que requieran su intervención, de hecho los instrumentos utilizados no tienen características de portabilidad que faciliten su transporte.

## **5.4 MARCO LEGAL**

### **5.4.1 Sistema general de riesgos profesionales decreto 1295 de 1994 (Norma colombiana)**

#### **- Artículo 1 definición**

“El Sistema General de Riesgos Profesionales es el conjunto de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencias del trabajo que desarrollan. El Sistema General de Riesgos Profesionales establecido en este decreto forma parte del Sistema de Seguridad Social Integral, establecido por la Ley 100 de 1993. Las disposiciones vigentes de salud ocupacional relacionadas con la prevención de los accidentes trabajo y enfermedades profesionales y el mejoramiento de las condiciones de trabajo, con las modificaciones previstas en este decreto, hacen parte integrante del Sistema General de Riesgos Profesionales.

#### **- Artículo 2 objetivos del sistema general de riesgos profesionales**

- a. Establecer las actividades de promoción y prevención tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y salud de la población trabajadora, protegiéndola contra los riesgos derivados de la organización del trabajo que puedan afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo tales como los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, de saneamiento y de seguridad.
- b. Fijar las prestaciones de atención de la salud de los trabajadores y las prestaciones económicas por incapacidad temporal a que haya lugar frente a las contingencias de accidente de trabajo y enfermedad profesional.
- c. Reconocer y pagar a los afiliados las prestaciones económicas por incapacidad permanente parcial o invalidez, que se deriven de las contingencias de accidente de trabajo o enfermedad profesional y muerte de origen profesional.
- d. Fortalecer las actividades tendientes a establecer el origen de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales y el control de los agentes de riesgos ocupacionales” .<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, Biblioteca Virtual, decreto número 1295 de 1994 (Junio 22) Disponible en: [http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/biblioteca-legis/decreto\\_1295.pdf](http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/biblioteca-legis/decreto_1295.pdf), (citado el 4 de febrero de 2012)

La evolución del hombre y el desarrollo de diversas actividades económicas, dieron origen a la búsqueda de seguridad para su desarrollo, una seguridad en la salud de quien opere o realice cualquier labor que le proporcione beneficios de trabajo a una empresa o empleador. Es importante reconocer que la mayor parte del tiempo diario de una persona se encuentra en un lugar de trabajo; son numerosos los riesgos que cada lugar o entorno laboral ofrecen, de allí la importancia y la preocupación por contrarrestar cada dificultad que impida un desempeño seguro en la actividad.

Se concluye que el Sistema de Riesgos Profesionales tiene como fin proteger, atender y asegurar a la población trabajadora del país en caso de que sufra un accidente o una enfermedad profesional producto de su trabajo.

Entre sus principales objetivos se encuentra el interés por disminuir los accidentes y las enfermedades que están directamente relacionadas con la actividad laboral a través de actividades de prevención y en caso de que ocurran accidentes o enfermedades laborales, atender e indemnizar con pensiones de invalidez o sobrevivencia a los trabajadores y a las familias que sufran las consecuencias.

El mayor aporte del Sistema de Riesgos Profesionales es la protección de la fuerza laboral del país, que es el motor de la economía, beneficiando a todos los empleadores y trabajadores dependientes por igual, sin importar sus condiciones económicas o sociales. La filosofía del Sistema tiene que ver con la responsabilidad que tiene el empleador por la exposición a los riesgos laborales a los que se someten sus trabajadores, de ahí la importancia de aportar nuevas herramientas que evalúen y detecten toda clase de riesgos que con el tiempo se convertirían en enfermedades difíciles de evitar y solucionar.

**5.4.2 Nota técnica de prevención 451 evaluaciones de las condiciones de trabajo: métodos generales (NTP internacional).** “Uno de los aspectos que contempla la Ley de Prevención de Riesgos Laborales consiste en optimizar las condiciones de trabajo; para ello no sólo se deben tener los medios, métodos y/o técnicas que permiten identificar cuáles son estas condiciones de trabajo, sino que además se tiene que poder valorar su grado de adecuación: desde identificar situaciones muy desfavorables que se tienen que modificar con urgencia, a situaciones donde las condiciones de trabajo, en principio, son adecuadas.

Ya desde los inicios de la Ergonomía se realizaron, y siguen realizándose, continuos esfuerzos para la elaboración de herramientas que sirvan para conocer y valorar estas condiciones de trabajo, lo que ha dado lugar a un gran número de métodos de evaluación. Existe una gran variedad de métodos que se pueden clasificar de la siguiente forma: por su nivel de especificidad, en métodos

específicos y generales; por su nivel de subjetividad, en objetivos y subjetivos; y según su facilidad de uso, en simples o rápidos y laboriosos”.<sup>15</sup>

Según lo indica esta norma, la evaluación de las condiciones de trabajo, en nuestro caso, la evaluación de la carga postural en estos espacios, requiere una valoración del grado de adecuación que permita identificar todas aquellas situaciones desfavorables para una intervención oportuna, de ser necesario, según el caso expuesto. Por lo anterior, se destaca la importancia por incluir un método en el sistema que permita el análisis postural que codifique y valore la información recopilada por el sistema en su conjunto. Con anterioridad hemos revisado todos aquellos métodos que procesan la información, entre ellos destacamos al método REBA , por ser uno de los métodos más completos y difundidos, el cual nos será de gran ayuda a la hora de indicar en cada caso la urgencia con la que se deberían aplicar acciones correctivas, alertando sobre condiciones de trabajo inadecuadas.

El sistema planteado en el proyecto es específico al intervenir en un área concreta de la evaluación ergonómica como lo es el análisis único de la carga postural y se clasifica como objetivo en cuanto existe la preocupación por recolectar información numérica exacta al margen de sesgos y conceptos subjetivos que desvirtúen el resultado. De acuerdo a la norma, podríamos catalogar nuestro sistema, desde la facilidad de uso como: simple al pretender diseñar un sistema con elementos prácticos que garanticen inmediatez en el proceso de evaluación.

#### **5.4.3 Norma técnica colombiana 5655 principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.**

##### **- Diseño del espacio de trabajo y del puesto de trabajo, generalidades.**

“El diseño debe permitir a las personas tanto la estabilidad como la movilidad postural. Debe proporcionarle a las personas una base, tan segura y estable como sea posible, desde donde aplicar su energía física. El diseño del puesto de trabajo debe tener en cuenta las dimensiones corporales, la postura, la fuerza muscular, y el movimiento. Por ejemplo, se debería proporcionar espacio suficiente para que la tarea pueda ser ejecutada con posturas y movimientos adecuados, para hacer posible variar la postura y para permitir un fácil acceso. Las posturas corporales no deben provocar fatiga derivada de una tensión muscular estática prolongada. Debe ser posible cambiar las posturas del cuerpo.

---

<sup>15</sup> BIBLIOTECA VIRTUAL, NTP 451: Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales, Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_451.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_451.pdf), ( Citado el 5 de febrero)



## - **Diseño de los medios de trabajo, del hardware y del software**

Con la tendencia a hacer que las tareas demanden más esfuerzo mental, debe subrayarse la importancia de los aspectos mentales, así como de los aspectos físicos y mecánicos relativos a los medios de trabajo. En general, la interfaz facilita la toma de decisiones, la transferencia de información o la comunicación entre las personas y los medios de trabajo. La interfaz debe diseñarse de manera que se adapte a las características del ser humano.

En el hardware Los controles deben ser elegidos, diseñados y dispuestos de forma que sean compatibles con las características (en particular, del movimiento) de la parte del cuerpo que deba operarlos y de la tarea a desarrollar. Deben tenerse en cuenta la destreza, precisión y fuerza necesarias. En principio, aquellos elementos que sea necesario manejar con mayor frecuencia, deben estar donde puedan ser alcanzados y operados; igualmente, aquellos que demanden mayor visibilidad deben estar donde fácilmente puedan ser vistos. Los controles deben ser elegidos, diseñados y dispuestos de forma que sean compatibles con los estereotipos de la población, la dinámica del proceso de control y su representación espacial. Los controles que deban ser operados simultáneamente o en rápida sucesión, deben situarse suficientemente cerca unos de otros, para facilitar su manejo. No obstante, no deben estar tan próximos que puedan dar lugar a riesgo de accionamiento involuntario.

En cuanto al software una interfaz debería suministrar la información adecuada de forma que permita adquirirla fácilmente, así como proporcionar información detallada de los parámetros que lo requieran.- Las señales, las pantallas y los controles deben funcionar de manera que reduzcan la probabilidad de error humano.- Las señales y las pantallas deben ser elegidas, diseñadas y dispuestas de forma compatible con las características de la percepción del ser humano y de la tarea a desarrollar”.<sup>16</sup>

En esta norma técnica, destacamos un aspecto importante: el diseño de interface, actividad que involucra a tres ramas del diseño que se complementan en el desarrollo de nuestro proyecto como lo son: el diseño industrial, de software y la ergonomía. El fin que persigue el diseño de interface se aplica a la interacción que debe existir entre el objeto y el usuario logrando que la información transferida sea más asequible.

El sistema que se plantea en el presente trabajo involucra la posibilidad de interactuar con la tecnología, haciendo uso de hardware y software los cuales deben responder a estas exigencias. Es necesario que cada componente del

---

<sup>16</sup> SCRIBD, Biblioteca Virtual, Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50566346/NTC5655>, ( citado el 05 de Febrero de 2012)

sistema, al desarrollar la actividad, logre ser aprendido de una manera inmediata, por ejemplo, la interface del software debe incorporar elementos gráficos y simbólicos que no afecten el funcionamiento técnico eficiente. Al manejar de manera apropiada los textos, ventanas, iconos, menús y demás herramientas evitaremos presentar una interface confusa, difícil de aprender y de utilizar.

Del mismo modo se debe incluir el principio de sinergia en el diseño, el cual tiene como finalidad, captar la atención sobre elementos informativos, manteniendo una unidad coherente y uniforme entre los componentes del sistema.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 ENFOQUE**

La metodología utilizada es cuantitativa, teniendo en cuenta que el sistema detectará datos de manera más específica en forma numérica, logrando capturar los ángulos reales basados en las posturas que adopta el trabajador en su actividad cotidiana.

### **6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo documental y experimental, estudia la documentación existente identificando todos los aportes necesarios aplicados a un proceso. Éste tipo de investigación interpreta, indaga y presenta datos con información relevante en cuanto al análisis y evaluación de la carga postural estática y dinámica, utilizando para ello un análisis cuya finalidad es obtener resultados que serán base para el desarrollo de una propuesta alternativa en búsqueda de una solución al problema planteado desde el diseño.

Durante el proceso se realizarán ensayos y pruebas elaborando también bocetos, maquetas y modelos para experimentar diferentes propuestas objetuales de diseño con el fin encontrar aciertos y falencias en la utilización del material desarrollado como prueba.

## **7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

Considerando como público objetivo, tanto al trabajador a evaluar como al profesional evaluador, junto al análisis de los referentes existentes de diseño y el medio en el cual se lleva a cabo el trabajo de investigación, es importante plantear las siguientes determinantes de diseño:

### **7.1. FUNCIONALES**

Teniendo en cuenta el espacio donde funcionará el sistema a plantear, además del público objetivo y su interacción con el mismo, se cree importante el uso de un mecanismo sencillo, accionado manualmente, de manera que sea versátil y se adapte a la necesidad del profesional evaluador, de modo que la labor del usuario no encuentre complicación en su manejo. Igualmente hay que tener en cuenta la resistencia a cargas, pesos y tensiones.

### **7.2. ESTÉTICO-FORMALES**

El sistema en conjunto, debe tener en cuenta coherencia formal entre sus elementos y simplicidad en las formas, respondiendo a las características del material utilizado en algunos referentes ya analizados.

### **7.3. INDICATIVAS**

Para que el público objetivo se sienta conforme y seguro con relación al sistema y sus partes, es necesario que éste represente solidez en su forma. De la misma manera, sabemos que este sistema es de carácter técnico, por lo tanto es necesario emplear en él una estabilidad estructural en su conjunto.

Otra característica a destacar es la ajustabilidad en el sistema, entendiendo que éste se adaptará a las necesidades requeridas en cuanto a cambios en las dimensiones corporales de la población a evaluar.

### **7.4. ERGONÓMICAS**

La relación del sistema con el sujeto a evaluar será muy cercana en cuanto éste será objeto de estudio y valoración, por lo cual este sistema se adaptará a sus dimensiones físicas, teniendo en cuenta medidas con base en percentiles de la

población, haciendo que esta relación sea cómoda y segura, al mismo tiempo el sistema para el evaluador garantizará una visualización sencilla del manejo.

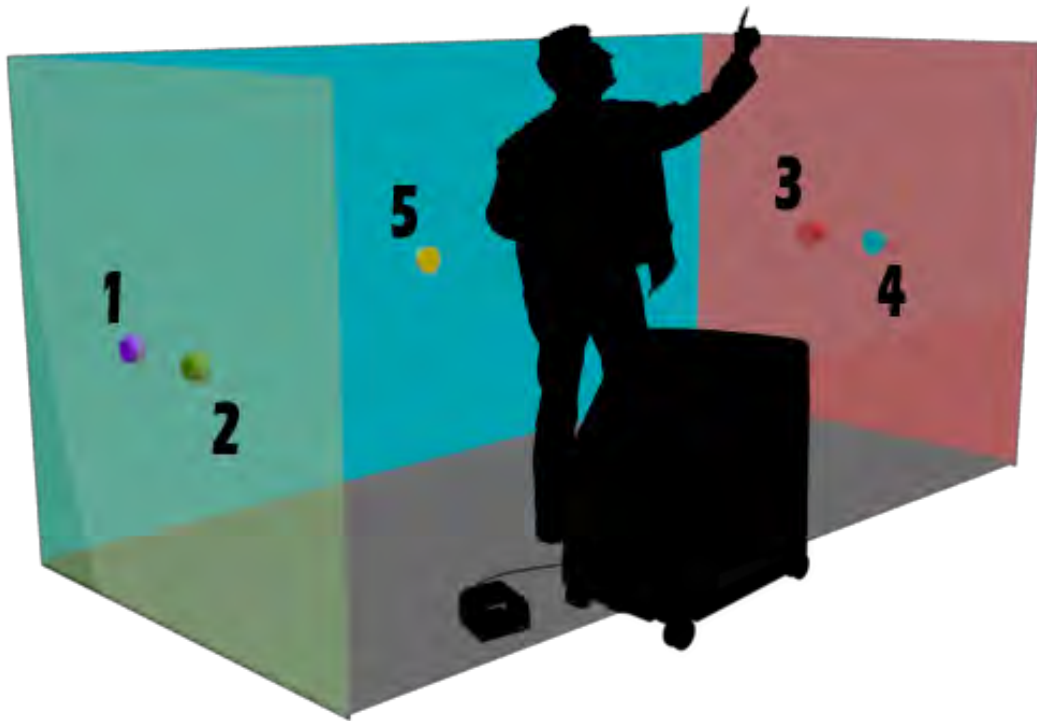
## **7.5. ACERCA DE LAS OPCIONES DE DISEÑO**

- Teniendo en cuenta que los sistemas actuales hacen uso de cámaras para registrar datos reales y preciosos, este sistema tendrá en cuenta el aporte que éstas hagan y la distribución de las mismas en las vistas del espacio que se requieran.
- El sistema está sujeto a la variedad de dimensiones que cada trabajador o sujeto a evaluar presente, para ello es indispensable el uso de un mecanismo de ajuste que se adapte a las condiciones de cada situación.
- Las cámaras requieren de un apoyo fijo que garantice la captura de imágenes que favorezcan la recolección del dato esperado, por lo tanto el sistema tendrá en cuenta el uso de una estructura o soportes.
- La estructura o soportes del sistema tendrán una característica de portabilidad, por lo cual es importante pensar en materiales livianos junto a la utilización de un mecanismo plegable, o en su defecto que este logre ser desarmable.
- El material a tener en cuenta debe cumplir con unas propiedades de resistencia, teniendo en cuenta la existencia de pesos, cargas y tensiones al tiempo que éste debe ser invulnerable a factores ambientales que lo deterioren.
- Para registrar los datos que el evaluador necesita, es importante saber que el sujeto a evaluar, portará unos marcadores o puntos de referencia legibles y fáciles de detectar por las cámaras de cada vista.
- Para la ubicación de puntos de referencia en el cuerpo del sujeto evaluado, se llevará a cabo soluciones basadas en el diseño de herramientas que faciliten su adaptabilidad sin alterar su situación real.
- Los puntos de referencia se destacarán por ofrecer una sensibilidad a través de colores o formas que se destaquen con relación al movimiento, al ambiente y al sujeto.
- Las características de la estructura destacarán sus cualidades estético formales, haciéndolo atractivo visualmente.
- Para el resultado óptimo del sistema, éste requiere una aplicación que procese la información obtenida en la captura, con ayuda del sistema en conjunto; esto es posible mediante un programa informático.
- Se tendrá en cuenta la relación de distancias, tamaño de la escena captada y el ángulo de visión por el tipo de cámara a utilizar que determinará la distancia entre el lente y el sujeto a evaluar y el número de cámaras en uso.
- Se aplicará el método REBA como patrón de evaluación, de modo que las cámaras deben ubicarse en la posición adecuada acorde a los ángulos y datos que se requieren captar.

- Es necesario utilizar equipos como cámaras y demás dispositivos cuyos costos sean bajos con el fin de presentar un sistema fácil de adquirir en el mercado, dirigido para la región y que ofrezca, a su vez iguales o mejores resultados que las unidades ofrecidas por los referentes analizados.
- A continuación se presenta una serie de cuadros tenidos en cuenta para la ubicación de las cámaras:

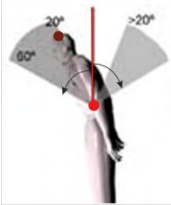

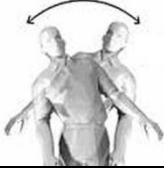
### 7.5.1 Ubicación de las cámaras

Figura 2. Ubicación de las cámaras en cada vista






**Grupo a**



**Tabla 7. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el tronco**

MOVIMIENTO	VISTA	ÁNGULO/MANUAL	CÁMARA	ILUSTRACIÓN
Flexión(hacia adelante) extensión(hacia atrás)	Lateral(de recha o izquierda)	Ángulo dado por el sistema	1	
Rotación (derecha – izquierda)	Superior	Dato manual	5	
Inclinación(derecha-izquierda)	Superior	Dato manual	5	

**Tabla 8. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el cuello**

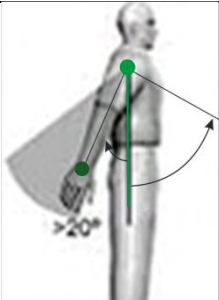
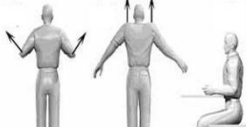
Flexión(hacia adelante) extensión(hacia atrás)	Lateral(derecha o izquierda)	Ángulo dado por el sistema	1	
Rotación (derecha – izquierda)	Frente	Dato manual	5	
Inclinación(derecha-izquierda)	Frente	Dato manual	5	

**Tabla 9. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para las piernas**

Balace de piernas(apoyo o no en un pie)	Lateral(derecha o izquierda)	Dato manual	5	
Flexión de rodilla (ambas)	Lateral	Dato manual	3	


**Grupo b**

**Tabla 10. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el brazo**

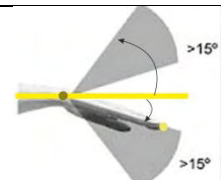
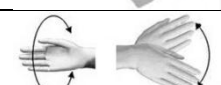
Flexión(hacia adelante) extensión(hacia atrás)	Lateral(derecha e izquierda)	Ángulo dado por el sistema	2y4	
Abducción, levantamiento de hombros y apoyo.	Frontal	Dato manual	5	




**Tabla 11. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para el antebrazo**

Flexión(hacia adelante) extensión(hacia atrás)	Lateral(derecha o izquierda)	Ángulo dado por el sistema	2y4	
---	------------------------------	----------------------------	-----	---





**Tabla 12. Movimiento, vista, tipo de dato, cámara encargada de la captura e ilustración para la muñeca**

Flexión(hacia adelante) extensión(hacia atrás)	Lateral(derecha o izquierda)	Ángulo dado por el sistema	2y4	
Torsión y desviación	Lateral	Dato manual	2y4	

**Tabla 13. Manipulación de cargas**

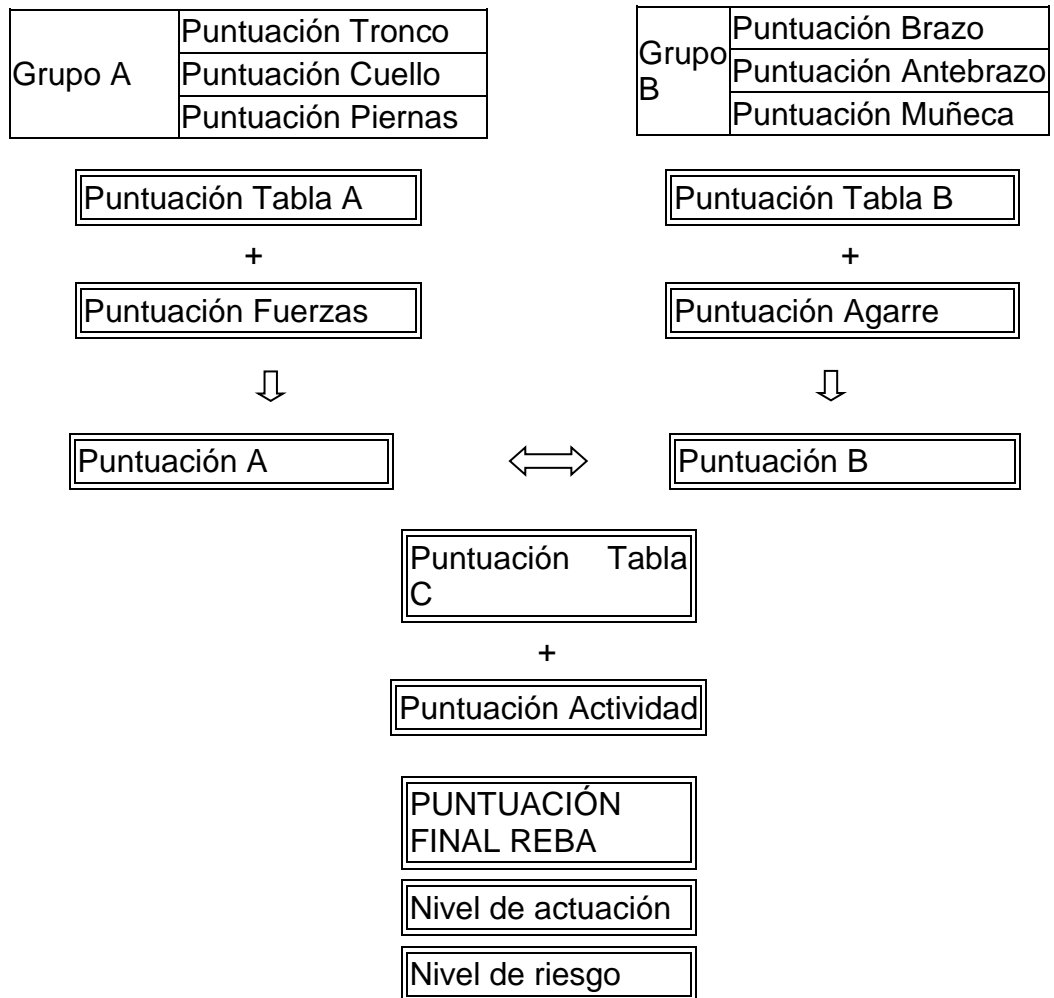
FUERZAS EJERCIDAS	ÁNGULO/MANUAL	ILUSTRACIÓN
la carga o fuerza es menor a 5kg	Dato manual (balanza)	
la carga o fuerza es entre 5kg-10kg		
la carga o fuerza es mayor de 10kg		
indique además si la fuerza se aplica bruscamente	ÁNGULO/MANUAL	
	Dato manual	

**Tabla 14. Tipo de agarre**

INDIQUE EL TIPO DE AGARRE DE LA CARGA	ÁNGULO/MANUAL	ILUSTRACIÓN
Agarre bueno (el agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio)	Dato Manual	
Agarre regular (el agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo).		
Agarre malo (el agarre es posible pero no aceptable).		
Agarre inaceptable (el agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo)		

**7.5.2 Procedimiento del método REBA.** A continuación se detalla la aplicación del método REBA sintetizando el proceso mediante un esquema.

