

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PORTÁTIL PARA LA TOMA Y
PROCESAMIENTO EN TIEMPO REAL DEL CAMBIO DE POSICIÓN DE LA
ARTICULACIÓN ULNAR A NIVEL DE EXTENSIÓN O FLEXIÓN Y DESVIACIÓN
ULNAR O CUBITAL.**

JORGE ANDRÉS PÉREZ GAMBOA

DANIEL RAMIREZ MALUENDAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PORTÁTIL PARA LA TOMA Y
PROCESAMIENTO EN TIEMPO REAL DEL CAMBIO DE POSICIÓN DE LA
ARTICULACIÓN ULNAR A NIVEL DE EXTENSIÓN O FLEXIÓN Y DESVIACIÓN
ULNAR O CUBITAL.**

JORGE ANDRÉS PÉREZ GAMBOA

DANIEL RAMIREZ MALUENDAS

Trabajo de grado para optar al título de diseñador industrial

Directora

Ketty Alexandra Rojas Sanabria

Diseñadora Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

*Dedicada a mi Creativo Creador “El Todo Poderoso”
A Mi Mama y al Viejo, al Pececito y mi hermano
y a todos aquellos que de forma directa o indirecta hicieron que todo esto fuera
posible, comenzando con aquellos que en algún momento me negaron su ayuda
hasta aquellos que me tendieron la mano y me brindaron su amistad y apoyo.*

*“Podrán quebrarte las alas, pero solo tú permites que te quebranten el espíritu y
te quinten las ganas de volar...”*

Churcos
Jorge Andrés Pérez Gamboa

*Al de Arriba por la inspiración,
A Gualen y Camilo por sus palabras de aliento y abrazos,
A Will por su amor y cariño,
y a ustedes, que de una u otra manera hicieron que este sueño se volviera
realidad.*

Dani

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a:

La Universidad Industrial de Santander.

La Dirección de Investigación y Extensión de la Facultad Físico-Mecánica.

El Grupo de Investigación en Ergonomía, Producto y Significado gestor de la idea, a su directora María Fernanda Maradei García y a cada uno de sus miembros.

La Directora de nuestro proyecto Ketty Alexandra Rojas Sanabria.

Y especialmente a la Vicerrectoría de Investigación y extensión por la financiación del proyecto 5544 “Aplicación de la investigación centrada en la actividad en el diseño de herramientas manuales”.

CONTENIDO

	PÁG
INTRODUCCIÓN	21
1 Información del grupo	22
1.1 Nombre del grupo	22
1.2 Información general	22
1.3 Misión	22
1.4 Visión	23
1.5 Líneas de investigación	
1.5.1 Desarrollo del software	23
1.5.2 Diseño de equipos y productos	23
1.5.3 Obtención y análisis de datos	24
1.6 Estructura del proyecto Aplicación de la investigación centrada en la actividad en el diseño de herramientas manuales	25
2 Características del proyecto	26
2.1 Resumen ejecutivo	26
2.2 Planteamiento del problema	27
2.2.1 Definición del problema	27
2.2.2 Justificación	28
2.3 Objetivos	28
2.3.1 Objetivo general	28
2.3.2 Objetivos específicos	29
2.4 Contenido y alcance	29
3 Análisis del proyecto	30
3.1 Significación del producto	30
3.2 Ergonomía	30
3.2.1 Ergonomía de producto	31
3.2.2 Anatomía	31

3.2.3	Antropometría	32
3.3	Biomecánica	35
3,3,1	La muñeca	36
3.4	Toma de muestra a nivel de la muñeca	38
3.4.1	Flexión–extensión	38
3.4.2	Radial–cubital	40
3.5	Mercado del producto	42
3.6	Estado del arte	44
3.6.1	Goniómetro	44
3.6.2	Electro goniómetro	46
3.6.3	Potenciómetros	47
3.6.4	Potenciómetros lineales	48
3.6.5	Acelerómetros	49
3.6.6	Flexo-sensor	50
3.6.7	Bluetooth	51
3.6.8	Infrarrojo	52
3.6.9	Señal análoga	53
3.6.10	Señal digital	54
3.6.11	Análisis de lo existente	55
3.6.12	Biometrics ltd	56
3.6.13	Tejidos	57
3.6.14	Colores cálidos	58
3.7	Análisis de las tecnologías	59
4	Definición del proyecto	62
4.1	Categorización de los usuarios	62
4.2	Contexto de uso	63
4.3	Requerimientos	63
4.4	Restricciones	66
5	Concepto de diseño	67