**Figura 3. Flujo de obtención de puntuación del método REBA**



La siguiente tabla representa el diagnóstico final que presenta el método REBA como resultado del análisis previo en la evaluación.

**Tabla 15. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida**

PUNTAJÓN FINAL	NIVEL DE ACCIÓN	NIVEL DE RIESGO	ACTUACIÓN
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación.
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

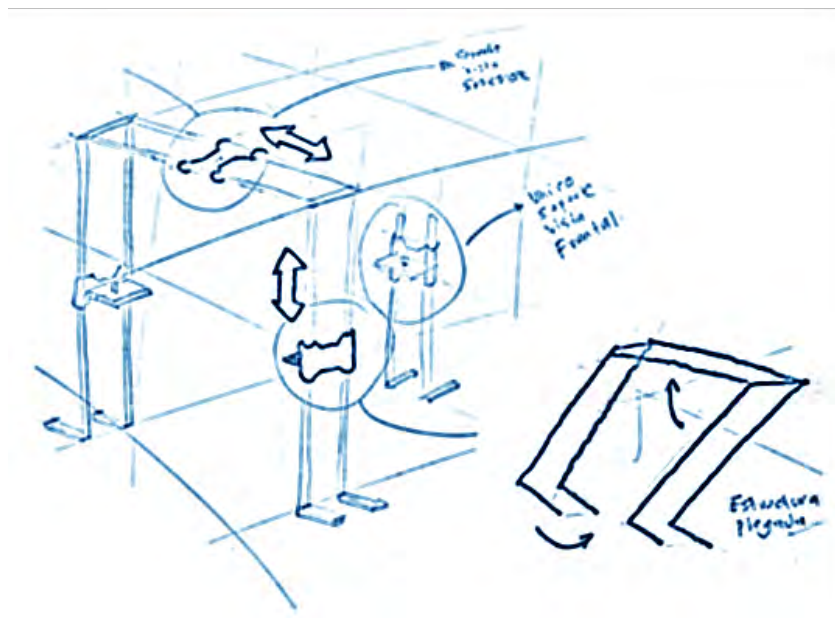
## 8. ANÁLISIS Y PRUEBAS

### 8.1 BOCETACIÓN

#### 8.1.1 Estructura

##### Boceto 1

Figura 4. Boceto de una estructura plegable

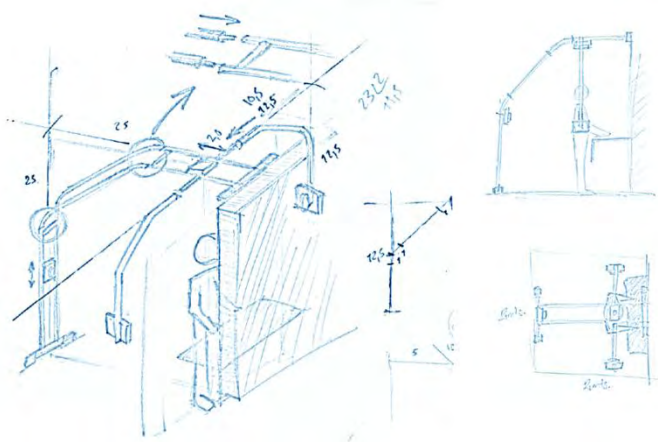


Inicialmente se tiene la idea de ubicar una cámara en la vista superior que registre la largura del brazo, condición que agruparía las partes en una sola estructura.

Se propone una estructura plegable que une 3 vistas, la vista superior y las laterales: derecha e izquierda, igualmente incluye una tercera estructura independiente, encargada de soportar la cámara de la vista frontal. Esta estructura sirve de soporte para las cámaras, las cuales irán ancladas a un elemento que tendrá la libertad de ajustarse a las diferentes alturas o dimensiones humanas que se presenten en cada caso.

## Boceto 2

**Figura 5. Boceto de una estructura con apoyo a la pared**

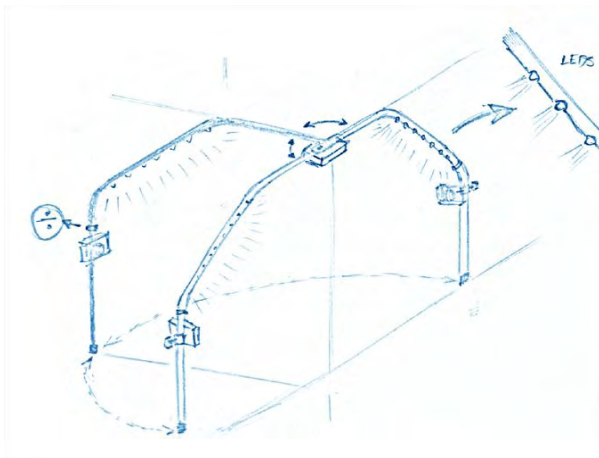


Esta propuesta integra todos los elementos posibles de la estructura en un solo conjunto, adaptándose a las cuatro vistas requeridas. Del mismo modo, la estructura presenta piezas desmontables que facilitan el modo de embalaje posterior, dándole al diseño la característica de ser fácilmente transportable.

Con el ánimo de evitar una segunda pieza que genere volumen y peso al diseño final, se plantea la idea de apoyar la estructura a la pared, superficie plana y rígida que reemplazará un elemento más de apoyo innecesario.

## Boceto 3

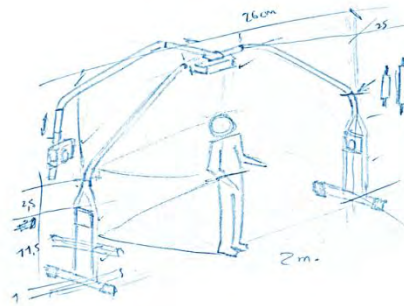
**Figura 6. Boceto de una estructura con tres apoyos**



Este boceto recoge la idea de conservar las características y funciones que lleva a cabo un trípode convencional, sobredimensionado sus partes pero cumpliendo a su vez con la labor de ser una estructura estable que sirve de apoyo a las cámaras en cada una de sus vistas e integrando la iluminación como un nuevo componente dispuesto en cada una de las 3 extensiones.

#### Boceto 4

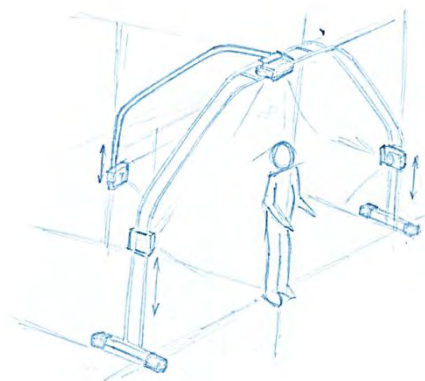
**Figura 7. Boceto de una estructura con dos apoyos laterales**



Se determina la utilización de dos apoyos laterales, cuya función no solo es técnica en cuanto a la estabilidad que debe ofrecer con relación al peso y las dimensiones sino también estética al proponer dos líneas verticales paralelas que coinciden en un extremo para prolongarse en una sola línea, generando un aspecto visualmente agradable al diseño. Esta propuesta minimiza el número de partes, reduciendo prácticamente a dos las piezas del trípode anteriormente planteado incluyendo una tercera extensión, la cual no se apoya en el piso.

#### Boceto 5

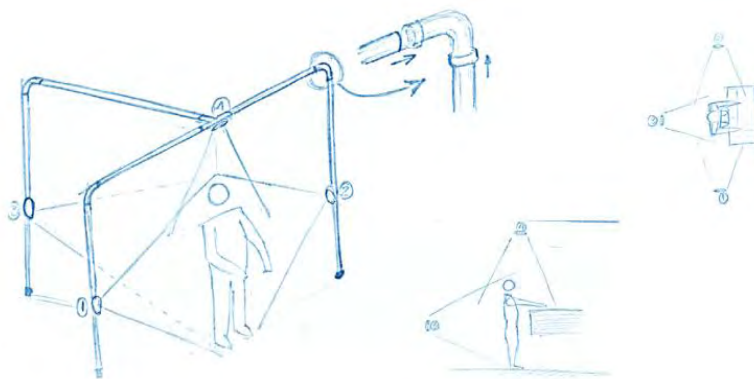
**Figura 8. Boceto de una estructura con dos apoyos laterales y continuidad en el manejo de la línea**



Se continúa con la propuesta del boceto anterior, haciendo énfasis en el aporte estético que pueda ofrecer la estructura, recurriendo al manejo de la línea. En esta propuesta las líneas paralelas se prolongan y sirven de guía a las correderas que soportan las respectivas cámaras, además presenta una variación en la pata posterior, prolongándola hasta el suelo para mayor solidez.

### Boceto 6

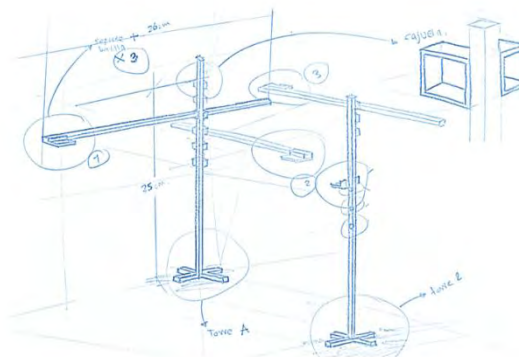
**Figura 9. Boceto de una estructura con tres apoyos y solución de ensamblaje**



Se piensa en el modo de ensamblaje de las partes con uniones rosca macho/hembra en cada vértice y una pieza que cumple la función de junción entre el marco y la extensión posterior.

### Boceto 7

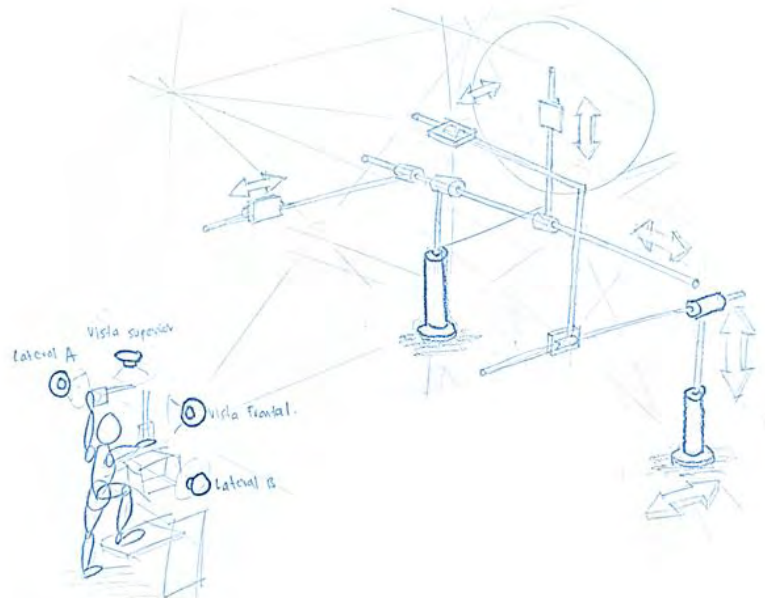
**Figura 10. Boceto de dos módulos con ajuste vertical y horizontal**



Se continúa con el diseño de otras alternativas, en esta idea se propone 2 torres independientes, las cuales llevan consigo una serie de elementos en forma de cajuelas perforadas a lo largo del eje vertical, las cuales sirven de soporte a barras que se ajustan horizontalmente a la dimensión que se necesite, elementos que sujetarán las cámaras en cada una de las vistas. En esta propuesta se destaca la intención de separar las 2 estructuras de modo que éstas en conjunto faciliten la adaptación a las dimensiones del puesto de trabajo.

## Boceto 8

**Figura 11. Boceto de dos módulos con ajuste vertical y horizontal con bases rígidas**

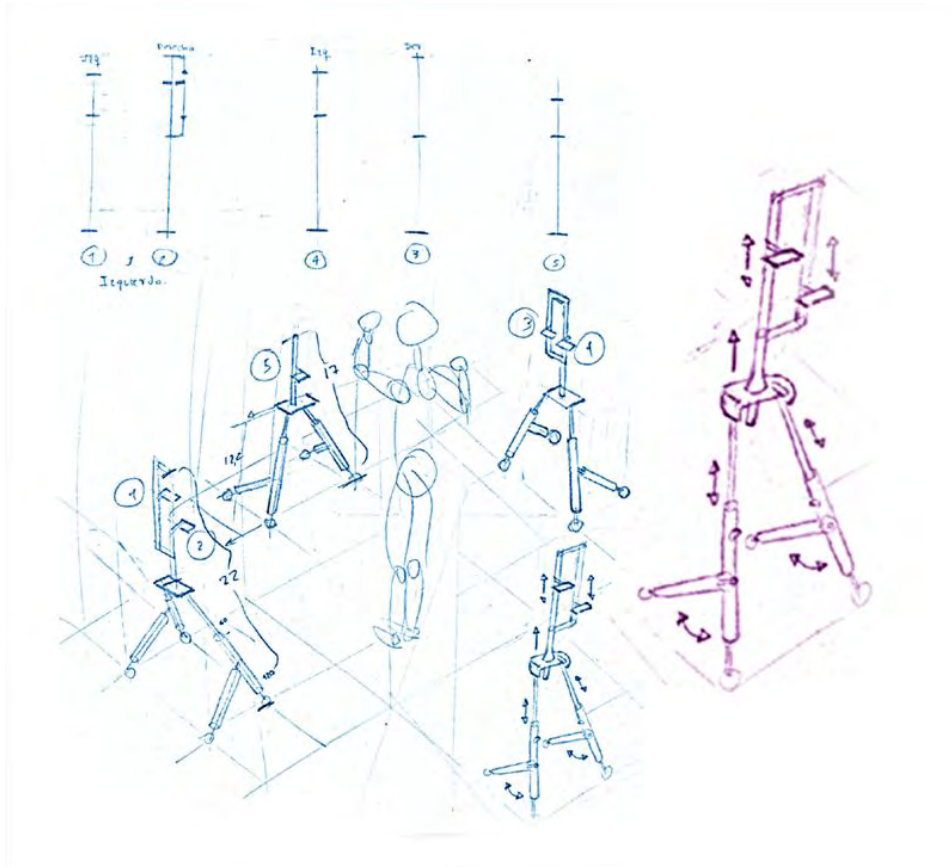


Se plantea un diseño opcional a la idea anterior, bajo el mismo criterio de utilizar 2 torres o estructuras independientes, salvo que en este caso hay una preocupación por la estabilidad en conjunto, planteando una base en cada elemento de forma cilíndrica que visualmente genere solidez. En este caso el mecanismo de ajuste se lleva a cabo por medio de una unión deslizante, entre dos miembros que permiten el movimiento rectilíneo del soporte de la cámara a lo largo de un brazo ubicado en cada vista.



## Boceto 9

Figura 12. Boceto de tres módulos



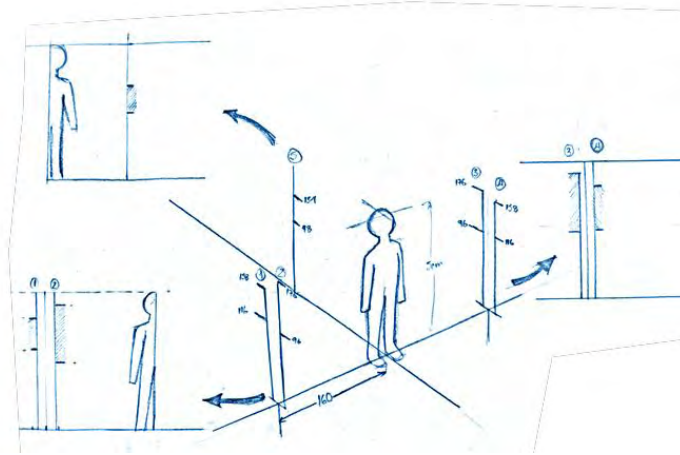
Posteriormente se piensa en retomar la idea inicial de la ubicación de las cámaras como se indica en los requerimientos, con el fin de encontrar otras posibilidades de diseño.

Se plantea la idea de conservar las características de un trípode convencional, el cual no ha dejado de utilizarse debido a su funcionalidad, su fácil plegado y especialmente por la estabilidad que ofrece.

Al organizar cada estructura por separado, cada componente debe cumplir con unos requerimientos específicos acordes a la captura del ángulo que cada vista exige, de modo que se evidencia la necesidad de tener dos trípodes, como lo indica la imagen, los cuales van dispuestos al lado izquierdo y derecho del sujeto cuya característica especial es la inclusión de dos cámaras

## Boceto 10

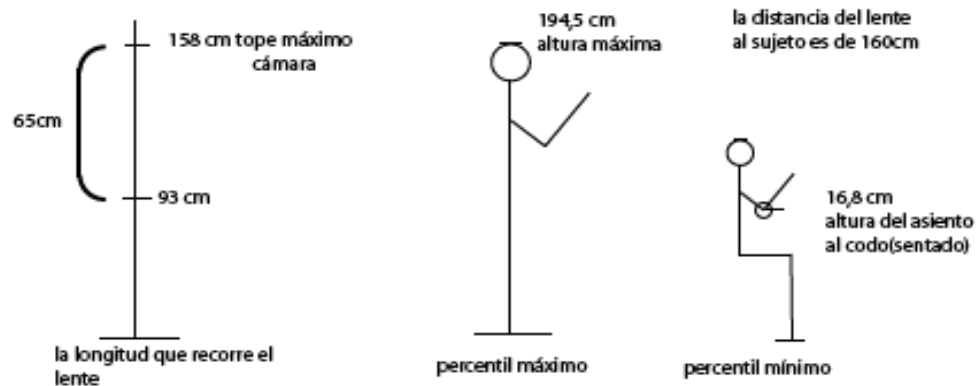
**Figura 13. Boceto de la ubicación de cámaras con respecto al sujeto a evaluar**



Se establecen algunas medidas, teniendo en cuenta los percentiles de los parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1.995 masculina y femenina. Se realiza el primer acercamiento entre las estructuras o soportes de cámaras y el sujeto a valorar, todo lo anterior en dimensiones reales acordes al tamaño de la escena que las cámaras a utilizar, permiten. Paralelamente se realizan algunos ensayos con cámaras digitales y se calculan estas medidas. De lo anterior se agrega las siguientes representaciones:

## Cámara 1

**Figura 14. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 1**

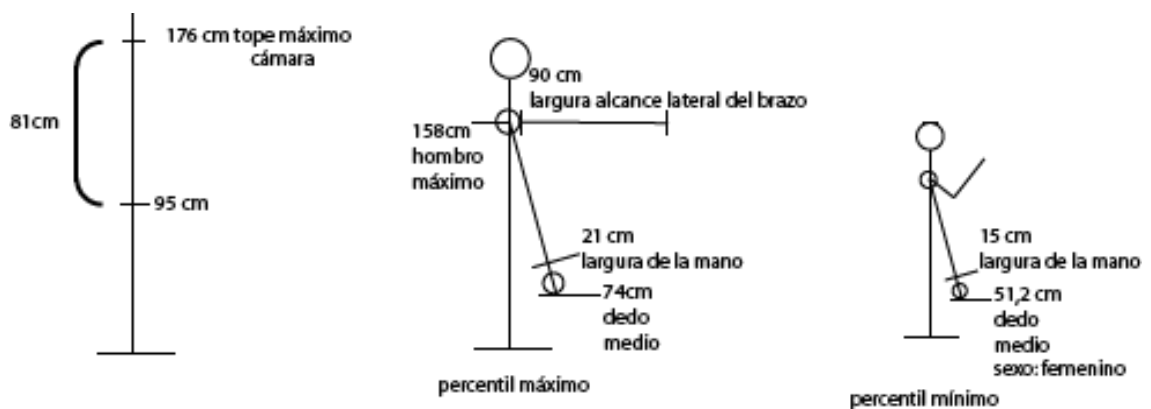


Para determinar los puntos máximo y mínimo en el eje vertical de la posición de la cámara 1, se tiene en cuenta la estatura del percentil máximo y la altura del codo (sentado) más el promedio de altura de un asiento que es de 41 cm. No se toma en cuenta otras medidas que esta cámara identifica, puesto que éstas se encuentran dentro del rango que describe el esquema, luego se deduce su normal captura en los 65cm que recorre el lente en la estructura o soporte.

El tope máximo del lente igual a 158cm no alcanza la medida de la estatura de 194,5cm debido a que el tamaño de la escena que captura el lente, a esa distancia, permite identificar el dato de la estatura. Igualmente sucede con la altura del codo en posición sedente.

### Cámara 2y4

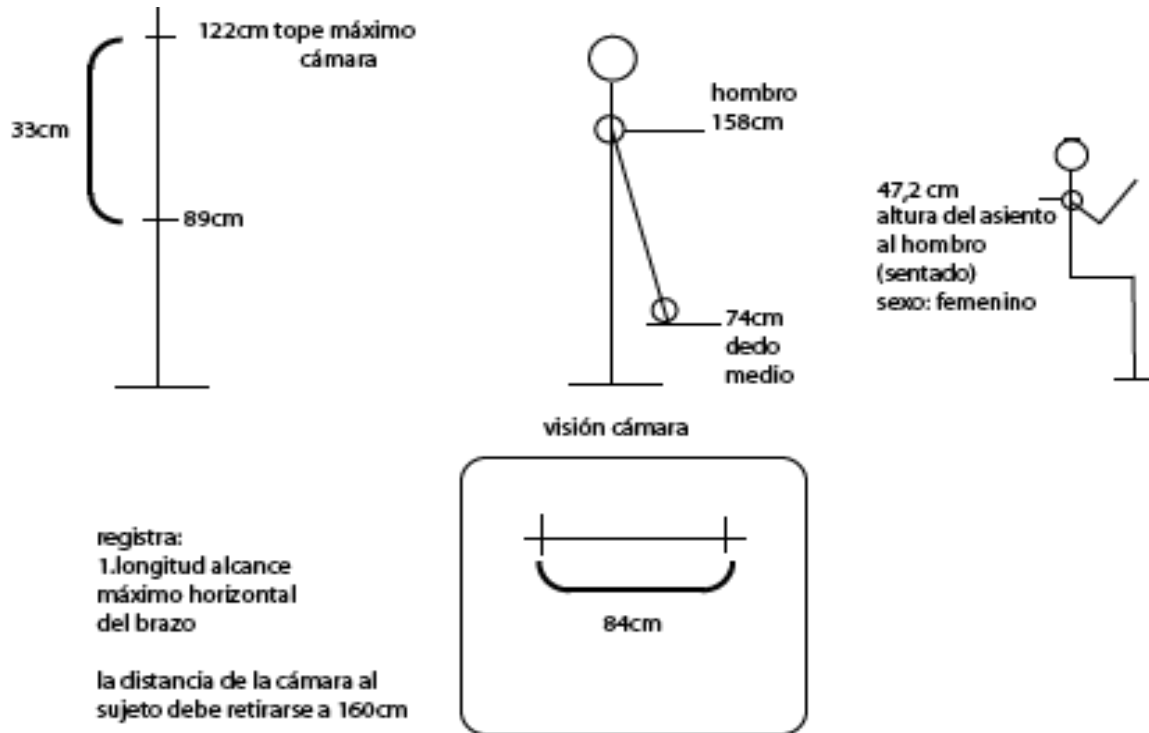
**Figura 15. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de las cámaras 2 y 4**



Estas cámaras usan como referente los siguientes datos: largura alcance lateral del brazo junto a la altura acromial del percentil máximo, éstas dos medidas se suman con el fin de calcular la flexión y extensión de los miembros superiores en forma vertical y la altura dactilea del percentil mínimo del sexo femenino, puesto que este dato es inferior al registrado por el sexo masculino.