5.1	Proceso creativo	70
5.1.1	Análisis morfológico	70
5.1.2	Actividad inicial	73
5.2	Desarrollo de conceptos bidimensionales	80
5.3	Valoración de bocetos	94
5.3.1	Objetivo de la prueba	94
5.3.2	Objetivos específicos	94
5.3.3	Actividad	95
5.3.4	Protocolo de la prueba	95
5.3.5	Ejecución de la actividad	96
5.3.6	Conclusiones de la actividad	97
5.4	Desarrollo de conceptos tridimensionales	98
5.4.1	Modelos	98
5.5	Validación de maquetas	101
5.5.1	Objetivo de la prueba	102
5.5.2	Objetivos específicos	102
5.5.3	Actividad	102
5.5.4	Protocolo de la prueba	102
5.5.5	Ejecución de la actividad	103
5.5.6	Conclusiones de la actividad	106
5.6	Desarrollo de alternativas	107
5.6.1	Elemento de sujeción al antebrazo	107
5.6.2	Elemento de sujeción a la mano	108
5.7	Validación de alternativa con usuarios	115
5.7.1	Objetivo de la prueba	115
5.7.2	Objetivos específicos	115
5.7.3	Actividad	115
5.7.4	Protocolo de la prueba	116
5.7.5	Ejecución de la actividad	117

5.7.6	Conclusiones de la actividad	120
5.8	Desarrollo software de visualización de datos	121
5.8.1	Maqueta 1	121
5.8.2	Evaluación de la maqueta 1	124
5.8.3	Secuencia de escenarios	124
5.8.4	Objetivo de la prueba	125
5.8.5	Objetivos específicos	125
5.8.6	Actividad	125
5.8.7	Desarrollo de la secuencia de escenarios	125
5.8.8	Maquetas 2	126
5.8.9	Evaluación maqueta 2	129
6	Construcción modelo funcional	132
6.1	Elemento de sujeción a la mano	132
6.2	Elemento de sujeción al antebrazo	136
6.3	Empaque	140
6.4	Elemento de protección del sistema electrónico	141
6.5	Sistema electrónico	143
6.6	Sistema de visualización de datos	149
6.7	Precio	152
7	Participación en eventos académicos	153
8	Conclusiones	155
9	Recomendaciones	157
	Bibliografía	158
	Anexos	161

LISTA DE TABLAS

		PÁG
Tabla 1	Medidas y dimensiones corporales femeninas usadas	34
Tabla 2	Medidas y dimensiones corporales masculinas usadas	35
Tabla 3	Lycras	57
Tabla 4	Telas impermeables	58
Tabla 5	Lycras	132
Tabla 6	Telas impermeables	136

LISTA DE FIGURAS

		PÁG
Figura 1	Estructura del proyecto	25
Figura 2	Estructura del proyecto	32
Figura 3	Medidas antropométricas de la mano	33
Figura 4	Articulación de la muñeca	36
Figura 5	Huesos carpianos	37
Figura 6	Flexión-extensión de la muñeca a partir de la posición 0 ⁰ (Antebrazo en pronación)	40
Figura 7	Desviación radial y cubital de la muñeca a partir de la posición 0 ⁰	41
Figura 8	Mapa de Colombia	42
Figura 9	Logo Movimetrics	44
Figura 10	Goniómetro análogo	45
Figura 11	Goniómetro Digital	46
Figura 12	Electro goniómetro	46
Figura 13	Potenciómetro	47
Figura 14	Potenciómetros lineales	48
Figura 15	Acelerómetros	49
Figura 16	Flexo-sensor	50
Figura 17	Simbología del Bluetooth	51
Figura 18	Luz infrarroja sobre una araña y la palma de la mano	52
Figura 19	Función análoga	53
Figura 20	Función digital	54
Figura 21	Funcionamiento Biometrics	56
Figura 22	Diseño de la Información (Arquitectura de la Información)	67
Figura 23	Diseño de la Información (Arquitectura de la Información)	68
Figura 24	Diseño Visual	69
Figura 25	Espacio Morfológico	71

Figura 26	Espacio Morfológico Reducido	72
Figura 27	Esquema de Prototipos Rápidos	72
Figura 28	Prototipo Rápido 1	74
Figura 29	Prototipo Rápido 2	74
Figura 30	Prototipo Rápido 3	75
Figura 31	Prototipo Rápido 4	76
Figura 32	Prototipo Rápido 5	77
Figura 33	Prototipo Rápido 6	78
Figura 34	Prototipo Rápido 7	79
Figura 35	Esquema del Proceso Creativo	80
Figura 36	Bocetos	81
Figura 37	Propuesta Bidimensional 1 (Concepto Barco)	82
Figura 38	Propuesta Bidimensional 2 (Concepto Calamar)	83
Figura 39	Propuesta Bidimensional 3 (Concepto Ninja)	84
Figura 40	Propuesta Bidimensional 4 (Concepto TV Vieja)	85
Figura 41	Propuesta Bidimensional 5 (Concepto Cráneo)	86
Figura 42	Propuesta Bidimensional 6 (Concepto Tenedor)	87
Figura 43	Propuesta Bidimensional 7 (Concepto Iron Man)	88
Figura 44	Propuesta Bidimensional 8 (Concepto Nave Espacial)	89
Figura 45	Propuesta Bidimensional 9 (Avión Concorde)	90
Figura 46	Propuesta Bidimensional 10 (Concepto Araña)	91
Figura 47	Propuesta Bidimensional 11 (Concepto Guitarra Eléctrica)	92
Figura 48	Propuesta Bidimensional 12 (Concepto Bicicleta)	93
Figura 49	Formato de la Prueba	95
Figura 50	Actividad Valoración de Bocetos	96
Figura 51	Modelo 1 (A. Lateral Der, B. Frontal, C. Lateral Izq.)	98
Figura 52	Modelo 2 (A. Lateral Der, B. Frontal, C. Lateral Izq.)	99
Figura 53	Modelo 3 (A. Posterior, B. Superior, C. Lateral Izq.)	99