### Cámara 3

Figura 16. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 3

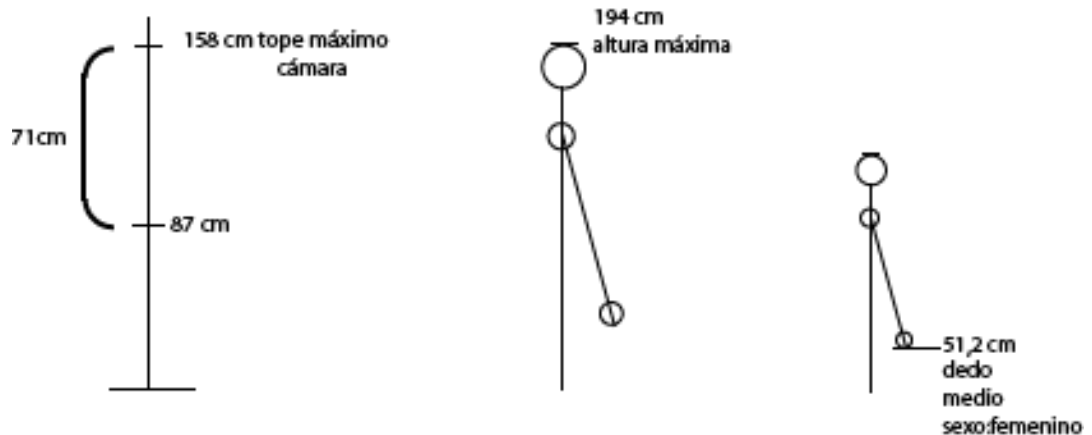


Particularmente esta cámara no registra ángulos, únicamente tiene en cuenta una medida longitudinal del alcance máximo horizontal del brazo, para lo cual es necesario detectar dos puntos: la altura acromial del percentil máximo y la altura dactilea del mismo percentil.

Para calcular los alcances verticales que recorre el lente es necesario tener en cuenta la altura acromial del percentil máximo (parado) y la altura acromial sentado del sexo femenino, puesto que esta medida es inferior a la que registra el sexo masculino.

## Cámara 5

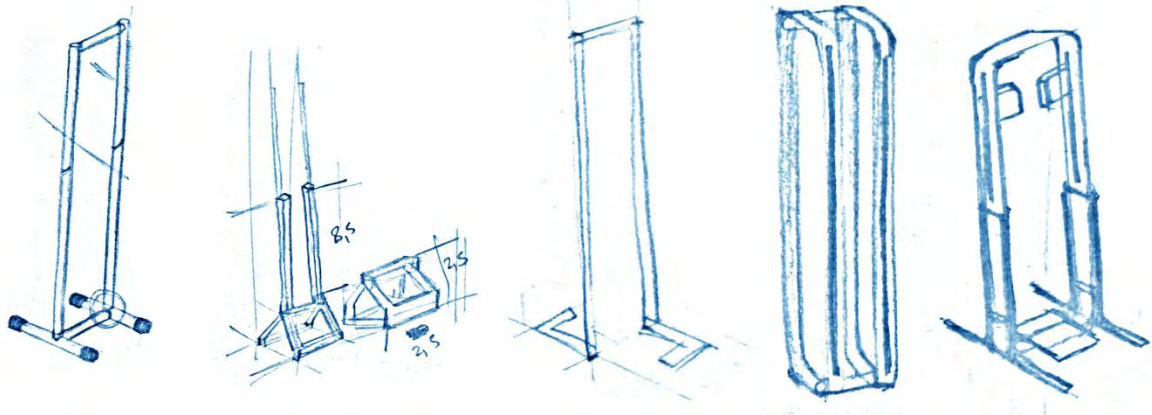
**Figura 17. Esquema de la relación entre las medidas antropométricas de la población laboral Colombiana y la ubicación de la cámara 5**



La ubicación de esta cámara será posterior o frontal de acuerdo a las condiciones del puesto de trabajo y no registrará ángulos, únicamente sirve de apoyo visual para identificar movimientos como: torsión, inclinación, abducción, rotación y elevación de la parte superior del cuerpo, para lo cual es necesario conocer la estatura del percentil máximo y la altura dactilea del percentil mínimo del sexo femenino, debido a que éste registra una dimensión menor a la del sexo opuesto favoreciendo la cobertura de la escena que maneja el foco.

## Boceto 11

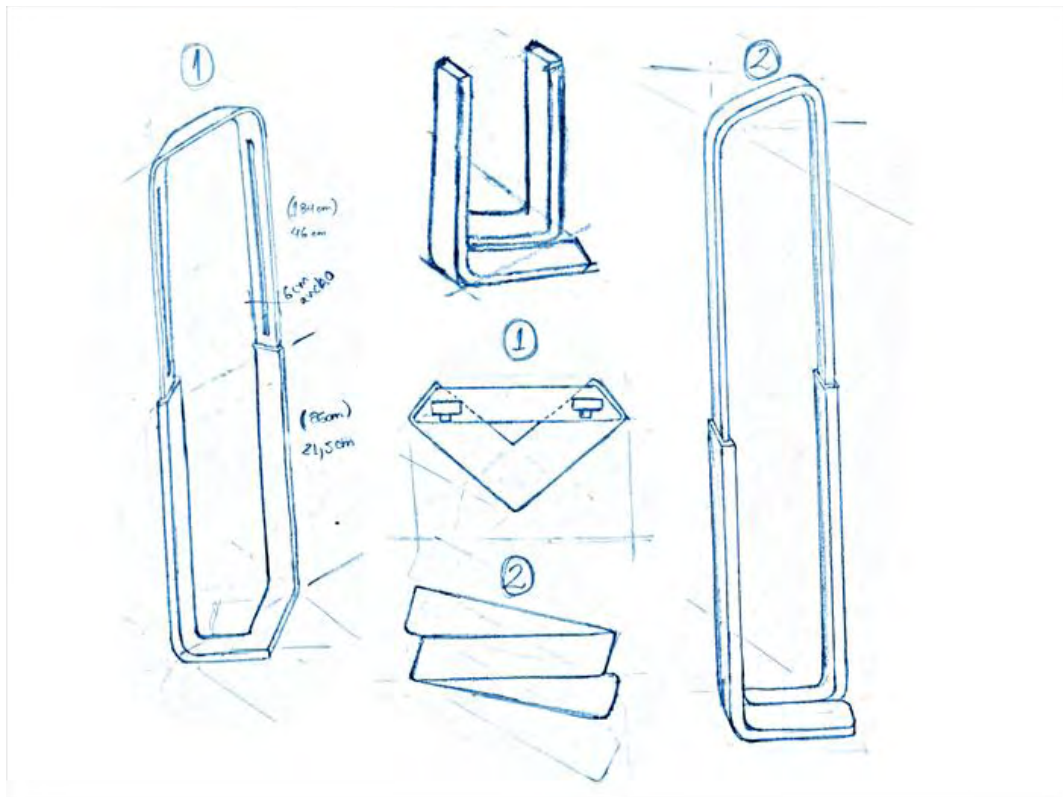
**Figura 18. Boceto de una serie de módulos**



Se propone una serie de diseños conservando las características esenciales de un trípode común. El primer boceto de izquierda a derecha, hace un uso formal de líneas rectas con una base visualmente rígida, estable y segura, la segunda idea presenta una variación en su base, la cual se plantea en forma de prisma triangular, por su parte, el tercero usa la línea de manera continua describiendo un recorrido simétrico y equilibrado. El cuarto y quinto dibujo propone características formales parecidas planteando dos elementos paralelos con la inclusión de una corredera en cada lateral.

## Boceto 12

**Figura 19. Boceto de dos módulos con dos piezas desmontables**



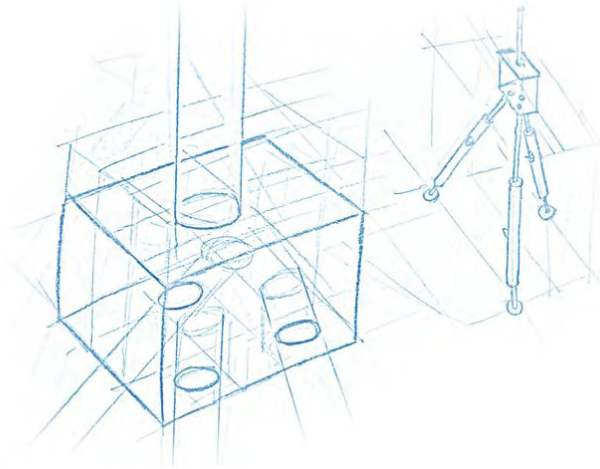
Se determina la utilización de los aspectos formales de la idea anterior con la preocupación de unir los dos elementos paralelos verticales de modo que esto no altere estéticamente el objeto. Del mismo modo se diseña dos alternativas para la base teniendo en cuenta que ésta soporta un peso y se encarga del equilibrio de la estructura en su totalidad.

En el primer planteamiento las líneas paralelas coinciden en un vértice, describiendo un triángulo que favorece el apoyo en conjunto. Como segunda alternativa se diseña una base que exige modificar la posición del ángulo de las

dos piezas verticales de tal forma que cada parte queda independiente en el remate, detallando una base sólida visualmente.

### **Boceto 13**

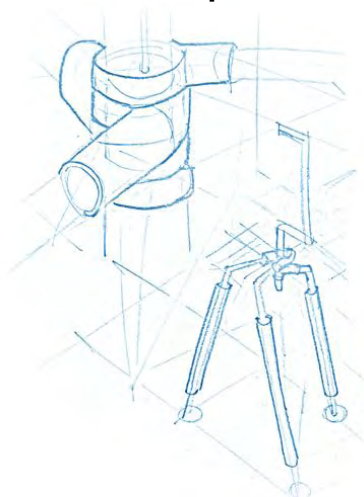
**Figura 20. Boceto de un módulo desarmable**



Pensando en la portabilidad de los soportes o trípodes se propone una estructura desarmable. En este boceto encontramos un elemento central perforado que une las tres patas del trípode y la guía de deslizamiento de las cámaras. Del mismo modo se piensa en plegar las patas con un mecanismo telescópico con ajuste de presión.

### **Boceto 14**

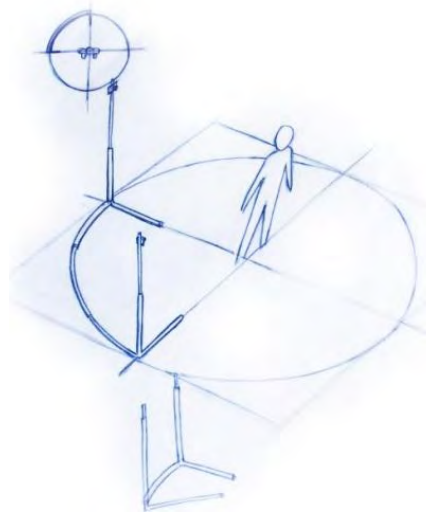
**Figura 21. Boceto de un módulo con siete piezas desarmables**



Siguiendo la propuesta del boceto anterior, se diseña un trípode cuyas patas sufren un quiebre en la parte superior y se ajustan cada una a un elemento tubular dispuesto a lo largo de un eje.

### Boceto 15

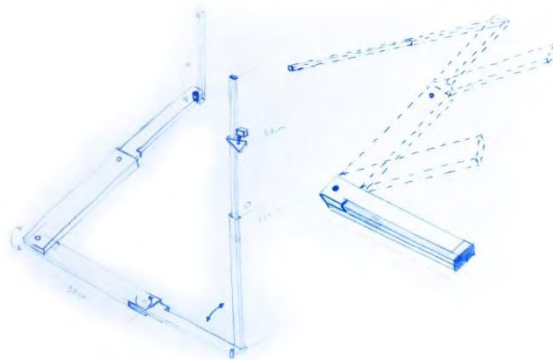
**Figura 22. Boceto de dos módulos unidos por una pieza en arco.**



Utilizando como referencia una circunferencia se ubican dos módulos en dos puntos trazando una diagonal en torno al sujeto a valorar. Estos dos componentes necesitan estar ligados entre sí para lograr mayor estabilidad, para lo cual se decide utilizar un tercer componente que sigue la línea de la circunferencia.

### Boceto 16

**Figura 23. Boceto de una estructura plegable y abatible.**

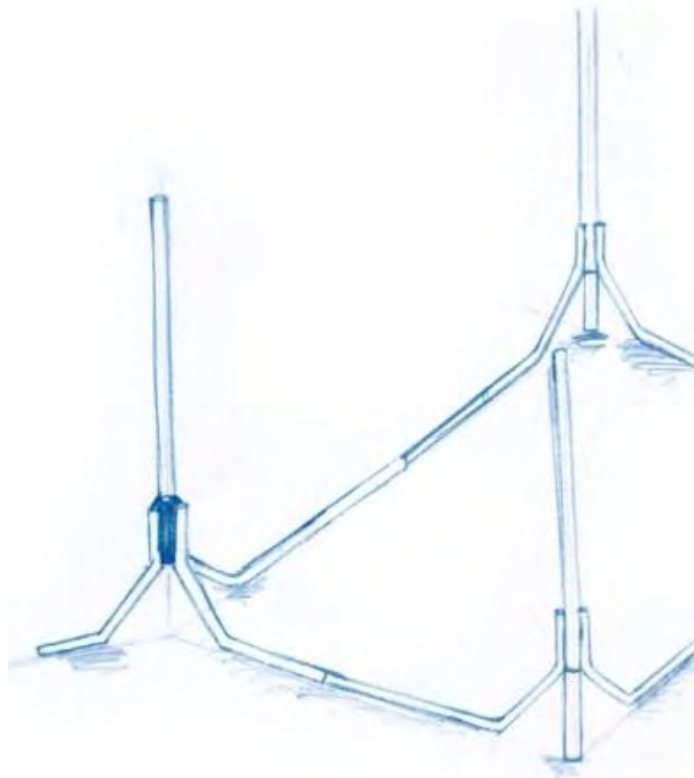




Se piensa en una estructura plegable y abatible que integre los dos soportes principales de las cámaras haciendo uso de elementos cuya forma facilite el acople de cada segmento que al ser unido se convierta en una unidad práctica para transportar y embalar.

### **Boceto 17**

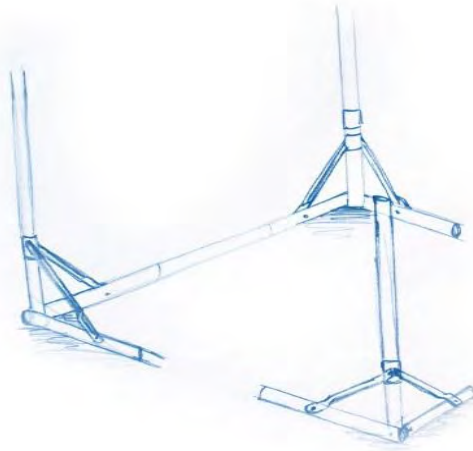
**Figura 24. Boceto de tres trípodes desarmables.**



Retomando la idea de utilizar una estructura integral desarmable se ilustra en este boceto dos trípodes unidos entre sí por un elemento central para lograr mayor estabilidad entre las partes. Los tres elementos principales son semejantes formalmente, cada uno de ellos presenta una pieza perforada que permite acoplar las patas con una unión deslizante entre sí.

### Boceto 18

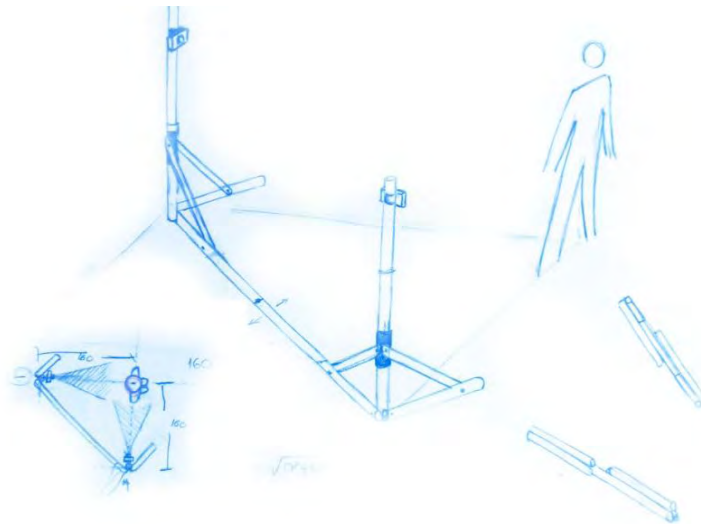
**Figura 25. Boceto de tres trípodes plegables con mecanismos de unión deslizable.**



En este boceto se utilizan tres trípodes ligados entre sí por una pieza desarmable, siguiendo el principio planteado por el boceto anterior. Cada trípode por separado se pliega utilizando una corredera que se une a dos miembros por medio de pares rotativos en unas platinas que levantan las dos patas a la guía. En esta propuesta se evidencia la preocupación que existe por mantener la solidez y estabilidad acudiendo a un tercer elemento en común.

### Boceto 19

**Figura 26. Dos trípodes ubicados en diagonal con mecanismo deslizable.**



Se conserva la idea desarrollada en el boceto 15 de ubicar los trípodes en diagonal, unidos entre sí pero sin la necesidad de acudir a un tercer elemento central como lo propone el boceto anterior.

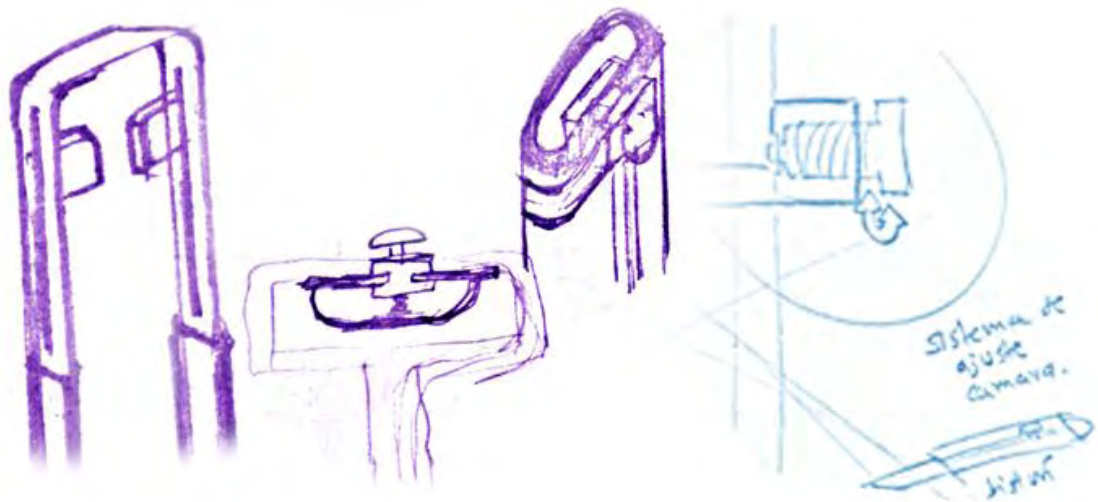
En este caso el mecanismo de plegado es similar al planteado con anterioridad buscando estabilidad y apoyo mutuo entre la solidez que representa cada módulo. En la zona inferior derecha del boceto se ilustra la manera como se plegaría la estructura en su conjunto evidenciando un solo elemento fácil de portar.

En la zona inferior izquierda podemos observar la ubicación de los soportes con sus respectivas cámaras en torno al sujeto a evaluar cubriendo la vista de perfil y posterior del mismo.

### 8.1.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste

#### Boceto 1

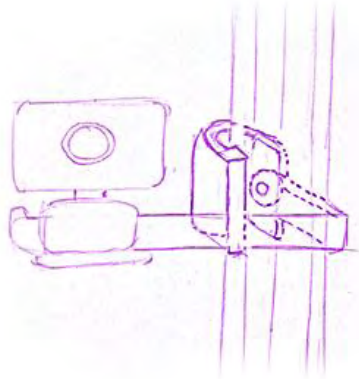
Figura 27. Boceto de un mecanismo de ajuste con perilla



El mecanismo de ajuste en esta propuesta se hace por medio de una perilla la cual se asegura al eje correspondiente, de manera como sucede en un escalpelo. Este tipo de ajuste provee de múltiples alturas a la cámara que soporta y es de fácil manejo.

## Boceto 2

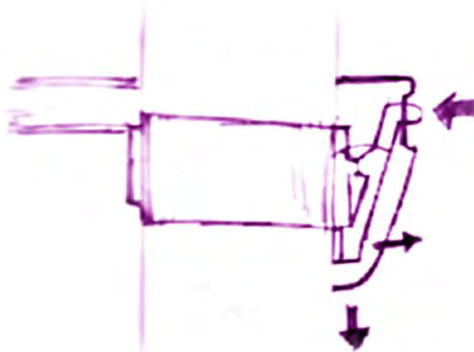
**Figura 28. Boceto de un soporte de cámara**



Este boceto centra su atención en el soporte de la cámara; el cual se ajusta a su medida y permite el funcionamiento del mecanismo de ajuste. La forma de este soporte facilita la manipulación del profesional encargado de la evaluación y se acopla a las dimensiones del eje.

## Boceto 3

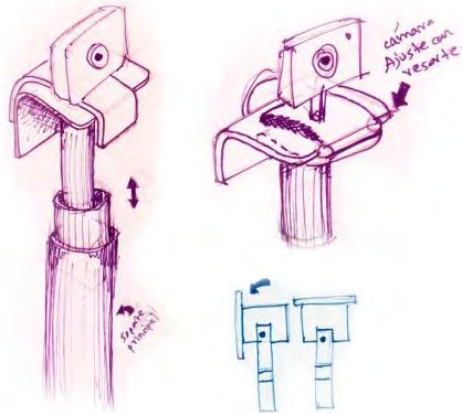
**Figura 29. Boceto de un mecanismo de ajuste con resorte**



En esta idea se propone un sistema de ajuste basado en la fuerza que tiene un resorte al ser comprimido y la presión que éste ejerce al entrar en contacto con otra superficie como lo indica el boceto. En este caso se conserva el diseño de un gancho común al interior de una carcasa, modificando una de sus partes en forma de botón y juntando lo anterior al soporte de la cámara. Al mantener presionado el botón éste levanta una de las piezas del gancho liberando la presión que éste despliega sobre la superficie del eje vertical, permitiendo subir o bajar el soporte de la cámara en conjunto a lo largo de la corredera.

## Boceto 4

Figura 30. Boceto de un soporte que se ajusta a tres tipos de cámaras web



En esta idea se plantea la posibilidad de ajustar el soporte de las cámaras al extremo superior del trípode el cual se ajusta a la altura deseada en su totalidad. El soporte presta un servicio de ajuste interno para tres tipos de ajustes de cámara web como: con mecanismo de ajuste de resorte, tornillo y apoyo. El soporte anclado también gira en torno a un eje para permitir un plegado lateral a la estructura.

## 8.1.3 Marcadores

### Boceto 1

Figura 31. Boceto con la ubicación de los marcadores



Se plantea ubicar los marcadores en secciones individuales, situados en cada articulación o punto de referencia para la captura de los ángulos. Se utilizarán prendas ajustables con correa y piezas plásticas ancladas a cada unidad.

### Boceto 2

**Figura 32. Boceto del vestuario y ubicación de los marcadores**



Se conserva las características del diseño anterior, procurando elaborar elementos más sutiles que se adapten con mayor facilidad al cuerpo.

### Boceto 3

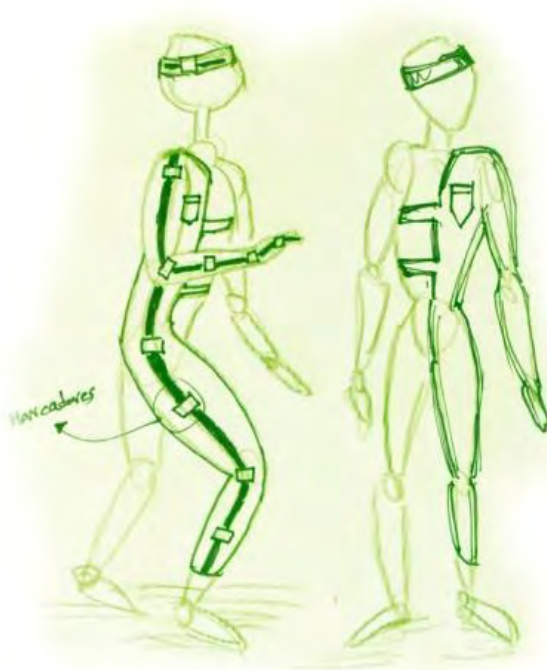
**Figura 33. Boceto de un chaleco y la ubicación de los marcadores**



En esta propuesta la ubicación de la mayoría de los marcadores se distribuyen a lo largo de una prenda única con el fin de reducir el tiempo en el proceso de evaluación. Los puntos ubicados en las piernas y en la cabeza se ajustan de manera independiente. Del mismo modo se establece, de acuerdo a los requerimientos, la ubicación de los puntos en cada sección del cuerpo.