Figura 54	Modelo 4 (A. Posterior, B. Superior, C. Lateral Izq.)	100
Figura 55	Modelo 5 (A. Superior, B. Lateral Izq., C. Posterior.)	100
Figura 56	Modelo 6 (A. Lateral Izq., B. Superior, C. Posterior.)	101
Figura 57	Desarrollo Prueba Validación de Maquetas	104
Figura 58	Desarrollo Prueba Validación de Maquetas (Control Deportista)	105
Figura 59	Modelo 1 Elemento de sujeción al antebrazo	107
Figura 60	Modelo 2 Elemento de sujeción al antebrazo	108
Figura 61	Propuesta Bidimensional Alternativa 1	109
Figura 62	Modelo Alternativa 1	109
Figura 63	Propuesta Bidimensional Alternativa 2	111
Figura 64	Modelo Alternativa 2	112
Figura 65	Propuesta Bidimensional Alternativa 3	113
Figura 66	Modelo Alternativa 3	114
Figura 67	Desarrollo de la Prueba Selección Alternativa Final	118
Figura 68	Desarrollo de la Prueba Selección Alternativa Final (Control Fisioterapeuta)	119
Figura 69	Maqueta 1 Del Software	121
Figura 70	Barra de herramientas Principal Maqueta 1 Del Software	122
Figura 71	Formulario de Investigación y Desviaciones Máximas de la Maqueta 1 Del Software	123
Figura 72	Visualización de Datos Maqueta 1 del Software	123
Figura 73	Barra de Controles Maqueta 1 del Software	124
Figura 74	Prototipo baja fidelidad del Software	126
Figura 75	Maqueta 2 del Software	126
Figura 76	Barra de herramientas Principal Maqueta 2 del Software	127
Figura 77	Espacio de configuración y calibración del Software Maqueta 2	128
Figura 78	Espacio de Visualización de los datos del Software	129

	Maqueta 2	
Figura 79	Evaluación de la Maqueta 2 del Software	130
Figura 80	Propuesta Final del Software MoMu	131
Figura 81	Piezas elemento de sujeción a la mano	133
Figura 82	Silueta para corte laser	134
Figura 83	Piezas cortadas	134
Figura 84	Embonado, armado y costura del elemento de sujeción a la mano	135
Figura 85	Elemento de sujeción finalizado	135
Figura 86	Silueta para corte laser	137
Figura 87	Embonado, armado y costura de la pieza 1	137
Figura 88	Pieza 1 finalizada	138
Figura 89	Silueta de la pieza 2 para corte laser	139
Figura 90	Embonado, armado y costura de la pieza 2	139
Figura 91	Pieza 2 finalizada	140
Figura 92	Empaque	141
Figura 93	Render del elemento de protección	142
Figura 94	Termo conformado del elemento de protección	142
Figura 95	Configuración de la señal	145
Figura 96	Render y visualización del circuito electrónico	145
Figura 97	Sistema electrónico finalizado	145
Figura 98	Calibración de ángulos	147
Figura 99	Diagramación técnica del sistema electrónico	148
Figura 100	Diagramación de ubicación en la interfaz	149
Figura 101	División de la interfaz en la zona media	150
Figura 102	Configuración de botones	151
Figura 103	Propuesta final de la interfaz	152
Figura 104	Elemento MoMu sobre la mano	152

LISTA DE ANEXOS

	PÁG
Anexo 1 Formato valoración de bocetos	160
Anexo 2 Formato Valoración de Maquetas	165
Anexo 3 Formato Selección de Alternativa Final	168
Anexo 4 Código de programación d electrónica	172
Anexo 5 Carta aprobación primer filtro	174
Anexo 6 Cartas de certificación de presentación de posters	175
Anexo 7 Print screen de clasificación a instancias semifinales y perfil Movimetrics	177
Anexo 8 Cartas de aprobación de ponencias	179
Anexo 9 Diagrama de uso	183

RESUMEN

Título*: Diseño y construcción de un sistema portátil para la toma y procesamiento en tiempo real del cambio de posición de la articulación ulnar a nivel de extensión o flexión y desviación ulnar o cubital.

Autores: Jorge Andrés Pérez Gamboa, Daniel Ramírez Maluendas**

Palabras Claves: Muñeca, inalámbrico, software, desviación.

El proyecto MoMu consiste en el desarrollo de un sistema de medición que toma y almacena datos de la desviación angular de la articulación a nivel de la muñeca. Este sistema puede ser usado en proyectos de investigación en áreas tales como: salud ocupacional, ergonomía, deporte de alto rendimiento, y en el desarrollo de herramientas de tipo manual.

Teniendo en cuenta que en la realización de actividades profesionales los trabajadores se ven obligados a adoptar posturas penosas de forma frecuente según la labor que este realiza, las cuales son factores de riesgo asociados al desarrollo de enfermedades de tipo profesional.

El sistema MoMu busca medir los ángulos que se generan cuando se producen desviaciones a nivel de la articulación de la muñeca en sus dos grados de libertad, al realizar las distintas actividades que ejerce un operario dentro de su labor; para facilitar la obtención de estos datos, el sistema de medición posee la capacidad de obtenerlos en tiempo real mediante un sistema inalámbrico, es decir, MoMu permite al investigador desarrollar toma de datos en condiciones reales de trabajo fuera o dentro del laboratorio.

Una vez se instale MoMu en el operario, e iniciada la labor, el sistema comienza el proceso de recolección de datos, los cuales son visualizados a través de un software de forma gráfica. El software forma parte del sistema de medición y almacena los datos en un formato .txt.

* Proyecto de grado

**Facultad de ciencias Físico – Mecánicas. Escuela de diseño industrial.
Directora: D.I. Ketty Alexandra Rojas Sanabria.

ABSTRACT

Title ^{*}: Diseño y construcción de un sistema portátil para la toma y procesamiento en tiempo real del cambio de posición de la articulación ulnar a nivel de extensión o flexión y desviación ulnar o cubital.

Authors: Jorge Andrés Pérez Gamboa, Daniel Ramirez Maluendas^{**}

Key words: Wrist, wireless, software, deviation.

The MoMu project consists in the development of a tool that measures the degree of motion of the wrist joint and then stores the gathered information for future study. Specifically, MoMu is for use in research areas such as: occupational health, ergonomics, high-performance sport and hand tool development in data collection.

Taking into account that carpal tunnel syndrome is one of the most common work-related injuries in floriculture, it is necessary to research its causes to prevent injury and rehabilitate the worker if injury has occurred. It is the goal of our project to develop a portable tool that gathers the necessary data for said studies with our targeted commercial niche being emergent research groups.

Our tool looks to identify the critical movements of the wrist joint that generate work-related injuries and that are undertaken by the worker as he/she performs his/her normal duties. To facilitate data collection, our tool processes in real-time. That is to say that MoMu permits the wearer his/her normal range of motion to complete work functions without gadgets that impede the range of motion of the wrist or interruptions due to data retrieval. Furthermore, MoMu neither alters the action of the wearer, nor the results of the research.

As soon as the MoMu wearer begins to work, MoMu begins the data-collection process which it records in the form of tables and graphs. Even taking into account the diversity of work activities encountered, the tool still permits accurate data collection in controlled yet real environments.

^{*} Proyecto de grado

^{**} Facultad de ciencias Físico – Mecánicas. Escuela de diseño industrial.
Directora: D.I. Ketty Alexandra Rojas Sanabria.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el síndrome del túnel carpiano es una de las mayores enfermedades de riesgo profesional se hace necesario desarrollar estudios para su corrección y rehabilitación, es ahí donde tiene cabida nuestro proyecto ya que está enfocado en el desarrollo de una herramienta portátil que faciliten la obtención de datos necesarios para dichos estudios, siendo nuestro nicho comercial aquellos grupos emergentes de investigación.

El proyecto MoMu consiste en el desarrollo de una herramienta que mide la desviación de la articulación a nivel de la muñeca y el almacenamiento de esta información, asimismo puede ser usada en proyectos de investigación en áreas tales como: salud ocupacional, ergonomía, y en el desarrollo de herramientas de tipo manual.

Teniendo en cuenta que en la realización de actividades en el sector floricultor los trabajadores se ven obligados a adoptar posturas penosas de forma frecuente según la labor que este realiza. Esto conlleva al desarrollo de enfermedades de tipo profesional tales como el síndrome del túnel carpiano, siendo esta la enfermedad en estudio.

Nuestra herramienta busca medir los momentos críticos que se generan cuando se produce una desviación a nivel de la articulación de la muñeca, en la realización de las distintas actividades que ejerce un operario dentro de su labor, para facilitar la obtención de estos datos, nuestra herramienta posee la capacidad de obtenerlos en tiempo real, es decir, Joda-Hand permite al operario el pleno desarrollo de su actividad laboral, sin interrupciones y/o elementos que obstruyan su labor, ya que ello conllevaría a un sesgo dentro de la investigación.

1. INFORMACIÓN DEL GRUPO

1.1 NOMBRE DEL GRUPO

Grupo de Investigación Ergonomía, Producto y Significado (GEPS)

1.2 INFORMACIÓN GENERAL

El laboratorio de Ergonomía de la escuela de Diseño Industrial de Santander fue el primer paso para la creación del Centro de Investigaciones de Ergonomía (CIE), el laboratorio permitía desarrollar diferentes proyectos relacionados con la rama de la ergonomía. En Agosto de 2005 nace el CIE como resultado de una preocupación por la investigación en el ámbito del hombre y su relación con el entorno a nivel regional y nacional pero con una proyección internacional.

Actualmente el Grupo de Investigación Ergonomía, Producto y Significado (GEPS) ejecuta constantemente proyectos de grado con estudiantes, desarrollando soluciones dentro de este contexto y buscando mejorar la calidad de vida del hombre.