#### **Boceto 4**

**Figura 34. Boceto de un chaleco y la ubicación de los marcadores**



En este boceto se ilustra una propuesta diferente que trabaja una sola parte del cuerpo siguiendo los requerimientos sugeridos por la evaluación de la carga postural. El vestuario sirve para ser ubicado en ambas partes del cuerpo utilizando una tela elástica que se adapte a la mayoría de dimensiones corporales.

### **8.2 SELECCIÓN DE PROPUESTAS**

Es importante elegir las propuestas más acertadas, acorde a las determinantes y opciones de diseño previamente vistas para lo cual se presenta la siguiente tabla donde se puntúa las alternativas, seleccionando aquellas que tengan mejor registro. La puntuación ofrece tres alternativas de calificación, donde uno es deficiente, dos es regular y tres es aceptable de acuerdo a los requerimientos de diseño.

## Estructura

**Tabla 16. Calificación: bocetos de la estructura**

Boceto	Determinantes de diseño	Opciones de diseño	Puntuación
1	Aceptable simplicidad y coherencia formal. Visualmente no representa buena solidez.	Buen sistema de ajuste de alturas.	1
2	Simétrico, buen manejo de la simplicidad.	Buen sistema de ajuste de alturas. Desarmable	3
3	Visualmente inestable, genera inseguridad. Estéticamente deficiente.	No presenta la posibilidad de desarmar la estructura.	1
4	Buena apariencia formal. No genera una buena sensación de estabilidad en conjunto.	Desarmable	2
5	Buen manejo de la línea y estéticamente agradable. Genera una buena sensación de estabilidad	El sistema de ajuste de alturas permite adaptarse a las dimensiones requeridas.	3
6	No representa seguridad, se percibe falta de solidez. Regular en cuanto a su apariencia.	Presenta una alternativa de desarme entre sus partes. Su reducido número de segmentos podría facilitar su embalaje.	1
7	Falta de armonía y simetría.	Presenta una nueva alternativa de ajuste de alturas.	2
8	Falta de estética y coherencia formal. Visualmente descompensado.	Sus características no facilitan la portabilidad en conjunto.	1
9	Módulos con buena apariencia formal. Se percibe estable y genera seguridad en sus partes.	Permite ser plegable. Ofrece otra alternativa en la ubicación de sus cámaras evitando forzar el diseño a un solo tipo de propuesta.	3
10	Describe dimensiones, alturas y alcances. No presenta un diseño objetual.	-	-
11	Módulos con propuestas de: Solidez, estabilidad y equilibrio visual.	No son desarmables ni plegables.	2
12	Propuestas estéticamente muy agradables. Presenta una estabilidad visual no muy bien definida en conjunto.	Las dimensiones que propone son favorables para su embalaje en cuanto a peso y volumen, Ofreciendo un plegado en dos partes reduciendo su tamaño a la mitad.	3
13	Visualmente no genera solidez. No se aprecia agradable estéticamente.	Es desarmable, plegable y portátil	1
14	Genera estabilidad y solidez.	complejidad en el armado por el número de partes.	1
15	Simplicidad formal, buen manejo de la línea y genera una sensación de solidez aceptable.	Presenta problemas en su armado.	1
16	Visualmente pesado, carente de estética.	Es desarmable, abatible, portable y fácil de embalar.	1
17	Buen manejo de la simplicidad formal. Se aprecia bastante estable.	Exceso en el número de partes.	1
18	Módulos con un aceptable trabajo en la simplicidad, simétricos y solidos visualmente.	Presentan un interesante mecanismo de plegado. Complejidad en la propuesta del modo de uso.	2
19	Se aprecia un buen diseño sencillo y estable.	El número de partes permite un fácil modo de uso sin exceder la cantidad de partes.	3



## Soporte de la cámara y mecanismo de ajuste

**Tabla 17. Calificación: bocetos del soporte de la cámara y mecanismo de ajuste**

Boceto	Determinantes de diseño	Opciones de diseño	Puntuación
1	Ajuste práctico y seguro. Se entiende de manera fácil dado su uso común en diferentes aplicaciones.	Permite adaptarse de manera infinita a cualquier altura.	3
2	Buen manejo de la simplicidad. Se percibe seguro y estable.	Se adecua al tipo de cámara utilizado en los ensayos.	3
3	Mecanismo práctico, inmediato y fácil de usar.	Se adapta a cualquier altura.	3
4	Excelente apariencia, manejo de un diseño práctico y coherente al propósito planteado.	Presenta la posibilidad de adaptarse a tres tipos de mecanismo de ajuste en las cámaras web más comunes del mercado.	3

## Marcadores

**Tabla 18. Calificación: bocetos de los marcadores**

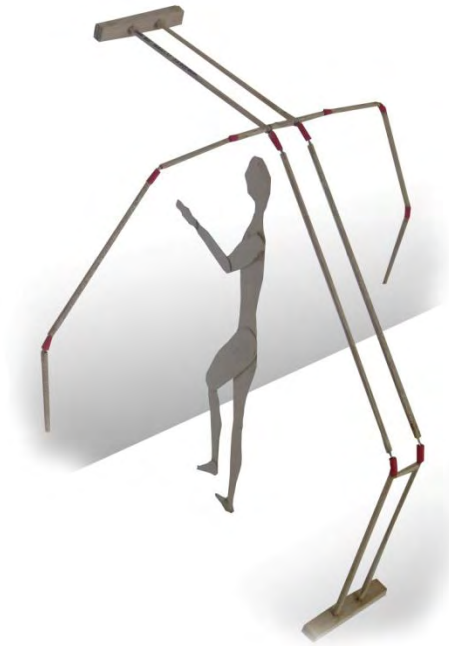
Boceto	Determinantes de diseño	Opciones de diseño	Puntuación
1	Se percibe seguro y cómodo.	El número de partes obliga a emplear más tiempo en la ejecución.	1
2	Buen manejo de la simplicidad, sutileza y comodidad en cada elemento.	Dificulta el manejo del contraste; elemento clave para la identificación de los puntos, dadas las dimensiones que maneja cada elemento.	1
3	Sugiere practicidad en el modo de uso.	Se reduce a tres el número de componentes, minimizando el tiempo empleado en la actividad. El área del fondo se extiende facilitando el contraste que debe existir entre éste y los marcadores.	2
4	Innovador fácil de portar y cómodo.	Práctico elemento que se adapta a ambas partes del cuerpo trabajando únicamente sobre el segmento requerido por el profesional en su concepto de evaluación.	3

## 8.3 PRE-MAQUETAS

Teniendo en cuenta los bocetos mejor puntuados en la anterior selección, se continúa con la elaboración de pre-maquetas, realizando una aproximación a escala 1:10 de cada una de las propuestas; detectando posibles falencias estructurales, funcionales, estéticas, entre otras.

### 8.3.1 Estructura Pre-maqueta 1

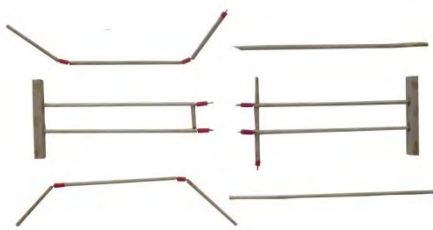
**Fotografía 5. Pre-maqueta 1 en perspectiva**



Se desarrolla una estructura desarmable en balsa; simulando con alambre de acero dulce las uniones, las cuales están revestidas por piezas plásticas de color que generan un buen aspecto haciendo uso del contraste por colores opuestos.

Se presenta un somatotipo a escala, con las medidas del percentil máximo masculino con el fin de dimensionar la estructura y establecer las distancias entre los lentes y el sujeto a evaluar.

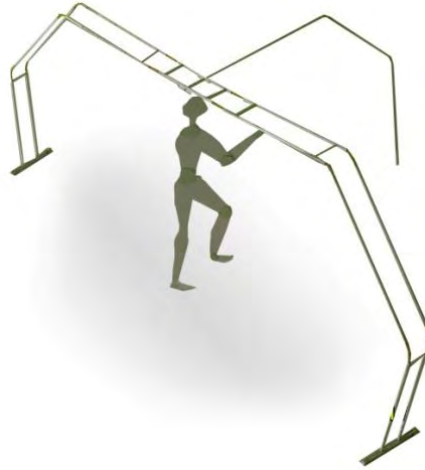
**Fotografía 6. Despiece de pre-maqueta 1**



En esta imagen observamos el despiece de la estructura que nos sugiere la manera de organizar las partes para facilitar su portabilidad.

## Pre-maqueta 2

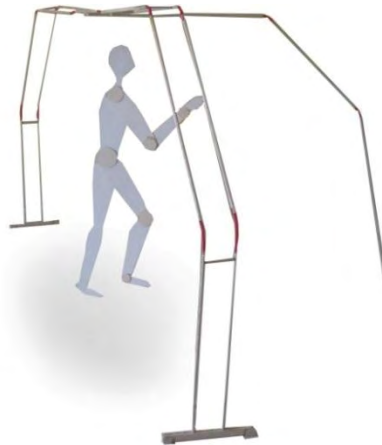
### Fotografía 7. Pre-maqueta 2 en perspectiva



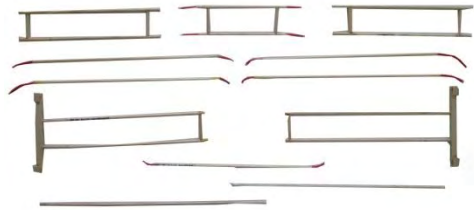
Siguiendo las propuestas planteadas en los bocetos, número: tres y cinco se agrupan algunas características formales como lo son: el uso de las líneas paralelas que unen los extremos laterales y la idea de apoyar la estructura al piso para lograr mayor firmeza.

Se dimensiona todo en conjunto con un somatotipo y se desmontan cada una de las partes que conforman la estructura.

### Fotografía 8. Pre-maqueta 2 en un ángulo diferente de perspectiva



### Fotografía 9. Despiece de pre-maqueta 2



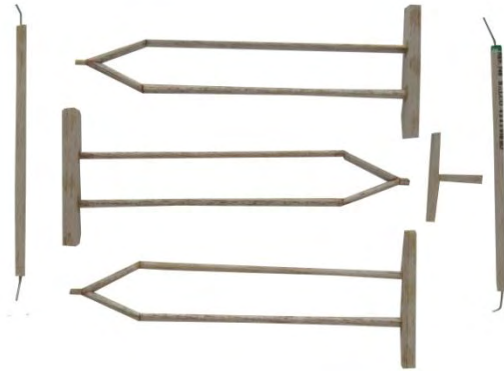
### Pre-maqueta 3

### Fotografía 10. Pre-maqueta 3 en perspectiva



Fotografía 1. Se conservan dos aportes importantes presentados por los bocetos: cuatro y seis; el primero: la utilización de apoyos laterales en la base de cada extensión; y el segundo: la idea de lograr coherencia formal y equilibrio en conjunto.

### Fotografía 11. Despiece de pre-maqueta 3 en perspectiva



En esta pre-maqueta existe una percepción estética interesante, descrita por el contraste de formas entre cada pieza y plantea una reducción de partes importante para hacer de la estructura una unidad fácil de transportar.

### Pre-maqueta 4

### Fotografía 12. Pre-maqueta 4 en perspectiva



Esta propuesta se compone de dos módulos con características formales semejantes. La base de cada módulo fue reforzada con el fin de conseguir el equilibrio necesario para soportar cada extensión junto a la cámara. El módulo con menor longitud está conformado por una serie de elementos con el espacio suficiente para ajustar una extensión en dos direcciones que permita cubrir dos vistas; por su parte el otro módulo se prolonga con el objetivo de soportar la cámara de la vista superior.

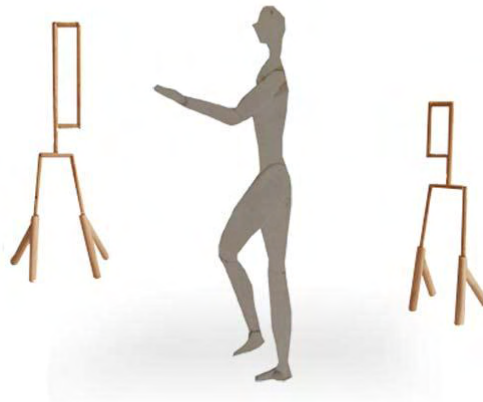
### Fotografía 13. Despiece de pre-maqueta 4



En la parte inferior observamos cada elemento por separado. Cabe destacar que los módulos no son plegables ni desarmables.

### Pre-maqueta 5

### Fotografía 14. Pre-maqueta de dos módulos



Ésta pre-maqueta constituida por tres módulos, dos de ellos con dimensiones distintas como lo muestra la imagen; busca estabilidad usando 4 patas en su base.

También ofrece un modo de plegado telescópico entre las patas frontales y el cuerpo del trípode. Para la ubicación de cámaras se añade la parte superior con dos tubos que cumplen la función de corredera para ubicar más de una cámara como se requiere en el sistema.

**Fotografía 15. Pre-maqueta de un módulo plegado**



En esta imagen se describe el modo de plegado entre la base y el cuerpo del módulo con mecanismo telescópico.

**Pre-maqueta 6**

**Fotografía 16. Pre-maqueta de un módulo plegado**



**Fotografía 17. Pre-maqueta de dos módulos en perspectiva**



**Fotografía 2. Pre-maqueta de un módulo plegado**

La idea planteada en el boceto 11 busca generar mayor estabilidad desde la base, a partir de ésta, se diseña un módulo que brinda solidez visual con un manejo de la línea sencillo y de agradable apariencia.

Esta imagen nos indica el modo de plegado entre las patas y la parte superior que se desliza por un riel interno entre las caras para lograr reducir el tamaño total en procura de un fácil transporte.

**Pre-maqueta 7**

**Fotografía 18. Pre-maqueta 7**





**Fotografía 19. Modulo plegado**



**Fotografía 20. Vista superior de las piezas del módulo**



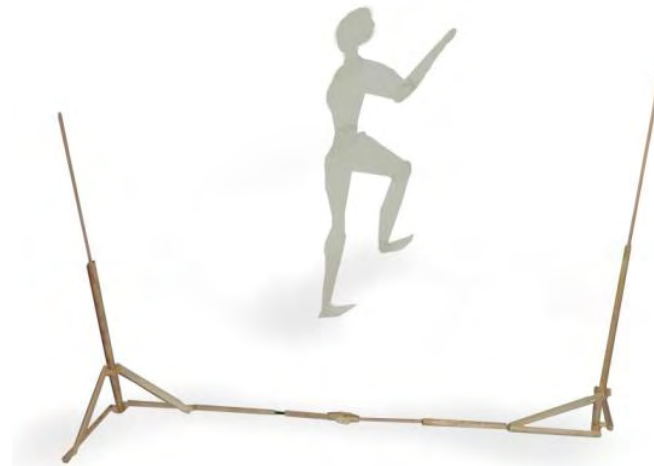
La solución proyectada en el boceto 12 logra en esta pre-maqueta algunas modificaciones, conservando la propuesta estética inicial.

El modulo se divide en dos secciones: la base y el cuerpo, ambas piezas se juntan una sobre otra y se separan con el objetivo de reducir el tamaño en el transporte total de los tres módulos; la base tiene un modo de plegado, dado por el eje en la parte inferior y la unión deslizante con corredera en el medio.

En procura de una mayor estabilidad en la base, se diseñan unas piezas adicionales que se despliegan girando en torno a un eje que las mantiene ligadas a la pieza principal.

**Pre-maqueta 8**

**Fotografía 3. Pre-maqueta 8**



**Fotografía 21. Imagen de un soporte por separado**



## Fotografía 22. Estructura plegada



Esta pre-maqueta logra juntar dos propuestas planteadas en el boceto 18 y 19 utilizando dos elementos o soportes principales que se pliegan entre si y se une por medio de una pieza central que permite un giro que dobla la estructura en conjunto.

Para la elaboración de este modelo se utiliza balsa redondo simulando la utilización de una estructura tubular.

Adicionalmente cada soporte contiene un elemento que se extiende verticalmente y se pliega con mecanismo telescópico para ahorra espacio en el armado total. En la siguiente imagen se puede notar uno de estos soportes por separado detallando sus partes.

En la fotografía inferior observamos la manera como la estructura se pliega en su totalidad quedando reducida a prácticamente a una tercera parte del volumen que ocupa en el espacio.

## Pre-maqueta 9

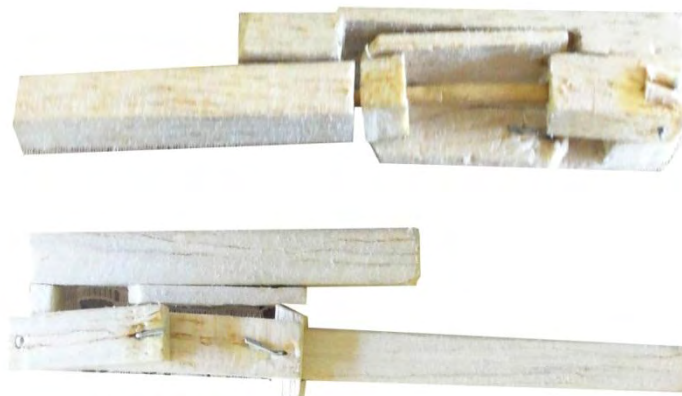
### Fotografía 23. Pre-maqueta 9



**Fotografía 24. Imagen de dos propuestas de soportes independientes**



**Fotografía 25. Soportes plegados**



En esta propuesta se retoma la idea presentada por el boceto 18 la cual realiza un manejo diferente utilizando tubos cuadrados con el propósito de generar un armado de la estructura más compacto y acorde a la línea que maneja el diseño establecido.

En esta pre-maqueta se contempla la posibilidad de separar los soportes. El resultado fue positivo al ver que es innecesaria la utilización de elementos intermedios que unan las partes y establezcan equilibrio.

En la siguiente imagen observamos dos soportes o trípodes independientes con diferente propuesta de diseño pero con similar intención.

La estructura del fondo utiliza un elemento tubular interno que sirve de guía para la corredera. Su ventaja se evidencia en la imagen inferior la cual compacta todas las piezas internas ofreciendo un volumen más manejable a la hora de embalar el producto.

Por su parte el otro soporte utiliza un mecanismo más sencillo pero mucho más disperso que el anterior en su conjunto.

### **8.3.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste**

#### **Pre-maqueta 1**

#### **Fotografía 26. Soporte de cámara y mecanismo de ajuste sobre la guía**



### **Fotografía 27. Mecanismo de ajuste de perilla**



Tal como lo describe el boceto 1, en ésta pre maqueta se busca un mecanismo ya elaborado de perilla ajustándole un soporte, el cual se desliza sobre una corredera, semejante a la que se utilizaría en la estructura o modulo.

Se adapta el mecanismo de ajuste con perilla de un escalpelo común. El modo de uso requiere de dos actividades a dos manos; con una mano se mantiene el apoyo del soporte en conjunto evitando que éste se corra; con la otra se procede a girar la perilla para ajustar el dispositivo a la corredera.

### **Pre-maqueta 2**

### **Fotografía 28. Mecanismo de ajuste con resorte sobre la guía**



### Fotografía 29. Mecanismo de ajuste con resorte y su modo de uso



En esta propuesta el mecanismo de ajuste cambia; se utiliza un par prismático con el uso de un resorte convencional unido a un miembro que se desplaza verticalmente a lo largo de una guía hecha en acrílico. El resorte cumple una función importante a la hora de ejercer presión sobre la guía, suspendiendo el soporte de la cámara en un punto específico.

En esta imagen identificamos el punto de presión sobre el resorte que liberar el otro extremo; consiguiendo subir o bajar el soporte de la cámara, de tal forma que la operación requiera únicamente de un solo agarre, práctico e inmediato.

#### 8.4 MAQUETAS FUNCIONALES

Se elaboran algunas maquetas funcionales para poner a prueba el funcionamiento paralelo del sistema en conjunto con algunos ensayos iniciales del programa informático. Igualmente se utilizan algunos materiales y mecanismos en dimensiones reales detectando virtudes y falencias con miras a su aplicación en el prototipo final.

## Maqueta funcional 1

### Fotografía 30. Estructura en perspectiva



Se elabora una maqueta funcional a escala real, utilizando tubos de aluminio que conforman 15 partes. La unión entre éstas se desarrolla mediante un mecanismo telescópico. El plegado entre las piezas da lugar a 7 secciones que siguen el planteamiento de la pre maqueta 2 junto a los aportes generados por el render de la propuesta 2.

Se piensa en un material que cuente con una densidad relativamente baja, evitando que la estructura genere un peso que impida un fácil transporte, alta resistencia a la corrosión, pensando en su durabilidad, fácil de mecanizar para efectos de la producción y fácil de encontrar en el mercado; éstas características son propias del aluminio y se utiliza en un 95% de la estructura.

### Fotografía 31. Resorte de cobre





**Fotografía 32. Modo de armado entre partes**



Tal y como lo indica la propuesta 2, se elabora el mecanismo de ajuste telescópico, utilizando resortes hechos en cobre.

Se utilizan 2 tipos de tubos con diferentes diámetros, de 22.22 mm y 25.40 mm que permitan un plegado entre sí.

**Fotografía 33. Cuatro secciones de la estructura**

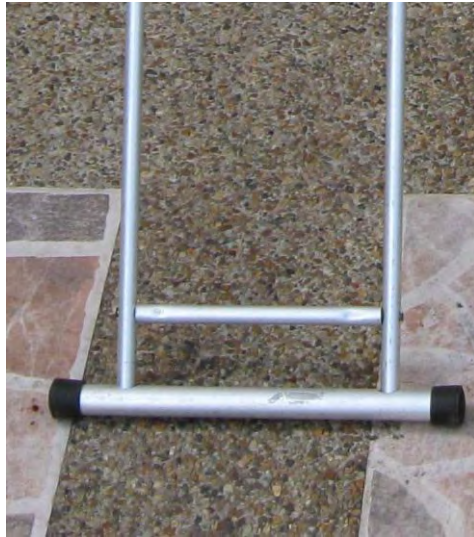


**Fotografía 34. Despiece completo de la estructura**



Las 10 partes que conforman la totalidad de la estructura se agrupan en 4 secciones que se organizan con el fin de reducir el tamaño en el embalaje permitiendo un fácil transporte.

**Fotografía 35. Base con topes de goma**



**Fotografía 36. Unión de un travesaño a cada perfil**



Se trabajan una serie de elementos que juntan cada perfil; los cuales provisionalmente se unen con tornillo a cada tubo.

## Maqueta funcional 2

### Fotografía 37. Módulo en perspectiva



Siguiendo las indicaciones de la pre maqueta 7, se trabaja una maqueta a escala real, utilizando un material provisional como la madera. La pieza superior que lleva consigo las guías se elabora con listones de madera y la pieza base del módulo se trabaja con aglomerado.

Esta maqueta pertenece a un conjunto de tres módulos independientes, con similares características formales; dos de ellos con iguales dimensiones y un módulo cuyo tamaño varía de acuerdo a los requerimientos previstos

### Fotografía 38. Piezas acopladas a la base



**Fotografía 39. Vista en perspectiva de la parte posterior**



La propuesta inicial en la pre maqueta, trabaja un redondeo en estas piezas, cuya función es generar mayor firmeza al módulo; posteriormente se intenta darle un cambio conservando una forma básica, sin embargo se resuelve utilizar la idea planteada al comienzo, que minimiza agresividad en el manejo de la forma, generando una mejor apariencia en el diseño.

**Fotografía 40. Guía y corredera**



Se ubican las guías en cada una de las partes; en este caso se perfora el listón hasta la medida requerida y se plantea una solución parcial de la corredera o soporte de las cámaras.

**Fotografía 41. Piezas del módulo por separado**



**Fotografía 42. Manejo del color en el módulo.**



Básicamente éste diseño propone un despiece entre dos elementos independientes.

La maqueta no presenta el modo de plegado planteado en el render y se elabora una pieza única en la base que mantiene unidas las dos patas.

## 8.5 DISEÑO EN 3D

Se da inicio al proceso de diseño en 3d proyectando soluciones estructurales y estético-formales a las propuestas planteadas a partir de la generación de formas en solid Works y 3d máx.

Mediante la animación dirigida por ordenador se establecen las dimensiones entre un somatotipo en su actividad y los elementos de la estructura o modulo, estableciendo proporciones reales en conjunto.