1.3 MISIÓN

El GEPS tiene como misión fomentar e incrementar el conocimiento científico en el área de la ergonomía como soporte para la región, a través de programas y proyectos en esta área que permitan impulsar el desarrollo regional y nacional. De la misma forma el GEPS busca promover y coordinar la participación de la escuela de Diseño Industrial de la UIS en la solución de problemas a la comunidad, relativos con el área de la Ergonomía.

1.4 VISIÓN

El GEPS tiene como visión posicionarse a mediano plazo en la investigación ergonómica orientadas a las necesidades sociales de la región.

1.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1 DESARROLLO DE SOFTWARE

Objetivo de la línea: Fortalecer el laboratorio de ergonomía con la ayuda de productos informáticos que permitan el análisis y diagnóstico de situaciones ergonómicas. Permitir el estudio de la interfaz persona-producto-ambiente para obtener nuevo conocimiento con base en la usabilidad.

Logros de la Línea: Desarrollo de un sistema para el procesamiento de datos y la obtención de tablas antropométricas.

Efectos de la Línea: Conseguir una aproximación real de las situaciones de problemas ergonómicos comunes en nuestra sociedad. Conocimiento de las características dimensionales, psicológicas y sociales nuestra población.

1.5.2 DISEÑO DE EQUIPOS Y PRODUCTOS

Objetivo de la Línea: Fortalecer la estructura física del laboratorio de ergonomía. Aplicar los conceptos ergonómicos a problemas específicos de situaciones reales.

Logros de la Línea: Desarrollo de equipos para la antropometría y capacidad física de trabajo. Desarrollo de dispositivos para recuperación y rehabilitación de miembros superiores e inferiores en personas con discapacidad. Análisis de factores ergonómicos y las condiciones de trabajo.

Efectos de la Línea: Mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las personas. Mejoramiento de las condiciones laborales suplir la necesidad de equipos y herramientas en el laboratorio de ergonomía.

1.5.3 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Objetivo de la Línea: Crear material de soporte para las actividades de desarrollo de productos, puestos de trabajo, análisis de situaciones laborales y en general en actividades de diseño industrial.

Logros de la Línea: Recopilación, tratamiento y obtención de parámetros antropométricos en la población infantil estudiantil de Bucaramanga. Realización de análisis de actividades laborales desde la metodología ergonómica para la aplicación de planes de intervención específicos y viables a cada problemática.

Efectos de la Línea: Establecer parámetros de nuestra población para la aplicación del diseño de puestos de trabajo y productos.

1.6 ESTRUCTURA DEL PROYECTO APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CENTRADA EN LA ACTIVIDAD EN EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS MANUALES

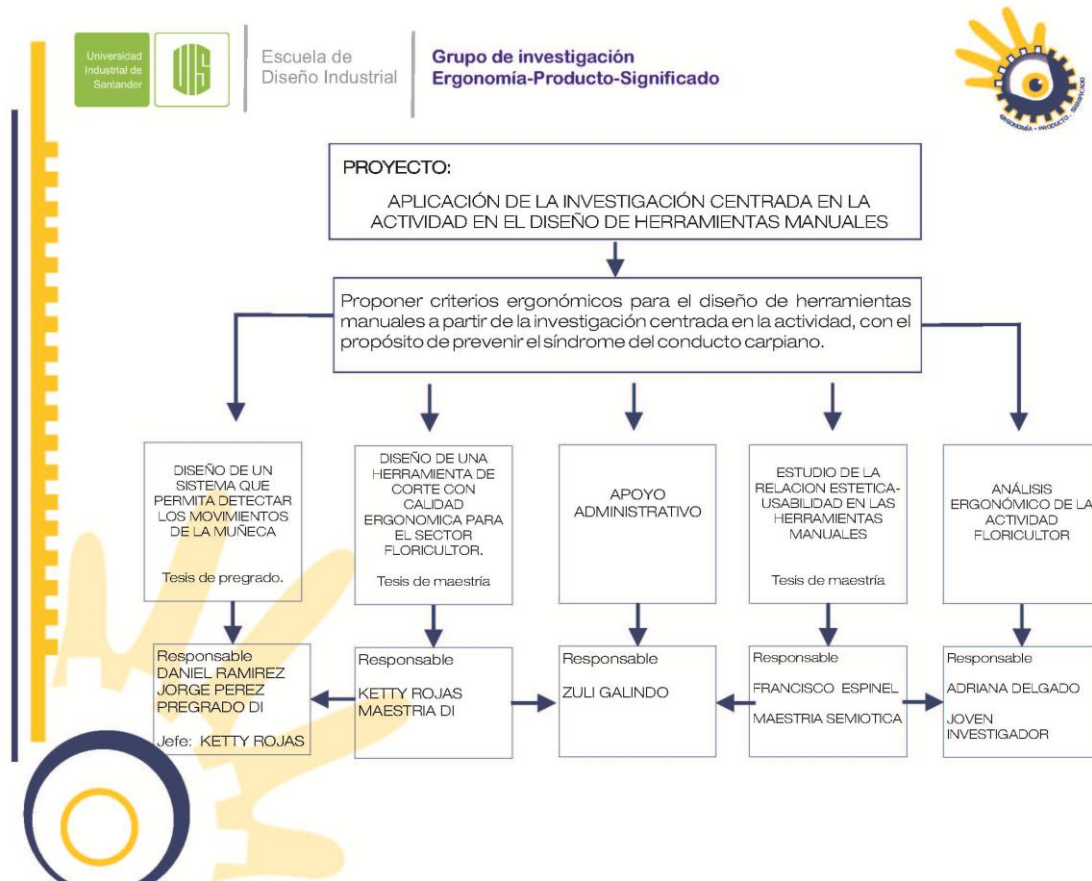


Figura 1. Estructura del proyecto.

Fuente: Grupo de Investigación en Ergonomía, Producto y Significado

2. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

2.1 RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo funcional de un sistema portátil e inalámbrico de dimensión graduable que se emplee para medir y almacenar la información referente a la variación angular en tiempo real de la articulación de la muñeca en sus dos grados de libertad.

Metodológicamente el proyecto partió del diseño de la interacción, diseño de la información (arquitectura de la información) y diseño visual. De forma paralela también se desarrolló el modelo técnico del sistema de medición; a partir de estos elementos se desarrollaron los requerimientos y restricciones respectivas. Posteriormente, se dio inicio al proceso creativo para terminar en la selección del concepto de diseño a construir como modelo funcional.

A partir de la implementación de esta metodología se obtuvieron avances significativos en etapas tempranas, tales como la obtención del funcionamiento del software mediante la aplicación de una secuencia de escenarios y como resultado final se logró el desarrollo de un modelo funcional del dispositivo y del software.

El modelo funcional se obtuvo a partir de un proceso de selección donde intervinieron los diferentes usuarios que pueden llegar a interactuar con el sistema de medición.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El análisis estadístico de enfermedades profesionales en Colombia muestra que el 82% de las patologías se presentan en el sistema musculoesquelético de miembros superiores, siendo el Síndrome del Conducto Carpiano la enfermedad más común registrando 32% del total de las enfermedades profesionales³; el riesgo de esta patología está relacionado con tareas de esfuerzos manuales intensos y movimientos repetitivos del miembro superior. Los estudios sugieren que un gran número de casos donde se presenta esta patología son atribuidos al uso de herramientas manuales mal diseñadas en ambientes de trabajo⁴.

Los costos ocasionados por el SCC son variados, van desde la atención sanitaria hasta la intervención quirúrgica y la rehabilitación, en Colombia tuvo un costo total de 38.549.402 millones de pesos en el año 2004⁵. La preocupación mundial ha llevado a científicos a estudiar los factores que ocasionan los riesgos, las desviaciones tanto de la muñeca como de la fuerza aplicada al realizar el trabajo son algunos de ellos: Actualmente en Colombia se presenta una carencia de equipos que permitan la toma de estas medidas para su posterior estudio.

De esta forma, para el estudio de los factores de riesgo en miembros superiores, es necesario desarrollar equipos de medición con tecnología local.

2.2.2 JUSTIFICACIÓN

Existe actualmente en el mercado diversas alternativas para la medición de ángulos; estas alternativas varían desde el goniómetro manual, el cual permite tomar datos estáticos, hasta electrogoniómetros los cuales permiten tomar datos

³ Informe de enfermedad profesional en Colombia 2003-2005

⁴ Silverstein B, Fine LJ, Armstrong TJ. Occupational factors and Carpal Tunnel Syndrome. Am J Ind Med, 1987;11:343-58.

⁵ Informe de enfermedad profesional en Colombia 2003-2005

en pruebas dinámicas. A nivel del área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga no existen equipos nacionales que se especialicen en la toma de datos a nivel de la muñeca en sus dos grados de libertad y por tanto es necesario importarlos elevando su costo de adquisición.

Siendo la desviación angular de la muñeca un factor de riesgo que desarrolla patologías en miembros superiores, se hace necesario el uso de quipos que permitan desarrollar pruebas dinámicas y estáticas, pretendiendo realizar muestreos en ambientes reales de la actividad en estudio para crear bases de datos veraces.

La veracidad de un estudio está dada por la validez de la información de la que se parte y para obtenerla se necesita de equipos que eviten sesgos en el momento de la obtención, por lo cual para crear un equipo de medición especializado de toma de datos de miembros superiores en Bucaramanga, este debe poseer características como realizarlo en tiempo real y transmitirlos vía inalámbrica.

En busca de impulsar desarrollo tecnológico a nivel del área metropolitana de Bucaramanga se pretende diseñar un equipo de medición de ángulos a nivel de la muñeca a partir del uso de materias primas y recursos tecnológicos locales.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño y construcción del modelo funcional de un sistema de medición portátil-inalámbrica de dimensión variable para medir la variación angular en tiempo real de la articulación de la muñeca para la toma de información en trabajo de campo.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las distintas alternativas del mercado de equipos de medición angular actual y determinar la viabilidad del proyecto.