### 8.5.1 Estructura

#### Propuesta 1

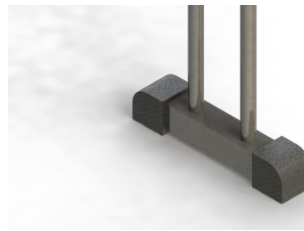
#### Fotografía 43. Render de la propuesta 1



**Fotografía 44. Render modo de ajuste**



**Fotografía 45. Render de la base**

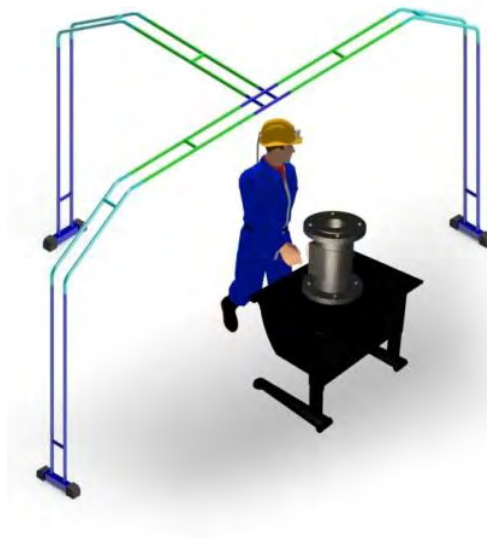


Se plantea una mejora en la apariencia formal; delimitando por color las piezas que unen y ajustan el total de la estructura.

El modo de fijación temporal se realiza entre tornillo y rosca en cada extremo de las partes y se ejecuta un cambio en el uso del material, tanto en la base dirigida al piso como en el extremo que se apoya a la pared; las cuales estarán hechas de un material anti deslizante como: el caucho.

## **Propuesta 2**

**Fotografía 46. Render de la propuesta 2**



**Fotografía 47. Render del mecanismo interno**



**Fotografía 48. Render del ensamblaje**



Se retoma la idea planteada en la pre-maqueta 2, realizando una leve modificación en la extensión posterior, de tal modo que exista coherencia formal y simetría en el diseño; logrando paralelamente solidez y estabilidad en la estructura.

Se ilustra la aplicación de color en la estructura y sus partes mejorando la apariencia de la propuesta inicial y generando contraste entre cada sección. La estructura en la imagen utiliza el aluminio como material y resuelve el modo de ajuste desmontable entre las partes, haciendo uso de un resorte de presión en la parte interna, que al ser accionado permite desligar cada unidad.

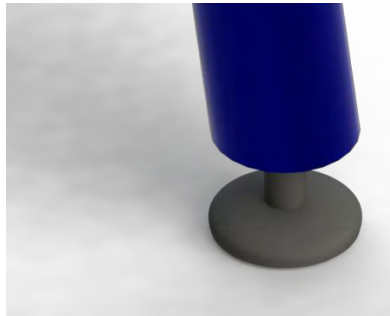
### **Propuesta 3**

**Fotografía 49. Render de la propuesta 3**





**Fotografía 50. Detalle de los topes de caucho en las patas**



**Fotografía 51. Render de las piezas del módulo por separado**



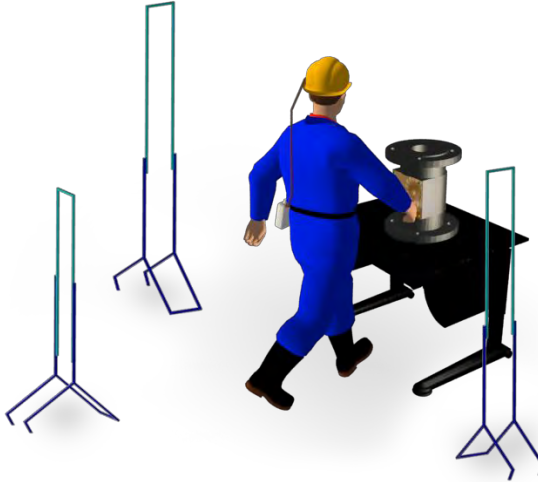
Al trasladar la ubicación de la cámara de la vista superior a la vista lateral derecha; logramos captar la largura del brazo, evitando forzar la propuesta a una única alternativa de diseño consiguiendo el mismo resultado.

En este caso tenemos tres módulos independientes, formalmente similares pero con dimensiones distintas acordes a los requerimientos establecidos. Cada módulo es desarmable y está compuesto por cuatros piezas tubulares en diferentes diámetros que logran reducir el tamaño total del objeto.

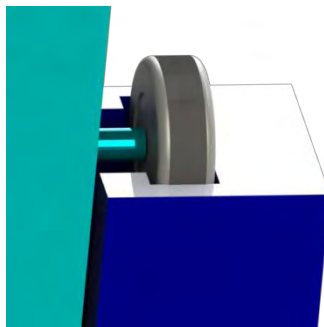
Se resuelve utilizar el aluminio en la estructura principal, manejando el color azul que representa solidez y consistencia, igualmente se fijan topes de caucho anti deslizables en cada pata.

## Propuesta 4

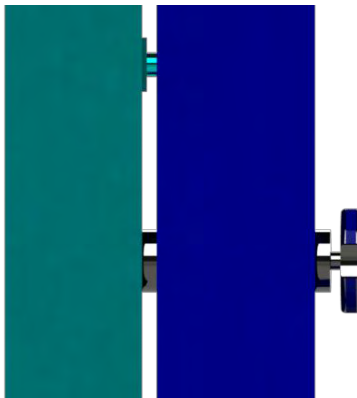
Fotografía 52. Render de la propuesta 4



Fotografía 53. Render de la guía y el rodamiento



Fotografía 54. Render del mecanismo de ajuste entre las piezas



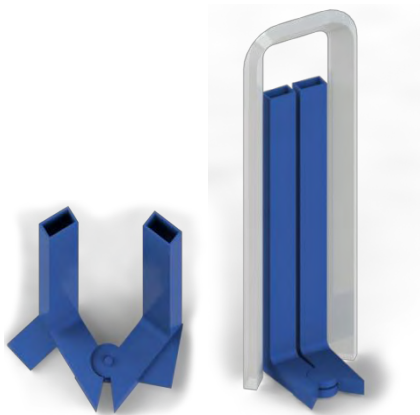
En esta propuesta se conserva el manejo de la línea y la simplicidad formal planteada en la pre maqueta 6. Adicionalmente se soluciona el modo de plegado entre las dos secciones utilizando una corredera interna en la base que permite guiar un rodamiento con el fin de facilitar el despliegue entre las partes; del mismo modo, se ubica una perilla con tornillo que ajusta la altura en un punto fijo. Igualmente se proyecta la aplicación de un material sólido y de baja densidad como lo es el plástico.

### **Propuesta 5**

**Fotografía 55. Render de la propuesta 5**



**Fotografía 56. Render del plegado de la base y el despiece del módulo**



En esta propuesta se trabaja con módulos independientes tal como lo indica la pre-maqueta 7. Cada uno de los tres módulos se divide en dos elementos. La base se pliega con el fin de reducir el tamaño en el embalaje, en consecuencia esto permite un fácil transporte.

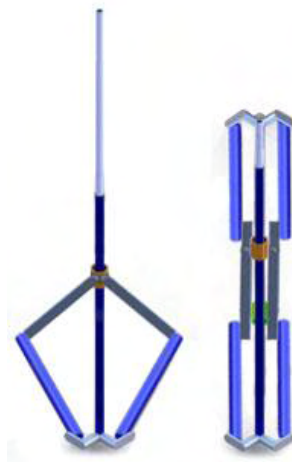
Teniendo en cuenta la aplicación de color de la propuesta 3 se utiliza el azul como símbolo de seguridad, confianza y verticalidad, de tal modo que se perfila como una excelente alternativa a tener en cuenta en la propuesta final.

## Propuesta 6

Fotografía 57. Render de la propuesta 6



Fotografía 58. Render del plegado de los módulos.



La renderización lograda en esta propuesta aporta un manejo de color conservando los planteamientos de las ilustraciones anteriores incluyendo el verde y el naranja con el propósito de resaltar y diferenciar la utilidad particular de cada módulo.

Esta idea es una mejora basada en la construcción de las pre-maquetas 8 y 9. La pre-maqueta 8 tiene la intención de unir los dos módulos por medio de un elemento central para generar mayor estabilidad e integración de la estructura en una sola unidad. Por su parte la pre-maqueta 9 separa estos módulos siendo esto el principal aporte para la idea presente. En este caso se ve conveniente utilizar una estructura tubular como lo muestran los trípodes convencionales, dada su gran variedad en calibres y su excelente presentación con un material liviano y resistente como el aluminio.

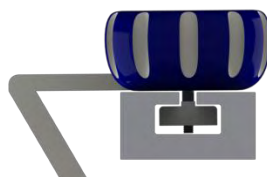
### **8.5.2 Soporte de cámara y mecanismo de ajuste**

#### **Propuesta 1**

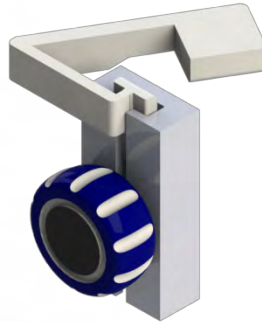
**Fotografía 59. Render del soporte y el mecanismo de ajuste con perilla**



**Fotografía 60. Render del mecanismo de ajuste de la cámara**



### Fotografía 61. Render en perspectiva del mecanismo



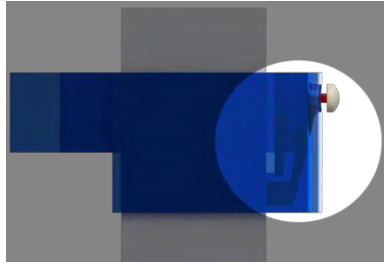
Se selecciona un tipo de cámara para las pruebas; en este caso utilizamos una webcam con ajuste de resorte de torsión que permite adaptarse de manera segura a una superficie plana. El mecanismo de perilla ajusta y libera el soporte en cualquier punto y se integra a él con un manejo de línea sencillo en su diseño, acorde a las dimensiones que requiere tanto la estructura como la cámara a utilizar. La guía en este caso, constituye un par prismático que permite un solo grado de libertad relativo entre los miembros.

### Propuesta 2

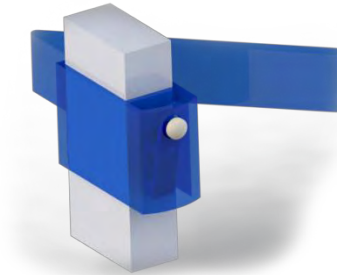
### Fotografía 62. Render de la propuesta 2



**Fotografía 63. Detalle del mecanismo**



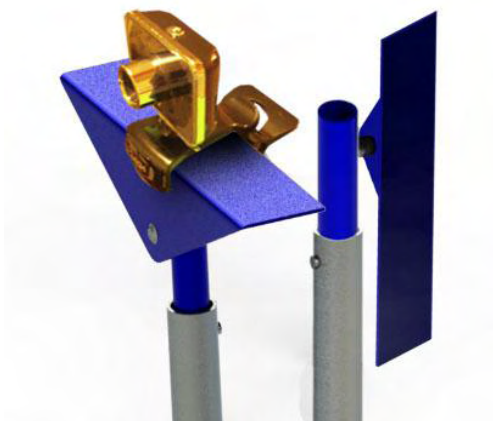
**Fotografía 64. Render de la perspectiva del soporte**



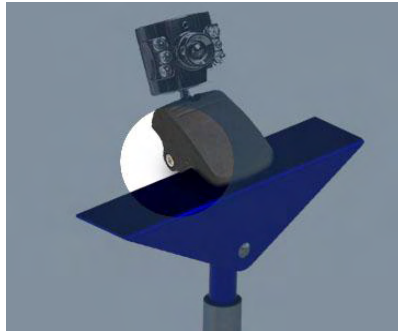
Adicionalmente a la solución planteada en la pre maqueta 2, se integra el mecanismo de ajuste de presión sobre un resorte de torsión interno, al soporte de la cámara en conjunto.

El diseño del soporte es similar al planteado por la propuesta 1; solamente se invierte la dirección del agarre de la cámara y se utiliza el color azul en el soporte, contrastando con el color de la guía y del botón.

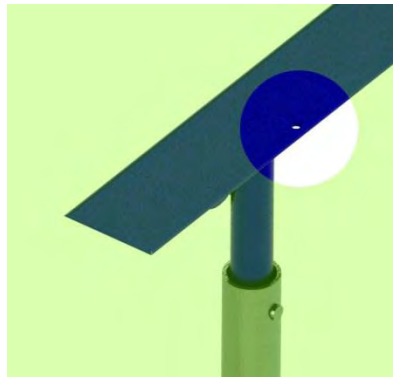
**Fotografía 65. Render de la propuesta 3**



**Fotografía 66. Detalle del anclaje a mecanismos con resorte.**



**Fotografía 67. Detalle del anclaje a mecanismos con tornillo.**



Esta idea ilustrada en el boceto 4 presenta la posibilidad de elaborar un soporte mucho más versátil el cual se preocupa por adaptarse al plegado de la estructura en general. Éste va anclado a la parte superior del tubo interno el cual no solo se sujeta al vertical principal sino también, como en este caso, contribuye a la nivelación de la cámara y su base.

Por otra parte, como podemos observar en el render, la base del soporte permite que tres tipos de cámara diferente se ajusten a la misma ya sea que la cámara ofrezca un mecanismo de ajuste de presión con resorte, ajuste con tornillo o con base de apoyo, éste soporte de cámara web brinda a todas estas alternativas seguridad en su anclaje.

## **8.6 SELECCIÓN FINAL DE PROPUESTAS**

Una vez elaboradas las pre maquetas y maquetas funcionales se detectan errores y ventajas, acordes a los requerimientos y opciones de diseño planteados.



Igualmente se proyecta una serie de soluciones 3d con las propuestas más viables.

A continuación se presenta una tabla de evaluación de propuestas, puntuando cada diseño con tres alternativas de calificación, donde: uno es deficiente, dos es regular y tres es aceptable.

## Estructura

**Tabla 18. Calificación: propuestas de la estructura**

Propuesta	Determinantes de diseño	Opciones de diseño	Puntuación
1	Estructura Inestable e insegura. Aceptable apariencia formal.	Dado el número de partes y su mecanismo, genera complejidad en el armado de la estructura.	1
2	Se plantea una solución 3d que genera una mayor sensación de estabilidad. Estética en el manejo de colores.	Práctico mecanismo de ajuste. Presenta un exceso de número de partes que requiere un tiempo extendido de armado.	1
3	Formalmente coherente.	No proporciona una solución real en el plegado de sus partes.	1
4	No representa seguridad y se percibe falta de solidez.	No soluciona el modo de plegado y armado lo cual sugiere ser difícil de transportar.	1
5	Visualmente atractivo. Buen manejo de la simplicidad formal.	Óptima estabilidad en cada módulo.	2
6	Sugiere seguridad y equilibrio visual. Estéticamente agradable y simétrico	Presenta un modo de plegado práctico.	3

**Tabla 19. Calificación: propuestas del soporte de la cámara y mecanismo de ajuste**

## Soporte de la cámara y mecanismo de ajuste

propuesta	Determinantes de diseño	Opciones de diseño	Puntuación
1	Genera una buena sensación de seguridad. Fácil de entender.	Modo de ajuste seguro, práctico y fácil de ensamblar. No es versátil, únicamente se ajusta a un tipo de cámara específico.	2
2	Buen manejo de contraste de colores. Visualmente muy agradable.	Presenta fallas en el agarre. El resorte no genera la suficiente presión para suspender en un punto el peso total del soporte y la cámara.	1
3	Buen manejo de la simplicidad formal.	Es versátil, se adapta al modo de plegado total de la estructura y presenta un anclaje de hasta 3 opciones diferentes.	3

## **8.7 PRUEBAS Y SELECCIÓN DE SOFTWARE**

El software a utilizar en este sistema, se encargará de registrar valores numéricos que permitirán identificar con exactitud los datos que el método REBA necesita. De manera automática, se espera que el programa informático genere una sugerencia oportuna como parte de la evaluación de un puesto de trabajo.

Para llevar a cabo esta tarea se acude al trabajo y al conocimiento de profesionales en áreas como la ingeniería de sistemas y la ingeniería electrónica. Inicialmente se realiza una presentación del trabajo investigativo describiendo todo lo relacionado al proceso ejecutado por el método REBA. Seguidamente se plantean los requerimientos específicos de tal modo que los ingenieros se apropien del tema en búsqueda de una solución efectiva.

Durante el proceso, se presentan los primeros avances del producto informático lo cual requiere una intervención conjunta que ponga a prueba los adelantos; detectando deficiencias y proponiendo nuevas ideas en procura de mejores resultados. Finalmente se integran como parte de las pruebas, los demás elementos del sistema ya elaborados como, los módulos, las cámaras y la ubicación de los marcadores en las distancias y medidas descritas.

A continuación se presentan las propuestas planteadas puestas a prueba durante el proceso.

### **Propuesta 1**

Esta propuesta es desarrollada por los ingenieros en sistemas Edgar Revelo y Emilio Muñoz quienes plantean la idea de detectar los marcadores en las zonas del cuerpo del trabajador mediante la captura de imágenes, haciendo uso del modelo de color RGB.

Este modelo de color permite asignar un valor a cada uno de los colores primarios, estableciendo un criterio de búsqueda para el programa. Igualmente éstos se codifican por medio de bits facilitando su localización en el software.

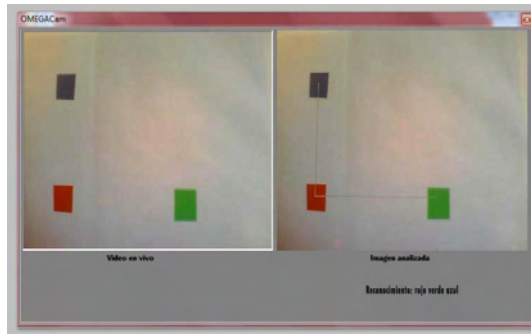
Teniendo en cuenta que la imagen capturada por el lente está sujeta a diversas variaciones de luz que modifican la intensidad del color, se establecen rangos de valores en todas las intensidades posibles para permitir que el programa ubique un color, sin importar su variación en la escena.

Con los colores plenamente identificados se utilizan coordenadas cartesianas como referencia en la ubicación de un punto, facilitando la localización exacta en valores numéricos de cada uno de ellos, permitiendo a su vez, el cálculo posterior del valor del ángulo entre las referencias.

Por último el programa recoge todos los datos necesarios, los almacena y ejecuta el procedimiento del método REBA.

A continuación se presentan las pruebas que se ejecutan para probar el software:

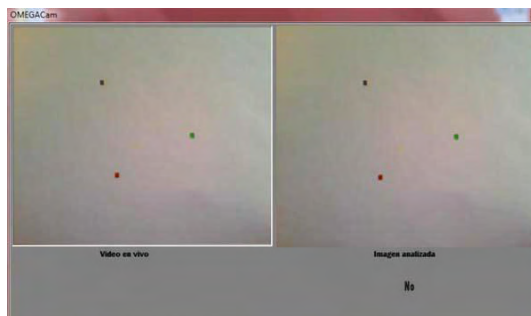
### Fotografía 68. Identificación de colores de la propuesta1



Se busca inicialmente, detectar los marcadores. Se utilizan piezas de papel plástico de los tres colores RGB sobre un fondo de color blanco.

El programa detecta los colores a una distancia de 20 cm del foco.

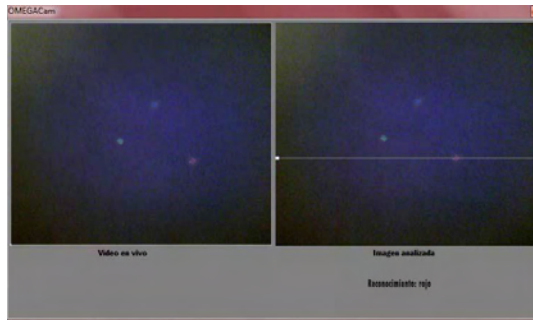
### Fotografía 69. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm



A una distancia de 160 cm como lo indican los requerimientos, se ubican los puntos de la prueba anterior.

El programa no detecta a esta distancia los marcadores que varían la intensidad en sus colores respectivos.

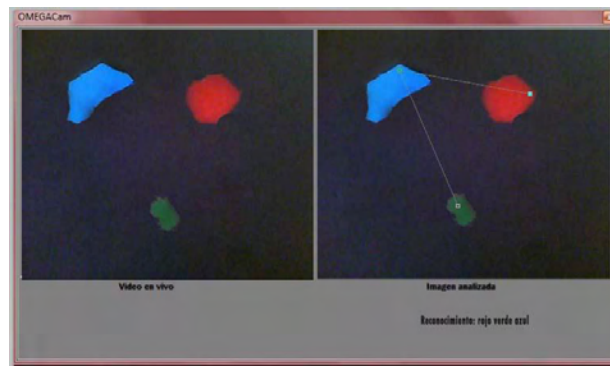
**Fotografía 70. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm con fondo color negro**



Se decide cambiar el color blanco del fondo por el color negro, utilizando los mismos materiales en los marcadores.

El programa logra detectar únicamente el color rojo sin distinguir el color verde y azul.

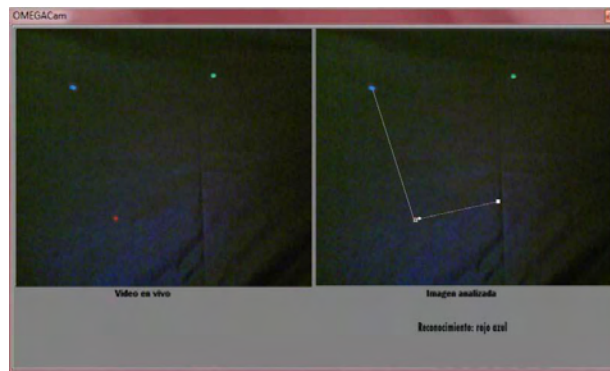
**Fotografía 71. Identificación de colores de la propuesta1 a 20cm con fondo color negro**



Utilizando el mismo color de fondo se intenta cambiar el material de los marcadores, pensando en una superficie más opaca que el papel o el plástico y se decide usar tela.

El resultado fue similar al obtenido por la prueba inicial.

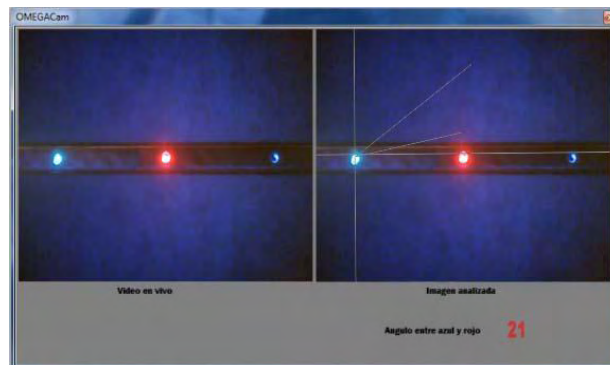
**Fotografía 72. Identificación de colores de la propuesta1 a 160cm con fondo de tela color negro**



Se trabaja con un cambio en el material del fondo, experimentando con una tela de nylon polyester y conservando el material de la prueba anterior para los marcadores a una distancia de 160cm.

El software identifico los colores rojo y azul, excepto el verde. Inesperadamente se ubica un punto desconocido en el fondo; esto debido a la mezcla de colores provocado por un reflejo de luz en un fondo brillante; esto finalmente se detecta como color azul.