- Determinar el contexto de uso y los diferentes tipos de usuarios que interactúan con la herramienta y su perfil.
- Desarrollar un modelo técnico para comprender la estructura ingenieril del producto y del software.
- Desarrollar el diseño de la información con base en las necesidades de los diferentes tipos de usuarios.
- Desarrollar el diseño de la interacción para prevenir las posibles acciones de los usuarios.
- Desarrollar el concepto de diseño.
- Desarrollar y construir un modelo funcional del sistema de medición (software y hardware).
- Evaluar el modelo funcional del sistema desarrollado.

2.4 CONTENIDO Y ALCANCE

Se pretende diseñar un sistema de medición que facilite el estudio de la desviación angular de la muñeca. MoMu será empleado durante la ejecución de un proyecto de investigación que pretende estudiar los aspectos ergonómicos de las herramientas de corte en el sector floricultor.

El modelo Funcional debe reunir los siguientes factores:

- sistema que permita la adquisición de datos de la variación angular de la muñeca “dispositivo MoMu”.
- Modulo que permite el almacenamiento de datos y su correcta visualización para el posterior análisis “software MoMu”.

3. ANALISIS DEL PROYECTO

3.1 SIGNIFICACIÓN DEL PRODUCTO

En el relato de Homero, La Odisea, se menciona el uso de elementos que cubrían las manos⁶. Generalmente los elementos de protección en las manos son usados para generar satisfacción, protección al frío o al calor, el maltrato por fricción, abrasión o químicos, enfermedades o proteger las manos de elementos que no deber ser tocados.

El elemento de sujeción a la mano del sistema de medición diseñado procura generar satisfacción (no incomodar) en el individuo durante su uso, además de proteger los sensores electrónicos si sufren algún daño. Adicionalmente, el elemento de sujeción a la mano permite la movilidad natural de las desviaciones a nivel de la muñeca debido a que se sujeta de manera adecuada a la mano sin cohibir las articulaciones.

3.2 ERGONOMÍA

La ergonomía es la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, así como la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema⁷. MoMu tiene cabida como un elemento que toma datos para evaluar actividades laborales en lo relacionado a la medición de la variación angular de la muñeca a nivel de extensión y flexión y/o ulnar y radial.

Entre otros aspectos que la ergonomía involucra en su estudio está:

- Las características del ser humano, sus articulaciones y movimientos.

⁶ Encyclopædia Britannica Eleventh Edition

⁷ http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html 17 de noviembre de 2010, 5.58 am.
Hora local colombiana

- La interacción entre el ser humano, la herramienta y el espacio donde se desarrolla la actividad.
- La priorización de las características y facultades del usuario sobre las propiedades del producto u objeto a diseñar, esto permite obtener soluciones en las que los productos se adaptan a las personas y no al revés. Dentro de las facultades de los usuarios se encuentran sus pre-saberes culturales de los cuales la ergonomía toma para el desarrollo de productos.

3.2.1 ERGONOMÍA DE PRODUCTO

Aquí el usuario toma mayor importancia dentro del desarrollo del producto. A partir de acercamientos al usuario se establece su caracterización según su interacción con el sistema de medición MoMu.

MoMu está diseñado a partir de usuarios arquetipos los cuales son dotados de una caracterización. Uno de los factores más importantes que se toma es el confort que la herramienta brinda al usuario mientras interactúa con ella. Para medir la aceptación por parte de los usuarios se desarrollarán entrevistas y pruebas las cuales se expondrán en capítulos siguientes.

3.2.2 ANATOMÍA

Todas las descripciones en anatomía humana se hacen con relación a la llamada posición anatómica, posición convencional en el que el cuerpo esta erecto con la cabeza, los ojos y los dedos de los pies dirigidos hacia adelante. En la (Figura 2) se pueden observar los planos en el cuerpo.

La anatomía humana es la ciencia de carácter práctico y morfológico principalmente dedicada al estudio de las estructuras macroscópicas del cuerpo humano⁸.

⁸ Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell. Gray anatomy para estudiantes. Elsevier Churchill Livingstone. Madrid, España, 2007. ISBN: 978-84-8174-832-1

Partiendo de la postura anatómica se procede al etiquetado y agrupamiento de los diferentes elementos presentes en el software para identificar la desviación angular radial o cubital sobre el plano transversal y/o flexión o extensión en el plano sagital.

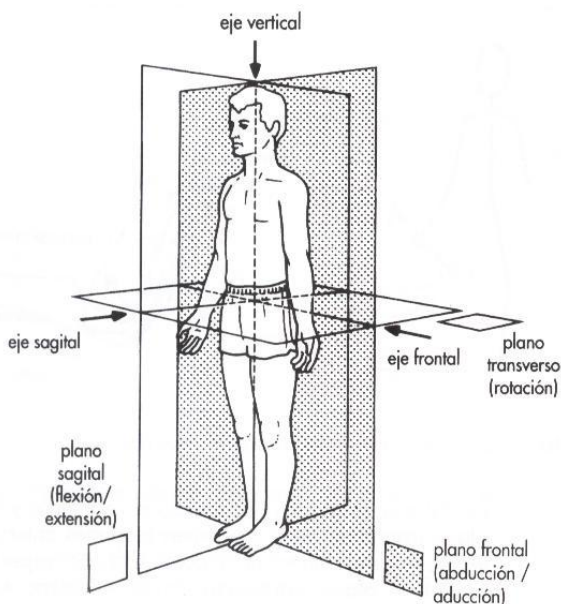


Figura 2. Planos anatómicos del cuerpo humano.