**Fotografía 73. Identificación de colores de la propuesta1 usando luz leds a través de una superficie perforada**



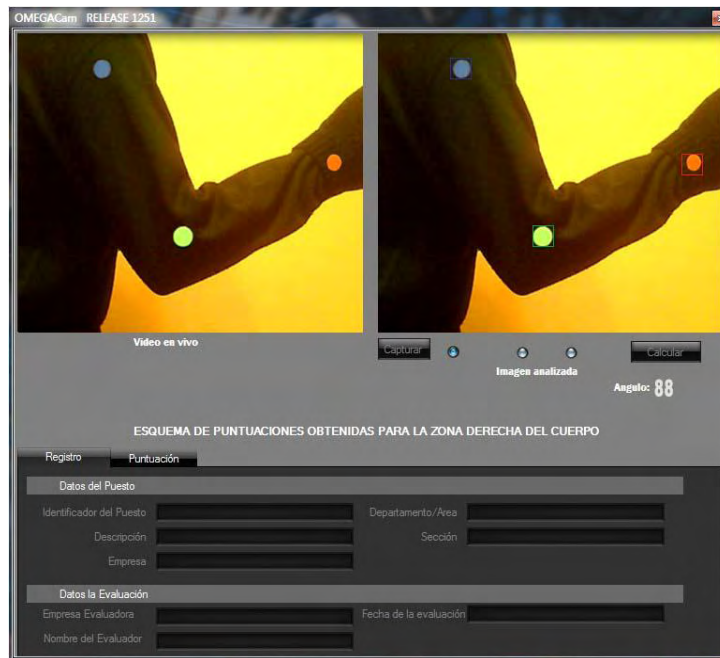
El programa realiza un nuevo aporte logrando calcular el ángulo dado entre tres puntos cuyo vértice siempre será el color verde.

Al experimentar con leds, éstos emiten una luz difícil de identificar en los colores, rojo y azul, sin embargo el color verde si logra ser capturado.

## Propuesta 2

En esta propuesta se captura el video en el puesto de trabajo durante un tiempo determinado, se pide que el sujeto a evaluar porte un vestuario con los marcadores en los puntos indicados y se procede a grabar la actividad realizada por el trabajador. Una vez almacenada la información en el programa, se observa y se escogen las imágenes más favorables ubicando con el cursor los marcadores en cada vista. El programa automáticamente calcula el ángulo entre los puntos, recoge la información adicional que necesita el método REBA y facilita un diagnóstico final.

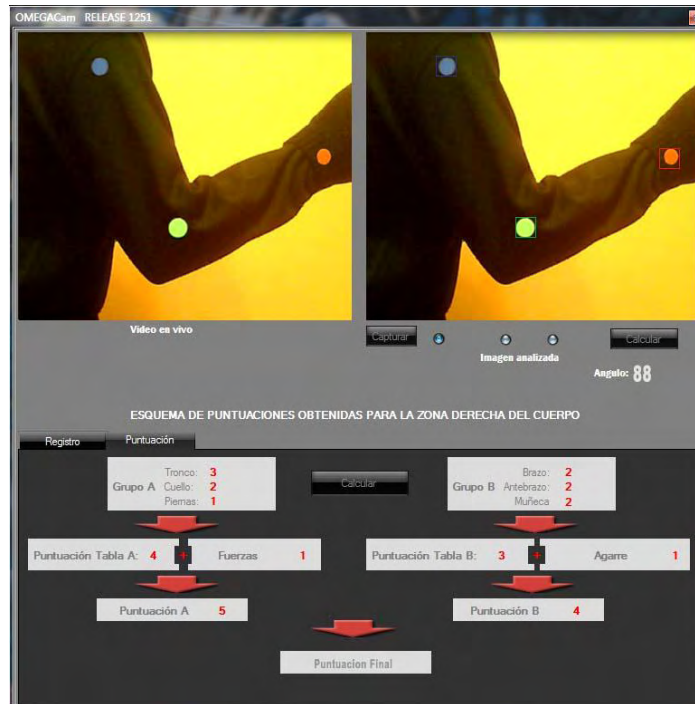
### Fotografía 74. Identificación de marcadores de la propuesta 2



En la pantalla derecha observamos la captura de imagen que se hace sobre el video, en éste caso se ha señalado con el cursor los marcadores sobre un vestuario negro provisional que aísla los colores entre la escena y los puntos de referencia. El software por su parte ha logrado calcular el ángulo entre los puntos señalados.

En la parte inferior observamos una serie de casillas vacías para completar los datos generales del puesto de trabajo, su evaluación y el sujeto a valorar.

## Fotografía 75. Puntuación llevada a cabo por el programa



La pestaña de puntuación en la parte inferior de la imagen, despliega el cuadro que muestra el proceso realizado por el método REBA. Al pulsar el botón, calcular, el programa automáticamente muestra una ventana con el resultado de la evaluación.

### Propuesta 3

Esta propuesta es presentada por el ingeniero en electrónica Javier Revelo, quien propone el desarrollo de un ejecutable en MATLAB, programa que realiza cálculos numéricos y tratamiento de datos, especialmente sobre imágenes.

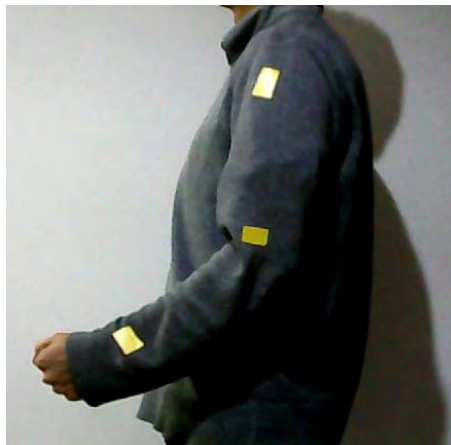
Inicialmente se trabaja con el reconocimiento de formas, para lo cual el programa identifica con claridad diversas figuras, en este caso se utilizan rectángulos, sin embargo éste criterio no es suficiente teniendo en cuenta que el fondo de la escena a captar ofrece diversas posibilidades de áreas que se asemejan a ésta figura geométrica, en consecuencia se busca una nueva condición que filtre la información y se resuelve trabajar con tamaños. El resultado fue satisfactorio sin embargo existen otras variables y condiciones del entorno como la iluminación, la cual puede ser desfavorable si no interfiere con una cantidad mínima necesaria de modo que se ejecutan nuevas pruebas con materiales, utilizando distintos tipos de papel, plásticos, telas y demás. Finalmente y después de numerosos ensayos se

infiere que el programa es sensible al brillo que produce el material a detectar y se decide utilizar marcadores cuyo material sea opaco.

Para el desarrollo de las pruebas y puesta en marcha del software se cuenta con la maqueta funcional del módulo junto a un soporte, cámara web y vestuarios provisionales acordes a los requerimientos previos.

A continuación se presentan las pruebas realizadas durante el desarrollo del programa informático:

#### **Fotografía 76. Captura de la prueba 1**



#### **Fotografía 77. Positivo y negativo de la prueba 1**

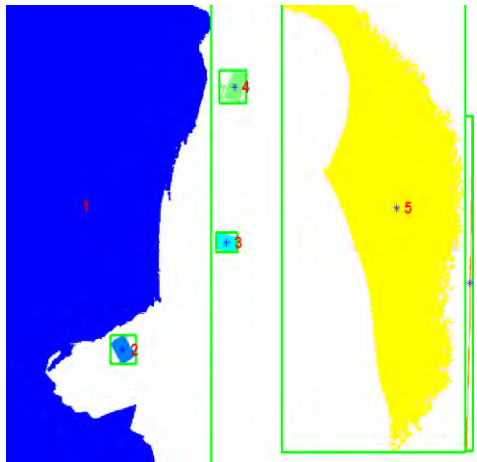




**Fotografía 78. Delimitación de áreas de la prueba 1**



**Fotografía 79. Localización de áreas de la prueba 1**



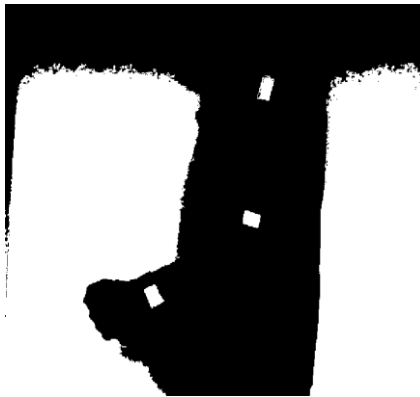
El software planteado genera una secuencia de imágenes cuyo único fin, inicialmente, es el de aislar los marcadores de la escena, utilizando una cierta cantidad de luz.

En una de las fotografías observamos la toma inicial que hace el programa, a partir de ésta, se genera una nueva imagen a blanco y negro que deja en evidencia 7 áreas que después consiguen ser delimitadas como lo indica la fotografía. Al conocer un perímetro se puede establecer el tamaño de cada sector, facilitando un criterio válido para la localización y selección de los marcadores.

**Fotografía 80. Captura de la prueba 2**



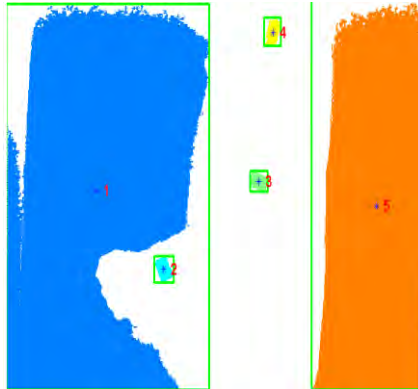
**Fotografía 81. Positivo y negativo de la prueba 2**



**Fotografía 82. Delimitación de áreas de la prueba 2**



### Fotografía 83. Localización de áreas de la prueba 2

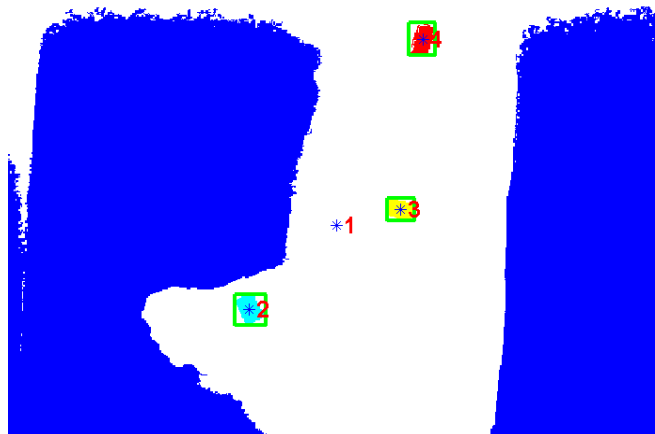


En esta segunda prueba, se disminuye la cantidad de luz sobre la escena, pensando en una posible disminución de la cantidad de áreas resultantes.

La secuencia muestra un evidente cambio con respecto a la prueba anterior. En la fotografía tenemos únicamente 5 regiones destacadas.

Por su parte la fotografía reconoce las áreas asignándole un número de acuerdo al orden establecido por el barrido de píxeles en la imagen

### Fotografía 84. Localización final de los marcadores



En esta etapa se agrega una nueva condición al programa. Se pide que se reconozcan únicamente aquellas áreas con un tamaño no mayor a 0,4 píxeles lo cual permite que se descarten el resto d zonas en la escena.

### Fotografía 85. Calculo de un ángulo por captura de imagen



Una vez localizados los marcadores el programa reconoce un valor numérico del ángulo comprendido entre los 3 puntos destacados.

Cabe resaltar que el programa aún está generando una secuencia de imágenes con respecto a una sola captura.

### Fotografía 86. Calculo de un ángulo en video



Bajo los mismos criterios de las pruebas pasadas se intenta calcular el ángulo entre los marcadores, tratando de hacerlo directamente en el video, sin la necesidad de capturar una imagen.

En esta fotografía el programa responde positivamente a la indicación. Se ubican los puntos con sus respectivas coordenadas y se suministra el dato del ángulo entre los puntos.

## 8.8 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DEL SOFTWARE

De acuerdo a los requerimientos que determina el sistema en su conjunto, se selecciona la propuesta más acertada que lleve a cabo el trabajo de captura, almacenamiento y proceso de la información, con el fin de generar una sugerencia precisa al profesional encargado, en torno a la valoración del puesto de trabajo. La siguiente tabla puntúa cada propuesta con tres opciones de calificación, donde, uno es deficiente, dos es regular y tres es aceptable.

**Tabla 20. Calificación de las propuestas del software**

Propuesta	Requerimientos	Puntuación
1	Presenta fallas notables de identificación de los marcadores a la distancia previamente establecida entre el lente y el sujeto a evaluar. Existen inconvenientes con el fondo de la escena que interrumpe la localización de los marcadores. Se utilizan varios tipos de materiales en los marcadores sin embargo, no hay un efecto positivo en su ubicación.	1
2	Cumple con el fin propuesto aunque establece de manera semiautomática el cálculo de los ángulos. El proceso que plantea acerca de la obtención de los datos requiere un tiempo más prolongado. Resuelve de manera aceptable el flujo de obtención de la puntuación del método REBA, establecido previamente.	2
3	Resuelve satisfactoriamente la ubicación exacta de cada marcador a la distancia requerida. Aísla los marcadores del fondo de la escena evitando interferencias. Ejecuta el cálculo de los ángulos de manera automática evitando prolongar el tiempo en la actividad.	3

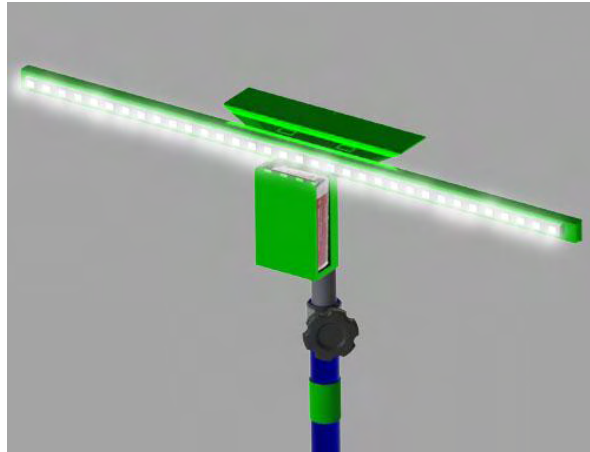
## 8.9 PROPUESTAS DE COMPONENTES AUXILIARES PARA EL SISTEMA

Una vez establecidos los elementos esenciales para el funcionamiento coordinado del sistema se piensa en la posibilidad de incluir otra serie de instrumentos que podrían articularse al mismo como posibles aplicaciones adicionales para la asistencia y el mejoramiento del trabajo de los instrumentos antes instaurados.

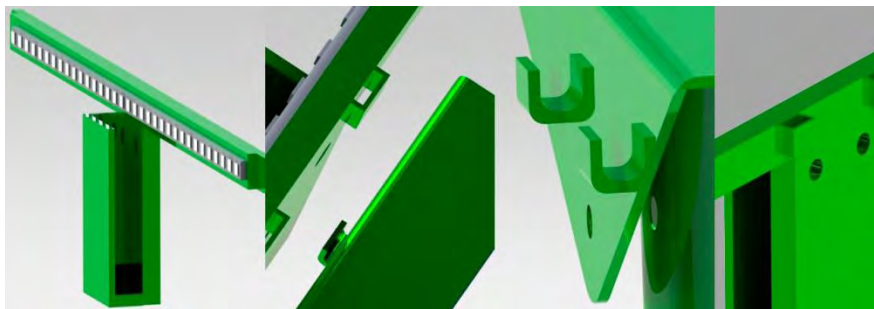
**8.9.1 Soporte para el mejoramiento de la iluminación.** En el momento de ejecutar la videocaptura en el sitio de trabajo es necesario establecer un tipo de

iluminación portátil que ofrezca las condiciones básicas para el reconocimiento de los marcadores en la prenda usada por el trabajador a evaluar. El siguiente componente mejora la iluminación en caso de presentarse deficiencias en este aspecto.

**Fotografía 87. Render del soporte para el mejoramiento de la iluminación**



**Fotografía 88. Armado del soporte y detalle de las uniones.**



**Fotografía 89. Batería y cinta de leds**



Se hace uso de la luz led en cinta, componente electrónico de tamaño y peso reducido que se carga con una batería de 9 voltios y se usa para mejorar la calidad de la imagen en cámaras web. El soporte que lleva adherido esta cinta de 40 bombillas se acopla fácilmente al soporte de la cámara diseñada con anterioridad evitando el uso de cables.

**8.9.2 Módulo o soporte para un computador portátil.** Es probable que la empresa que requiera el servicio del presente sistema no tenga una mesa o superficie donde apoyar el computador portátil que procesa la información recolectada. En vista de esta posible necesidad se plantea la idea de incorporar un nuevo elemento que supla esta eventual necesidad.

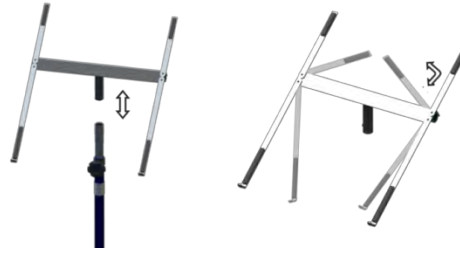
**Fotografía 90. Trípode para computador portátil**



**Fotografía 91. Uso del trípode**



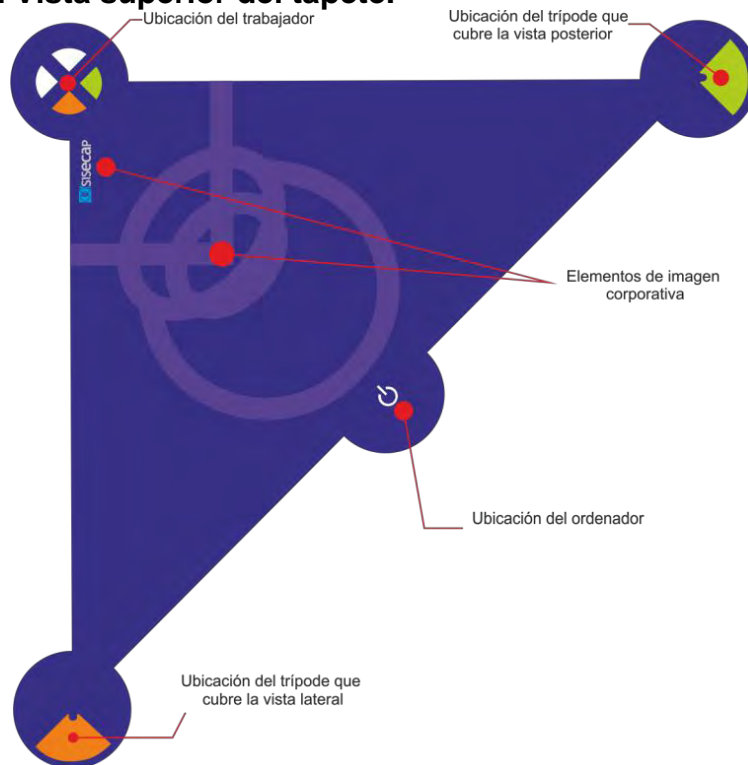
### Fotografía 92. Secuencia de plegado del soporte



Basados en la selección final de la propuesta de la estructura o módulo se presenta este diseño que utiliza el planteamiento estético formal y funcional del resto de trípodes, implementando el diseño de un soporte desmontable anclado a la parte superior que se pliega internamente como lo muestra la fotografía

**8.9.3 Tapete.** Con la preocupación por establecer la ubicación determinada de los instrumentos o componentes del sistema en el espacio, se diseña una propuesta que ayuda al usuario a situar cada componente en el lugar indicado según los requerimientos del funcionamiento conjunto del sistema teniendo en cuenta que existe una condición especial que sugiere la medición de la distancia existente entre el trabajador y el lente la cual no debe ser inferior a un 1m con 75cm de acuerdo a los cálculos y pruebas realizadas.

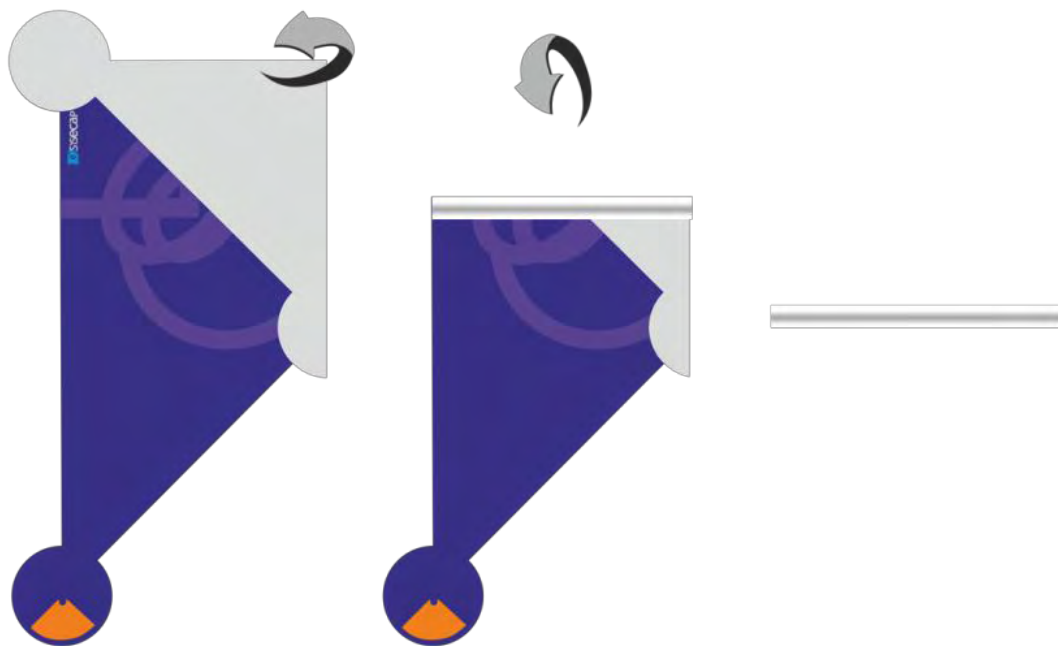
### Fotografía 93. Vista superior del tapete.





Se maneja los colores naranja y verde como elementos indicativo para facilitar la ubicación de cada trípode en su vista correspondiente. Se plantea la posibilidad de dar un espacio específico para la ubicación del ordenador de tal modo que éste no interfiera en la escena y distribuya el cableado a cada sector. Del mismo modo se incorporan elementos gráficos en la superficie generando coherencia formal con el resto de componentes del sistema.

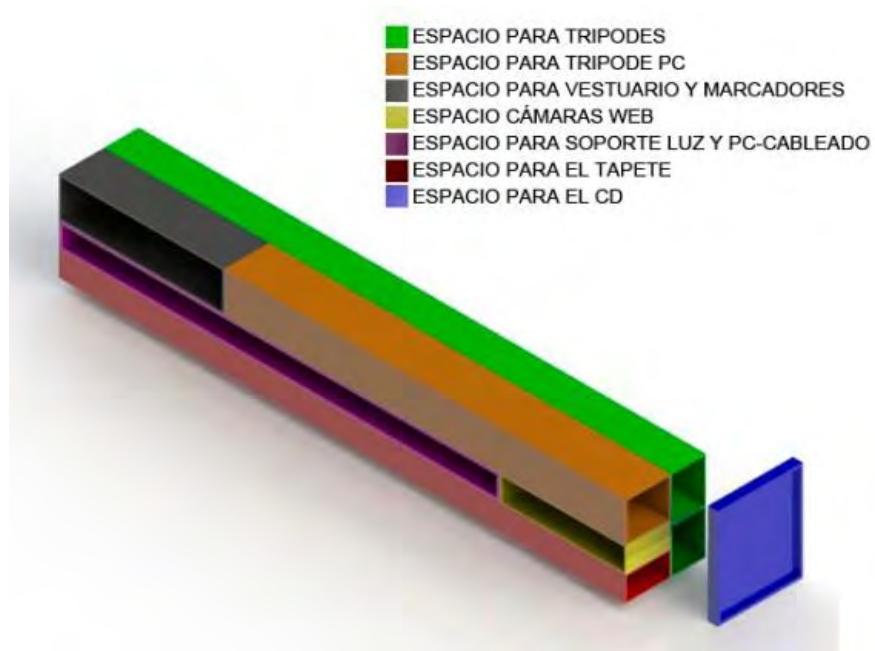
#### Fotografía 94. Secuencia del plegado del tapete



El manejo de la forma del área total facilita el enrollado del tapete que se pliega en dos partes para evitar sobredimensionar el elemento en cooperación con el fácil transporte del mismo.

**8.9.4 Estuche.** Un elemento vital para cumplir con la característica de portabilidad que requiere el sistema es el estuche; componente útil para guardar, proteger, inmovilizar y transportar de forma ordenada los componentes.

**Fotografía 95. Distribución de los elementos en el estuche**



Se realizan las mediciones correspondientes a cada componente del sistema y se elabora un volumen en 3d que contenga cada espacio necesario. El estuche tendría las siguientes medidas: largo: 1m con 15 cm, ancho: 17cm y alto: 20cm.

**Fotografía 96. Render del estuche**

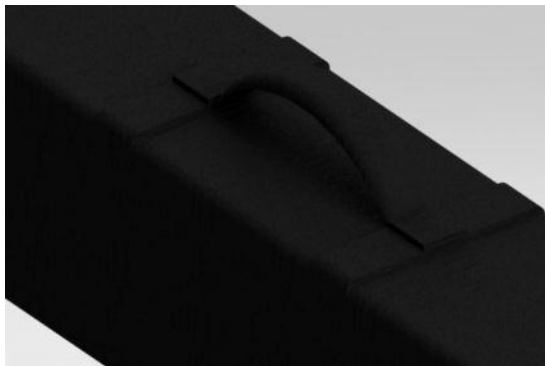


En esta imagen 3d se detallan los bolsillos con cierre en la parte lateral que contendrán los instrumentos correspondientes según lo indica la imagen previa. El estuche tendrá una parte semi rígida en su interior utilizando espuma yumbolón forrada en lona negra.

**Fotografía 97. Detalle de la tapa**



**Fotografía 98. Detalle de la manija**



En este zoom logrado sobre el render observamos los espacios internos del estuche junto a la tapa que servirá a su vez como bolsillo del cd o software que hace parte del sistema.

En la figura 69 detallamos la manija del estuche la cual está compuesta internamente por una espuma que suaviza y hace más cómodo el agarre.

## 9. PROTOTIPOS FINALES

**Fotografía 99. Prototipos funcionales en un espacio de trabajo**



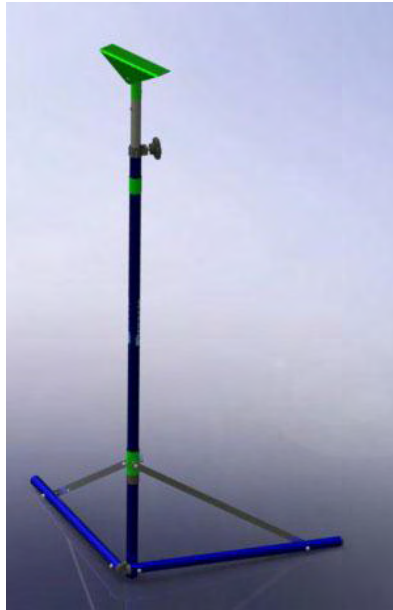
Se elaboran dos prototipos funcionales: el modulo A, el modulo B con sus respectivos soportes para cámara web junto al tapete y la prenda que portará el trabajador. Se utilizan materiales reales y elementos fáciles de conseguir en el mercado que se adecuan sin dificultad a cada propuesta.

Los módulos o trípodes se elaboran en un taller satélite de la ciudad de Ipiales, la prenda textil se confecciona en un taller de modistería y el tapete se imprime y se corta en una imprenta local.

## 10. COMPONENTES

### 10.1 MÓDULO A Y B

Fotografía 100. Módulo A



Fotografía 101. Módulo B



Con el diseño del trípode formalmente resuelto, ahora el enfoque será dirigido hacia la solución definitiva en cuanto a sus componentes, sus funciones, plegado y desarmado.

Existirán dos módulos de este tipo, ubicados uno en cada extremo del trabajador en las vistas correspondientes, cada uno de ellos integra el soporte de la cámara web en la parte superior, tal como lo indica el diseño seleccionado.

### 10.1.1 Elementos

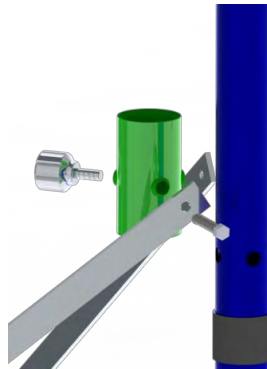
**Fotografía 102. Vista explosionada del soporte**



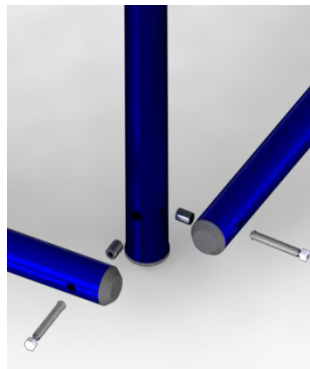
**Fotografía 103. Vista explosionada del sistema de ajuste**



**Fotografía 104. Vista explosionada de la corredera**



**Fotografía 105. Vista explosionada de la base**



De acuerdo a lo establecido en la escogencia del diseño para el prototipo final, se resuelve juntar el soporte de la cámara web en la parte superior del trípode.

Este soporte integra una pieza interna que permite fijar el elemento al tubo y se ajusta con la ayuda de un remache entre las superficies.

El sistema de ajuste de la altura utiliza un mecanismo sencillo de perilla con una abrazadera que suspende el desplazamiento del tubo interno en el nivel deseado.

El modo de plegado se realiza con una unión deslizante entre una guía y corredera, esta última eleva dos platinas que sujetan los tubos de la base.

Los tubos de la base se unen al tubo principal y a las platinas con la ayuda de tornillos, tuercas, arandelas y bujes.

### Fotografía 106. Secuencia de despliegue



La secuencia de despliegue en este componente es fácil, corresponde a 3 pasos básicos para conseguir solidez y equilibrio en la videocaptura.

1. Se desajusta la perilla de la corredera y se eleva verticalmente esta pieza la a lo largo de la guía.
2. Se gira la perilla del ajuste de alturas y se desplaza hacia abajo el tubo interno.
3. Se gira 90 grados el soporte de la cámara web.

### 10.1.2 Propuesta de color



Básicamente se propone el manejo de un color primario alternado con un acromático, tales como el azul y el gris, respectivamente.

Bajo el concepto de estabilidad, se precisa el uso del color azul en la base que representa solidez, verticalidad y firmeza como cualidades paralelas del concepto en mención.

Por otra parte, buscando diferenciar la ubicación de cada trípode en la vista correspondiente se utiliza dos colores alternativos como el verde amarillado y el



naranja en: soportes, correderas y topes que generan una apariencia más llamativa en su combinación.

**10.1.3 Materiales.** Se proyecta la fabricación del producto utilizando un material convencional empleado en la producción de objetos análogos como trípodes, cuyas propiedades se ajusten a las opciones de diseño plantadas.

Algunos de los trípodes que se encuentra en el mercado son hechos en carbono, sin embargo el aluminio se perfila como la mejor opción, dadas sus propiedades físicas, mecánicas y por ser un material de bajo costo.

Igualmente se utilizan piezas de unión como: remaches, tornillos, abrazaderas y bujes en el mismo material, se utilizan tacos redondos de caucho para las terminales de los tubos y se usa una perilla plástica para el mecanismo de nivelación de la cámara.

Los soportes de la cámara son hechos de una lámina de aluminio y se utilizan platinas de aluminio para unir las patas a la corredera.

## **Aluminio**

A continuación presentamos las ventajas más destacables de este material:

- El aluminio posee una vida útil muy larga.
- Soporta la radiación ultravioleta y la humedad, no se oxida, no se estropea ni se deforma.
- Presenta un mantenimiento sencillo.
- Gracias a su acabado liso y pulido, el aluminio no atrae el polvo ni la suciedad.
- El aluminio es seguro y no inflamable.
- Gracias a su solidez, es resistente a la rotura.
- El aluminio es un material respetuoso con el medio ambiente y ecológico.
- Es un material ligero, fácil de incorporar en cualquier aplicación.
- Posee una excelente relación calidad/precio.
- El aluminio garantiza una total estanqueidad al aire, al agua y al viento
- El aluminio ofrece un factor de aislamiento térmico excepcional.
- El aluminio está disponible en una gran variedad de colores
- El aluminio puede adaptarse a una gran variedad de estilos

**10.1.4 Producción.** El modo de producción será de tipo industrial. Las piezas que componen cada módulo se fabricarán utilizando un modo de producción por extrusión de tubos redondos de aluminio los cuales se consiguen fácilmente en el mercado en las dimensiones requeridas que se cortan con sierra o segueta. Se

utiliza el doblado de lámina en v con una prensa de cortina para los soportes de las cámaras web junto a la perforación de algunas piezas con un taladro de columna y brocas a la medida específica.

#### Procedimiento de unión

Se utilizan remaches, elementos de fijación que se emplean para unir de forma permanente dos o más piezas. Consiste en un tubo cilíndrico (el vástago) que en su fin dispone de una cabeza. Las cabezas tienen un diámetro mayor que el resto del remache, para que así al introducir éste en un agujero pueda ser encajado. El uso se da para unir dos piezas distintas, sean o no del mismo material. Éste elemento se aplica en la unión entre el soporte de la cámara y el tubo interno del soporte.

Para la unión de la mayoría de las piezas se utilizan tornillos con rosca triangular que pueden ir atornillados en un agujero ciego o en una tuerca con arandela en un agujero pasante.

El mecanismo de ajuste entre el tubo principal y el tubo interno se lleva a cabo mediante una abrazadera en aluminio y una perilla con tornillo que presionan las superficies en contacto suspendiendo el desplazamiento que permite finalmente inmovilizar la cámara al nivel deseado.

#### **Pintura electrostática**

Es un tipo de recubrimiento que se aplica como un fluido, de polvo seco, suele ser utilizado para crear un acabado duro que es más resistente que la pintura convencional. El proceso se lleva a cabo en instalaciones equipadas que proporcionen un horno de curado, cabinas para la aplicación con pistolas electrostáticas y por lo general una cadena de transporte aéreo, donde se cuelgan las partes, por lo general electrodomésticos, extrusiones de aluminio, partes de automóviles y bicicletas donde se cubren con una pintura en polvo (también llamada laminación).

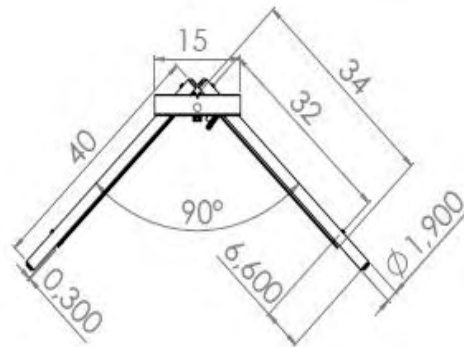
Se consiguen excelentes resultados tanto en términos de acabado y sellado hermético. En la industria manufacturera se encuentra una amplia aplicación, de hecho, desde un punto de vista cualitativo, es más fácil de aplicar, y desde un punto de vista ecológico, no crea ningún problema para los operadores y el medio ambiente.

### 10.1.5 Planos técnicos

#### Planos técnicos de los módulos

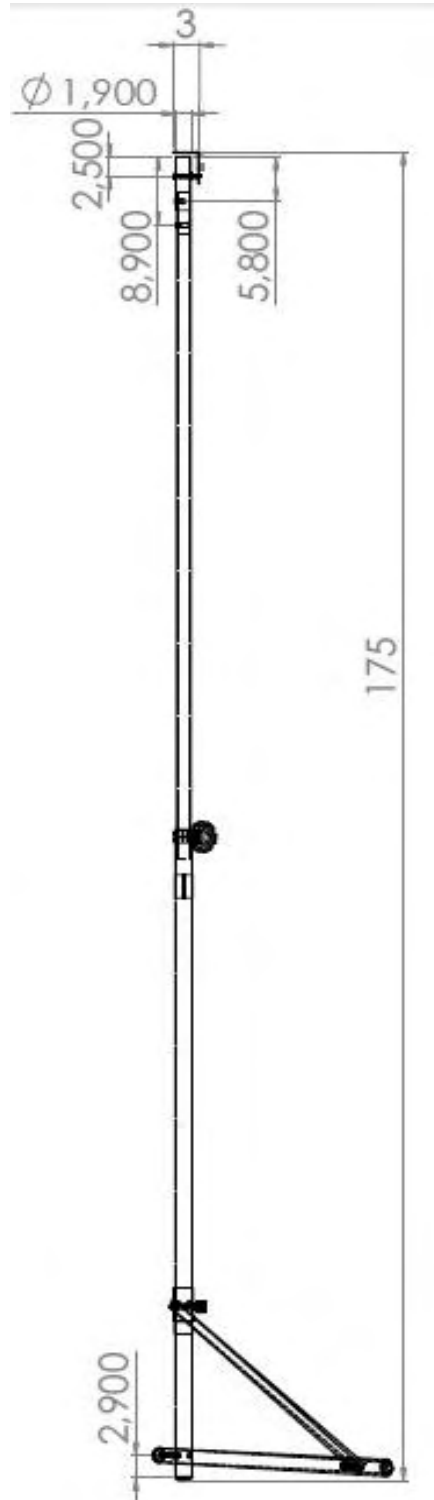
#### Vista superior

Fotografía 107. Vista superior del módulo escala 1:5

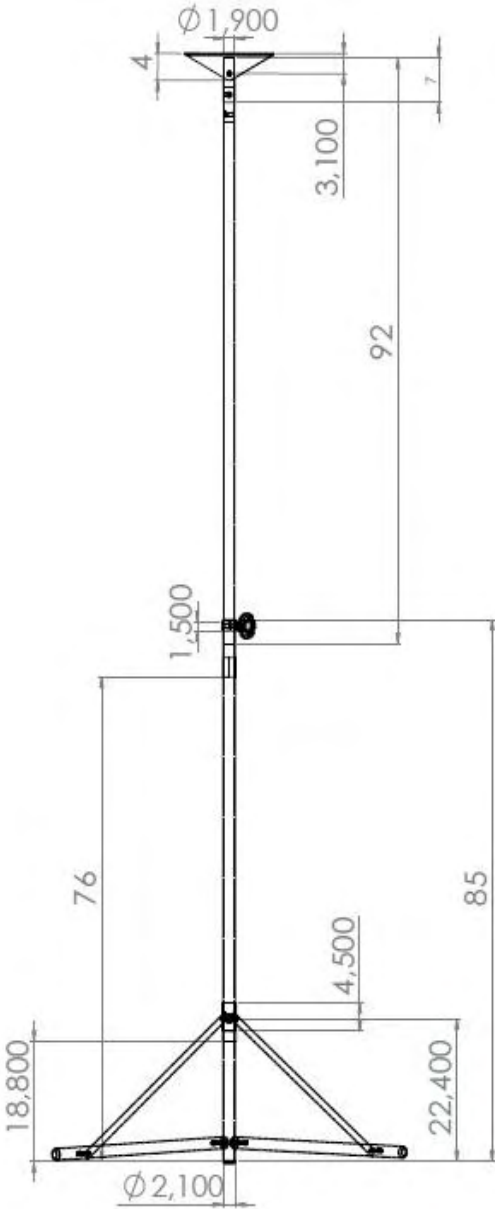


Vista lateral y frontal

Fotografía 108. Vista lateral del módulo

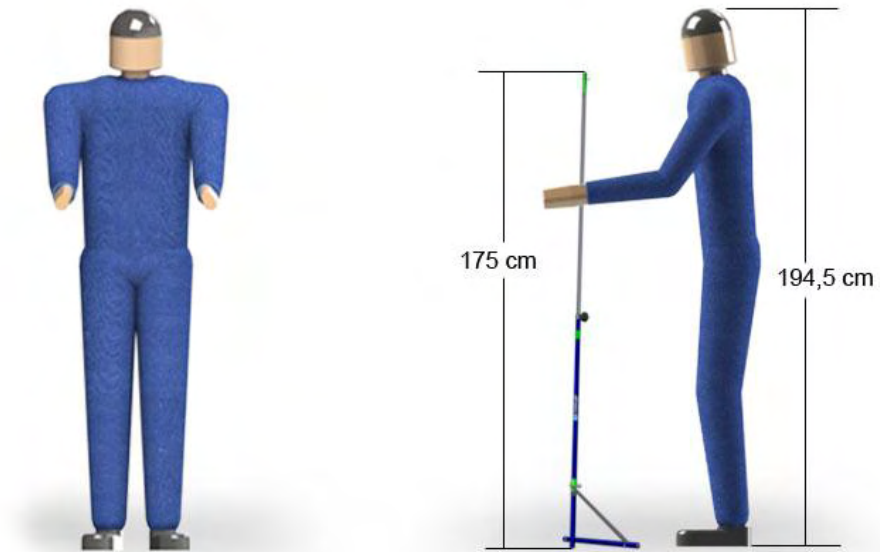


Fotografía 109. Vista frontal del módulo



### 10.1.6 Plano de verificación ergonómica para los módulos

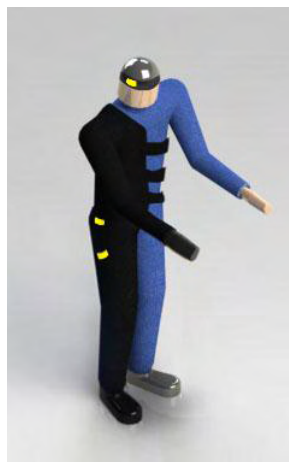
Fotografía 110. Plano de verificación ergonómica



Percentil máximo, parámetros antropométricos de la población laboral colombiana.

### 10.2 PRENDA Y MARCADORES

Fotografía 111. Prenda y marcadores ubicados en un somatotipo



**Fotografía 112. Prenda ubicada a la izquierda del somatotipo**



**Fotografía 113. Detalle del logo del sistema y el bolsillo**



**Fotografía 114. Detalle de las correas**



**Fotografía 115. Detalle de los marcadores.**



**Fotografía 116. Envoltura de la prenda**



Es indispensable crear contraste entre las prendas que el sujeto va a usar y los marcadores que serán ubicados en algunas partes de su cuerpo; debido a esto se utilizara el color negro de fondo en oposición al color amarillo de cada punto de referencia.

El material a utilizar en las prendas es tela poliéster elástica, con el propósito de que éstas se adapten a diferentes medidas corporales. Se trabajan dos piezas; la primera es la prenda que cubre un hemisferio del cuerpo y se puede utilizar para el lado opuesto según se requiera y una cinta del mismo material para la cabeza que lleva el propósito de ubicar un marcador para detectar ciertos ángulos necesarios. Los marcadores no son permanentes en la prenda, se fijan a la misma utilizando velcro adhesivo, esto permite ubicar los puntos en el sitio justo de acuerdo a la anatomía de cada individuo.

El modo de producción es industrial de tipo textil, se tiene en cuenta las medidas de un percentil 50 de la población laboral colombiana, se recortan las piezas, se cose a máquina y por último se borda la imagen corporativa del sistema.

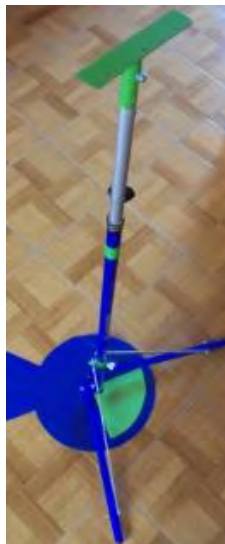


### 10.3 TAPETE

Fotografía 117. Escena animada del tapete como superficie para el resto de componentes



Fotografía 118. Ubicación por color y forma del módulo A



### **Fotografía 119. Ubicación por color y forma del módulo B**

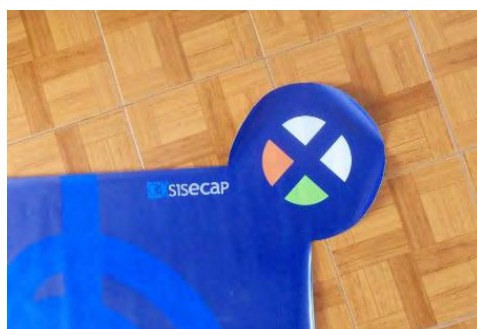


El procedimiento de elaboración de esta superficie es sencillo; una vez establecido el diseño con el uso de un programa 2d se imprime en una lona plástica el dibujo con ayuda de un plotter de impresión.

Desafortunadamente el ancho de la lona no cubre los 2 metros necesarios para la impresión, en consecuencia se imprime por separado en dos partes el área y se unen las partes con un proceso de vulcanizado que empareja las superficies. Por último, se recorta la lona siguiendo el perímetro del diseño.

En las fotografías 66 y 67 se evidencia el manejo del color y la forma haciendo coincidir cada trípode según la función indicativa que se quiere destacar en el tapete el cual se ubica a 1m con 70 cm del ocupante en cada vista.

### **Fotografía 120. Logo del sistema y ubicación de la persona a evaluar**



### **Fotografía 121. Ubicación del ordenador portátil**



En esta imagen observamos el sitio justo donde debe situarse el trabajador y se resaltan los colores como el verde y el naranja que coinciden con los trípodes y su dirección.

Igualmente se detalla el logo del sistema el cual se agrupa al manejo del color azul en el fondo que identifica la imagen corporativa planteada.

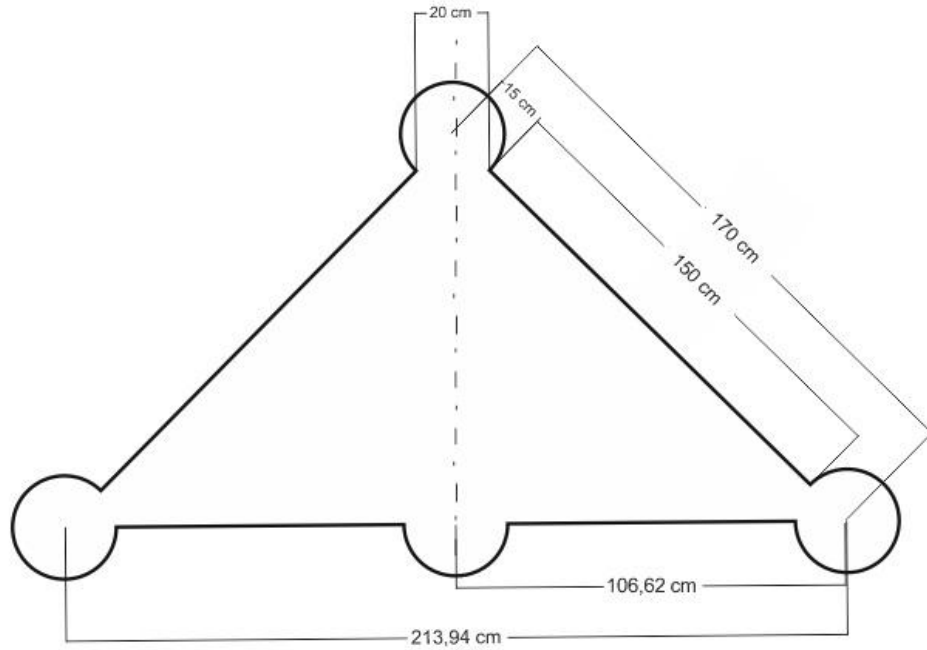
En la imagen inferior se destaca la ubicación del ordenador portátil en la superficie. Se incorpora el símbolo informático de interruptor encendido/apagado para lograr una comunicación inmediata en el proceso con el uso de este familiar símbolo.

### **10.3.1 Planos técnicos**

#### **Planos técnicos del tapete**

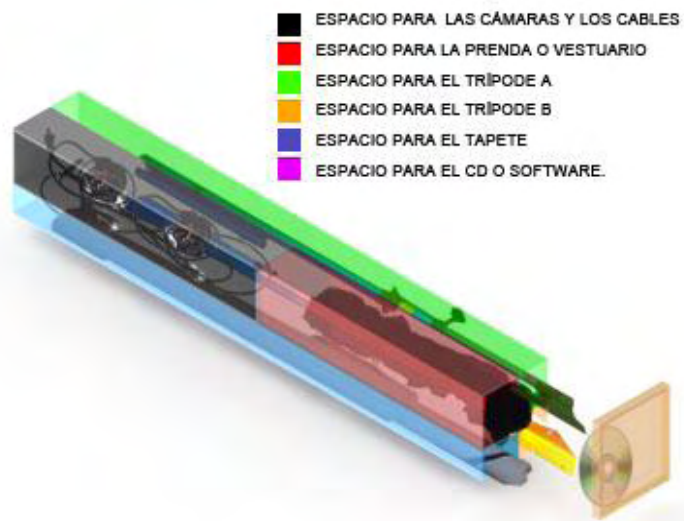
## Vista superior

Fotografía 122. Vista superior del tapete, escala 1:5



## 10.4 ESTUCHE

Fotografía 123. Distribución de los componentes reales del sistema en el estuche



Se reorganiza la distribución del espacio del estuche, adaptado a los elementos de la construcción real de los prototipos del sistema que se presentan en la siguiente imagen.

Las características formales básicas de la propuesta del estuche como elemento adicional se conservan realizando cambios internos en los espacio y se plantean algunas mejoras funcionales en la estructura.

#### **Fotografía 124. Render del estuche**



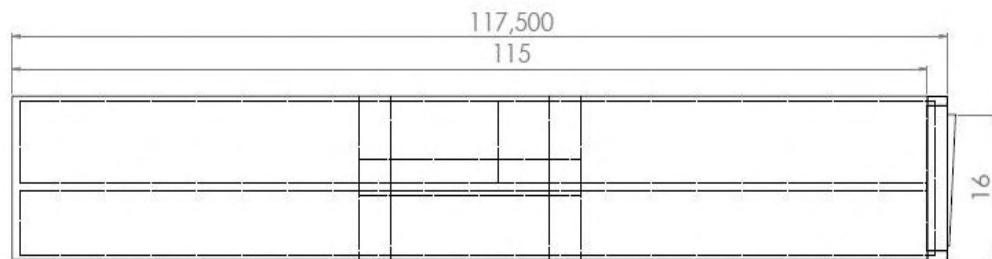
Los materiales a utilizar son: lona kodra negra, cierres poliéster, sedacron para el forro interno del estuche, espuma yumbolon para las paredes que dividen el volumen, cinta faya útil para forrar los filos en las aristas y reata para la manija. El modo de producción es industrial de tipo textil se elaboran las plantillas, se copian las partes al material y se teje con maquina cada componente hasta lograr el producto planteado.

### 10.4.1 Planos técnicos

#### Planos técnicos del estuche

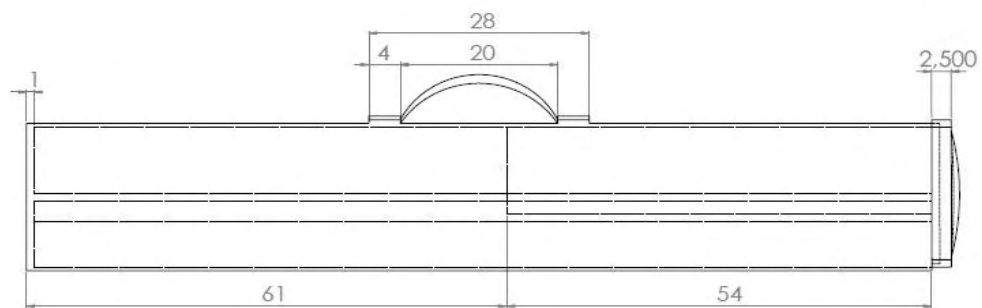
##### Vista superior

Fotografía 125. Vista superior del estuche 1:3



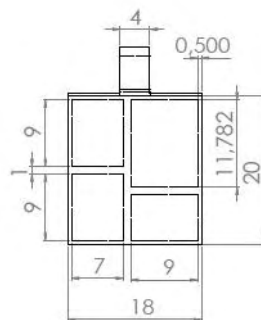
##### Vista lateral

Fotografía 126. Vista lateral del estuche



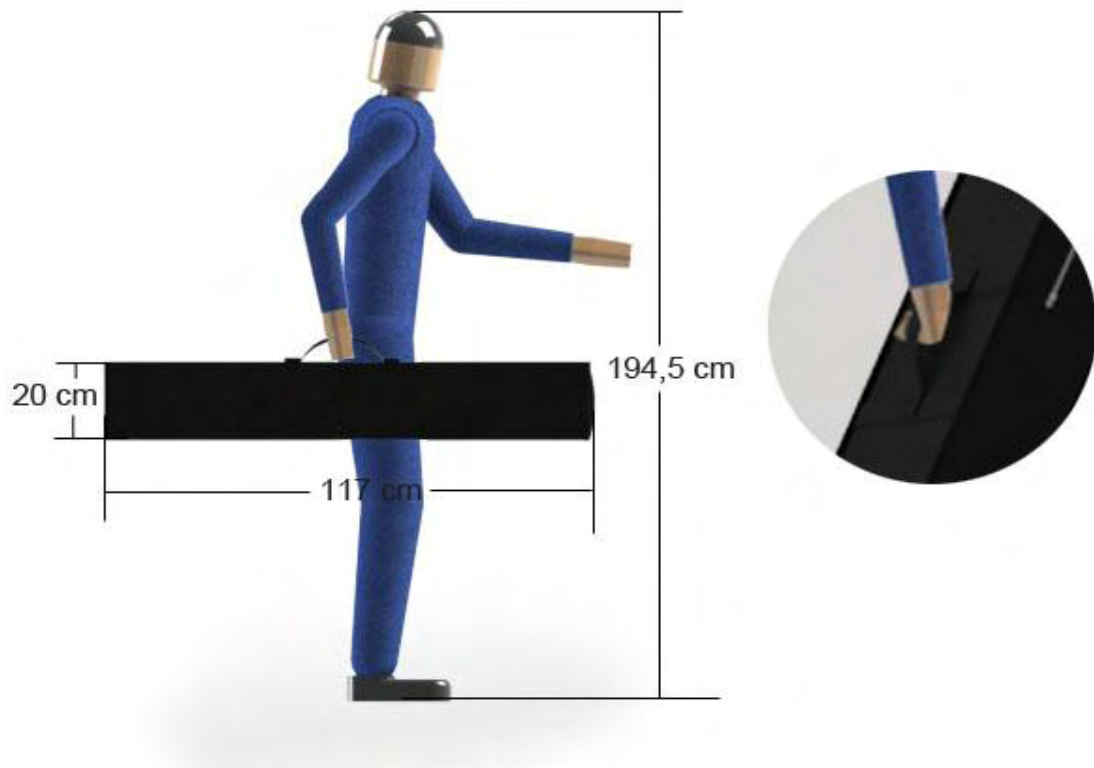
##### Vista frontal

Fotografía 127. Vista frontal del estuche



#### 10.4.2 Plano de verificación ergonómica

Fotografía 128. Plano de verificación ergonómica para el estuche



## 10.5 SOFTWARE

Fotografía 129. Pantallazo del diseño de la interface del software



**10.5.1 Diseño de la interface.** Se consideran importantes los aspectos estéticos que generan coherencia y corresponsabilidad entre el software y el resto de los componentes del sistema.

La estética acompaña, aporta y complementa la información para que ésta llegue de una manera más clara y eficiente al usuario del programa informático.

La imagen anterior plantea un diseño atractivo sencillo y claro evitando excederse en el uso de texto resaltando los aspectos más importantes que dirijan al usuario de una manera fácil a lo largo del procedimiento. Tampoco se utilizan muchos elementos decorativos que distraigan su atención.

Se integran varios elementos como: imágenes, textura, fondos y textos; todos en concordancia a la imagen corporativa del sistema. Los elementos de navegación como el menú y sus botones son sencillos, legibles y fáciles de reconocer.



Los textos son cortos, oscuros en fondos claros y usan un lenguaje común al alcance del entendimiento de cualquier usuario, del mismo modo se evita exceder el número de tipos de fuente para evitar confundir y cansar a la persona, tampoco se utilizan palabras en mayúsculas ni cursivas que de usarse provocan dificultades en su lectura.

Se utiliza un color blanco en el fondo de la interface, contrastado con el manejo de hasta dos variaciones de tono del color azul colores que forman parte de la identidad grafica de la imagen.

Se incorpora un menú de herramientas, esencial en la información que debe presentar todo programa y se generan llamadas en los botones que amplían la información para una mayor comprensión en cada paso.

### **10.5.2 Generalidades**

- El programa trabaja con base en una secuencia de imágenes integradas a una captura de video continuo.
- Cada imagen filtra la información recogida sobre la escena, pasando por distinguir formas, tamaños y colores que dejan al descubierto la identificación de los marcadores.
- La ubicación de los marcadores permite que el software calcule los ángulos respectivos en cada vista
- Cada dato obtenido es almacenado para realizar el proceso de cálculo del método REBA
- Una vez terminada la evaluación del puesto de trabajo, el programa suministra el resultado logrado según los parámetros del método REBA.

**10.5.3 Instrucciones para el manejo del programa.** El programa funciona en un equipo con sistema operativo Windows 7 a 64 bits. Una vez instalado el producto, ejecute el mismo y se extenderá una interface con los botones y áreas de reconocimiento de imagen.

El software está compuesto de 2 módulos:

1. Módulo para el Manejo de Cámara
2. Módulo para la Captura de Ángulos

A continuación se describe en detalle el funcionamiento de los diferentes módulos:

### **Módulo para el manejo de cámara:**

Sirve para reconocer y activar las cámaras que están conectadas. Este debe ser el primero módulo que el usuario debe identificar, en virtud de que es necesario reconocer el número de identificación de la cámara, de no ser así el resto del programa no funciona. Para lo anterior se crearon los siguientes botones:

- **Información Cámara:** Dando clic en este botón aparece el número de cámaras conectadas y el nombre de la primera cámara conectada (de momento está así pero para otras pruebas tengo la idea de hacerlo con una barra de selección)

Más abajo apare un cuadro de texto para la selección de la cámara, por defecto está el número 1 que indica la primera cámara conectada. En un portátil que tenga cámara incorporada, el número de identificación es el 1, y si además se encuentra conectada otra cámara, tomará el número de identificación 2, entonces el usuario debe cambiar en el cuadro de texto por el número 2.

- **Abrir Cámara:** si se colocó de forma correcta el número de identificación de la cámara, al dar clic en éste botón aparecerá en el módulo de visualización la imagen de la cámara seleccionada.
- **Pasar Cámara:** Permite pausar de forma momentánea la cámara.
- **Continuar Cámara:** la cámara que anteriormente fue pausada, puede continuar mostrando la captura de la imagen de la cámara seleccionada.
- **Cerrar Cámara:** Cierra la cámara que se encuentra activa y muestra en el módulo de visualización, la imagen configurada por defecto.

**Módulo para la captura de ángulos:** El correcto funcionamiento de éste módulo depende de la selección de la cámara, el cual se realiza en el módulo de manejo de cámara. Este módulo está compuesto por un cuadro de texto, el cual le permite al usuario ingresar el tiempo de captura de ángulos. Por defecto está configurado en un valor de 200, que realmente son la cantidad de cuadros por segundo, lo cual se puede traducir un una unidad de tiempo.

Además, tiene un botón Captura, el cual activa la cámara seleccionada y permite la detección 3 de formas de color amarillo, de las cuales registra sus coordenadas. Con las coordenadas, se calcula el ángulo comprendido entre ellos, el cual es un dato de interés en la presente investigación.

## 11. PRESUPUESTO

### 11.1 PRESUPUESTO PARA LOS MÓDULOS

**Tabla 21. Presupuesto para los módulos**

Elemento	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Tubo redondo de ½" x 180cm en aluminio.	1m	8.000	8.000
Tubo redondo 3/8" en aluminio.	4m	2.250	9.000
Platina en aluminio de 12mm x 3mm	2m	3.750	7.500
Tornillo cabeza hexagonal M-6	14	100	1.400
Arandelas M-6	16	20	320
Bujes en aluminio M-6	4	100	400
Tapón Niv perilla ¼"	2	500	1.000
Lamina de aluminio de 1mm x 30cm x 14cm	1	1.500	1.500
Perilla en aluminio M-4	2	300	600
Remache cabeza redonda MM-5	4	10	40
Tuerca M-6	6	15	90
Vinilo azul autoadhesivo estándar brillante	1m	4.500	4.500
Vinilo verde autoadhesivo estándar brillante x ½ m	1m	3.000	3.000
Vinilo naranja autoadhesivo estándar brillante x ½ m	1m	3.000	3.000
Logo adhesivo	2	2.000	4.000
Tapón de goma para tubos redondos de ½"	12	50	600
<b>Total para una pre serie de 2 unidades</b>			<b>44. 950</b>
<b>Total para el presupuesto de un solo módulo</b>			<b>22.475</b>

## 11.2 PRESUPUESTO PARA LA PRENDA Y LOS MARCADORES

**Tabla 22. Presupuesto para la prenda y los marcadores**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>
Tela elástica poliéster negra	2m	7.500	15.000
Hebilla 25mm 1"	3	700	2.100
Reata Milán 78/25	1m	500	500
Velcro adhesivo negro de 2cm	2m	1.500	1.500
Velcro adhesivo amarillo de 2cm	50cm	500	500
Logo bordado	2	1.000	1.000
Hilo negro	1	500	500
<b>Total para el presupuesto de una sola prenda</b>			<b>21.100</b>

## 11.3 PRESUPUESTO PARA EL TAPETE

**Tabla 23. Presupuesto para el tapete**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>
Lona plástica para impresión	2m	6.000	12.000
pegamento de lona Resistol 5000	50ml	1.600	1.600
Impresión al costo	1	15.000	15.000
<b>Total para el presupuesto de una sola lona</b>			<b>28. 600</b>

## 11.4 PRESUPUESTO PARA EL ESTUCHE

**Tabla 24. Presupuesto para el estuche**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>
Reata económica negra	2m	450	900
Cinta falla 16mm	7m	250	1.750
Lona kodra	1m	4.500	4.500
Sedacron delgada	2m	2.700	5.400
Cierre poliéster negro 20 cm	1	350	350
Cierre negro 65cm	2m	1.150	2.300
Hilo negro grueso	1	1200	1200
Espuma yumbolón	2m	5.000	10.000
<b>Total para el presupuesto de un solo estuche</b>			<b>26.400</b>

## 11.5 PRESUPUESTO TOTAL

**Tabla 25. Presupuesto total**

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>
Módulo	2	22.475	44.950
Prenda	1	21.100	21.100
Tapete	1	28.600	28.600
Estuche	1	26.000	26.000
Cámara web de 1.3 megapíxeles Hércules	2	22.000	44.000
<b>Presupuesto total</b>			<b>164.650</b>

No incluye el valor del diseño ni el valor de mano de obra. Los precios están sujetos al incremento en el mercado. Octubre de 2012.

## 12. PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA

A continuación se enumera paso a paso el procedimiento que se debe llevar a cabo en la evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo de acuerdo al sistema que se propone.

1. Una vez aislada el área de trabajo, el evaluador procede a preparar su equipo, asegurándose que todo el sistema esté completo. El profesional debe contar con los dos módulos con sus respectivos soportes, prendas, tapete, accesorios y marcadores.
2. Se requiere la utilización de 2 cámaras web digitales como mínimo, un ordenador con sistema operativo Windows 7 de 64 bit, una balanza de precisión y un cronómetro.
3. Previamente, el profesional encargado debe observar la actividad que desarrolla el trabajador con el fin de establecer si es necesario evaluar la parte derecha del cuerpo o la izquierda en su defecto. Lo anterior, se establece de manera subjetiva de acuerdo al conocimiento y criterio del profesional, Igualmente, ésta etapa es importante para determinar si se usa uno o dos módulos laterales.
4. Seguidamente se pide que el trabajador porte las prendas y accesorios establecidos. Cabe advertir que se manejarán tres tamaños diferentes de prendas con las características descritas con anterioridad, de modo que éstas se ajusten de manera cómoda a la anatomía de cada persona.
5. El profesional encargado ubicará los marcadores adhesivos en cada punto definido según las indicaciones del método REBA.
6. Los módulos deben ser situados en la ubicación indicada por el tapete.
7. El sistema es capaz de medir ángulos de manera inmediata para los movimientos biomecánicos en cada segmento corporal.
8. Primeramente, mediante el software se ordena hacer una captura con el módulo A, el cual llevará a cabo la detección uno a uno de los ángulos en cada segmento corporal.
9. Cada movimiento es evaluado por separado, empezando con la valoración de la flexión del brazo. Una vez obtenida la información el programa se encarga de su almacenamiento. Posteriormente se pide que el trabajador repita la actividad para la valoración del antebrazo y la muñeca respectivamente, Seguido de flexión de la rodilla, flexión del tronco y el cuello.
10. Se procede a evaluar las modificaciones en los movimientos con ayuda de la cámara ubicada en el módulo B. Esta cámara no realiza ningún cálculo matemático debido a que estas modificaciones únicamente necesitan ser observadas. La puntuación es subjetiva de acuerdo al conocimiento del profesional el cual utiliza el video de esta cámara para identificar la presencia o ausencia de estas alteraciones en el movimiento.
11. Se pesan las cargas que el trabajador manipula en su actividad y se contabilizan los movimientos repetitivos en una acción en la unidad de tiempo, mediante el uso de un cronometro.

**12.** La información obtenida es almacenada por el programa el cual lleva a cabo el procedimiento establecido por el método REBA y culmina su trabajo con la presentación del resultado de la evaluación.

## CONCLUSIONES

La aplicación del sistema en cualquier contexto laboral y espacios de trabajo, representa un valioso aporte. Gracias a su portabilidad, podemos identificar problemas y riesgos de la salud del trabajador en su entorno real además de brindarle al evaluador una herramienta eficaz en su aplicación.

La evaluación de puestos de trabajo en la actualidad, se desarrolla de manera subjetiva, apelando a la observación directa de la actividad sin contar con herramientas e instrumentos que garanticen precisión en el proceso. En otros casos se realizan capturas sobre el puesto de trabajo que obligan al profesional a utilizar instrumentos de medición como reglas, goniómetros, inclinómetros y transportadores para determinar una medida en un proceso complementario que extiende el tiempo empleado para la valoración sin que esto signifique la obtención fiel e inmediata de los datos necesarios. El presente proyecto de diseño plantea una alternativa para la ejecución de esta actividad, dando una solución práctica y confiable a estos y otros inconvenientes.

Sisecap es un sistema que logra integrar componentes y dispositivos bastante económicos que aminoran su costo y lo hacen asequible en el mercado local logrando resultados tan fiables como los conseguidos por equipos e instrumentos internacionales cuyos costos impiden un acercamiento entre los beneficios del producto y el técnico o profesional que lo requiere debido al empleo de dispositivos de alta gama con programas informáticos extensos y complicados. Al mejorar las condiciones de la evaluación de un puesto de trabajo, se brinda información real que logra un rediseño acertado del puesto, introduciendo cambios que mejoran notablemente aquellas posturas críticas en bien de los trabajadores que diariamente ponen en riesgo su salud.

Poder ofrecer una alternativa eficaz para la evaluación de la carga postural estática y dinámica en puestos de trabajo por medio del diseño industrial y la integración de recursos informáticos, no solo hace viable el diseño de un sistema confiable sino también, da lugar al trabajo conjunto y el entendimiento entre el diseño industrial y otras disciplinas vinculadas con la tecnología, ofreciendo productos con mayor capacidad de competencia en un mercado cada vez más exigente a merced de la sistematización.

Sisecap no solo es un sistema de productos portable para llevar a cabo evaluaciones y estudios de aplicación en una empresa, su intervención también podría estar destinada a estudios académicos de investigación al interior de una unidad universitaria o de un laboratorio en particular que requiera conocer mediciones antropométricas con base en los movimientos biomecánicos de una determinada población, estableciendo de manera inmediata los valores o datos necesarios.



## **RECOMENDACIONES**

El puesto de trabajo debe facilitar la ubicación de los componentes del sistema, ofreciendo las medidas mínimas que se plantean en el procedimiento. De existir inconvenientes con este aspecto se recomienda, en última medida, trabajar sobre un espacio alternativo, simulando la actividad específica del trabajador con elementos semejantes a los encontrados en su entorno real. Cabe resaltar que se deben agotar todos los recursos necesarios para permanecer en el sitio original.

No es necesario el uso de cámaras y artefactos sofisticados de alta gama, únicamente se debe contar con cámaras digitales web como las utilizadas en las pruebas previas. La cámara debe contar con una resolución de video mínima de 640x480 fps.

## BIBLIOGRAFÍA

Bachenheimer, Herman, [http://drupal.puj.edu.co/files/O1119\\_Herman\\_0.pdf](http://drupal.puj.edu.co/files/O1119_Herman_0.pdf)

FRIEDMAN, Jared, <http://es.scribd.com/doc/55432985/ANALISIS-DE-PUESTOS>

FINGERMANN, Hilda, <http://www.definicionabc.com/social/puesto-de-trabajo.php>

FLORES. Cecilia, Ergonomía para el diseño. Editorial D.R Librería, s.a. Primera edición, México 2001.

GARCIA, Gines, <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1236>

<http://stephanie-ergonomia.blogspot.com/> (4/25/2011)

<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=276> (1/1/2000)

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_477.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_477.pdf)

<http://aplicaciones.virtual.unal.edu.co/blogs/lefh/> (9/25/2011)

[http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/biblioteca-legis/decreto\\_1295.pdf](http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/biblioteca-legis/decreto_1295.pdf)  
(6/22/1994)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad\\_social\\_de\\_Colombia](http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_social_de_Colombia) (5/7/2012)

López, Antonio,  
<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n112/articulo2.html>

RIVAS. Ricardo, Ergonomía en el diseño y la producción industrial. Editorial Nobuko, 2007.

Más, José. Asensio, Sabina, <http://www.ergonautas.upv.es>

Platt, Elisa. Rodríguez, Ricardo. Pacheco, Jesús. Bustamante, Claudia,  
<http://www.semec.org.mx/archivos/congreso11/ENSE%C3%912.pdf>

# **ANEXOS**

**Anexo A. Entrevista a través de medios electrónicos al coordinador del Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos de la Universidad Nacional de Colombia Mst. D.I Manuel Ricardo Ruiz**

1. Sr Manuel Ruiz, ¿El Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos cuenta con un sistema de Videosomatografía para capturar movimientos biomecánicos en la evaluación de la carga física, puede usted describirlo?

Respuesta:

Si contamos con sistemas de Videosomatografía, parte de los análisis de movimiento los realizamos con dos herramientas

a: Sistema VIDAR nos permite trabajar en la ergonomía participativa en donde a través del video y la participación activa del paciente podemos analizar las tareas desarrolladas durante la actividad.

b. Videos analizados con el uso de la herramienta Kinovea, la que nos permite realizar mediciones de velocidad, ángulos, distancias, tiempos, etc. Lo anterior directamente sobre el video.

Adicionalmente poseemos una cámara de alta velocidad que nos permite el análisis de movimientos repetitivos y de alta velocidad a una velocidad menor (cámara lenta).

2. ¿Cómo es el proceso que ustedes llevan a cabo en la evaluación ergonómica en puestos de trabajo?

Respuesta:

La evaluación de puestos de trabajo está enmarcada dentro de tres capítulos diferentes pero complementarios. La ergonomía organizacional, en donde nos aproximamos al conocimiento de la empresa, sus dinámicas, el sector económico al que pertenece y al cual debe responder a través de las actividades de sus empleados para ésta aproximación disponemos de aplicativos que nos permiten realizar esta caracterización. La ergonomía cognitiva es importante, porque nos permite comprender las operaciones mentales requeridas para la ejecución de las tareas, los ajustes individuales y los niveles de usabilidad de las herramientas físicas y virtuales que lo apoyan. Disponemos en nuestro laboratorio de una cámara Hesel provista del software de análisis Morae y por ultimo las evaluaciones de ergonomía física para lo cual tenemos muchos equipos para medición antropométrica y biomecánica, así como herramientas informáticas de apoyo en los análisis de postura, repetición y cargas. Medio laboratorio está orientado a estos análisis.

**3.** ¿Puede Usted recomendarnos bibliografía o información valiosa para nuestro proyecto?

**4.** Respuesta:

Creo que en los apartes anteriores ya he suministrado cierta información que les ayudarán en su trabajo.

**Anexo B. Entrevista a través de medios electrónicos al Técnico Comercial Luis Ruiz Olmos del Instituto de Biomecánica de Valencia España, especializado en captación y mantenimiento de clientes específicos en los campos de la biomecánica médica y biomecánica laboral**

1. ¿Qué diferencias usted encuentra entre el uso de técnicas como la observación directa y las técnicas instrumentales con apoyo en la tecnología?

2. ¿Qué otro tipo de instrumentos se utilizan en este tipo de valoración?

Respuesta:

La evaluación visual ciertamente siempre tendrá más inexactitud que una evaluación basada en técnicas instrumentales.

A partir de ahí, la exactitud de la medida dependerá en gran parte de la técnica evaluada, ( registro de ángulos, fotogrametría etc.) y sus pros y contras en el estudio, así por ejemplo la fotogrametría plantea serios problemas en el trabajo de campo y en la interpretación de datos, los goniómetro tradicionales, tienen un margen de error y unos inconvenientes al interferir en el trabajo notables, y los goniómetro o inclinómetros electrónicos, quizá logran una solución de compromiso entre todas las variables.