Fuente: <http://diabodymindpilates.blogspot.com/2010/09/normal-0-21-false-false-false-es-mx-x.html>

3.2.3 ANTROPOMETRÍA

Es considerada una disciplina perteneciente a la ergonomía, que se encarga de registrar las medidas del cuerpo humano tomando como referencia ciertos puntos anatómicos con la finalidad de optimizar la relación de las personas con el entorno, ya sea por medio de puestos de trabajo, desarrollo de productos confortables que se adaptan a la persona que hace uso de ellos⁹.

⁹ M. Fernanda Maradeí G. Francisco M. Espinel C. Astrid A. Peña L. Datos antropométricos para diseño, región Nororiental Colombiana. 2008

Para el desarrollo del sistema MoMu se tendrá en cuenta las dimensiones de los miembros superiores, concentrando a las que hacen referencia al antebrazo y la mano.

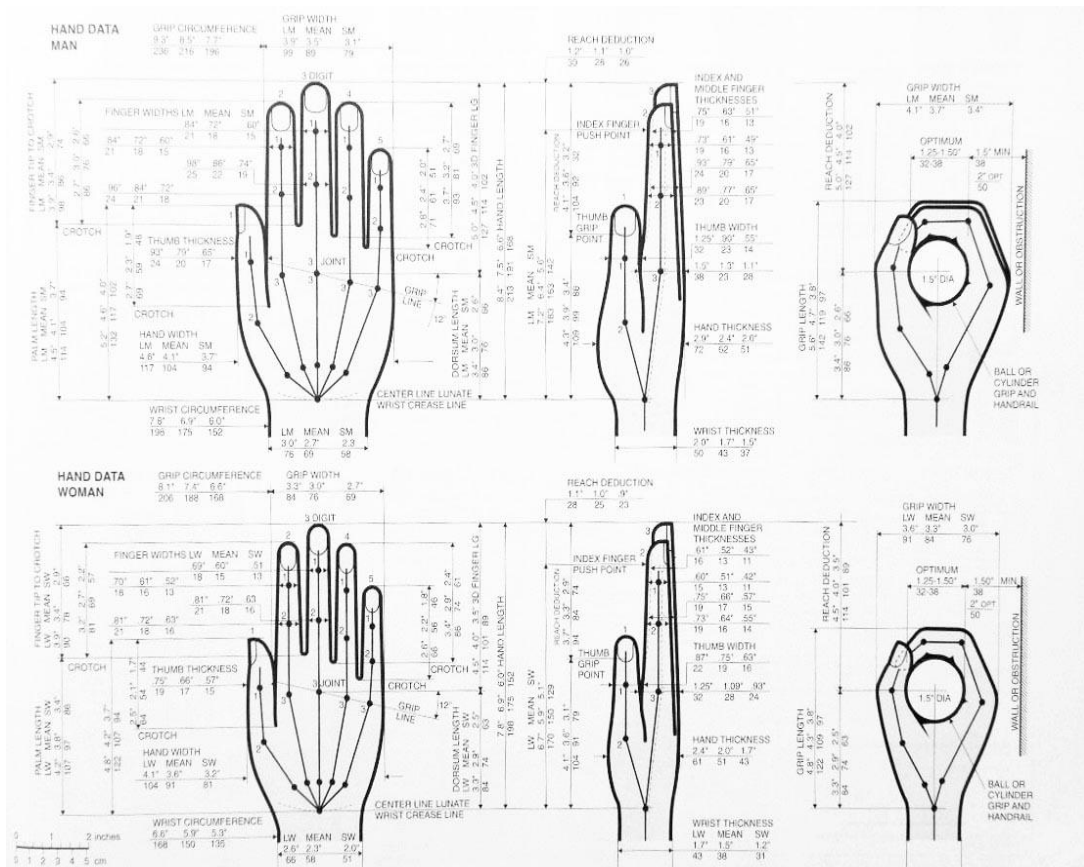


Figura 3. Medidas antropométricas de la mano

Fuente: ALVIN R. TILLEY. *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. Henry Dreyfuss Associates. New York City, NY, USA. 2002. ISBN: 0-471-09955-4

Para cubrir mayor población se decide construir un sistema de medición que conste de un elemento de sujeción con tres tallas unisex a nivel de la mano, las medidas antropométricas usadas para las tallas se establecen de tal forma que el percentil 95 para hombres correspondería a la talla grande (L) para el dispositivo de sujeción MoMu, el percentil 95 para mujeres equivaldría a la talla mediana (M)

y finalmente el percentil 5 para hombres se asemejaría a la talla pequeña (S)¹⁰. De esta forma se garantiza que la mayoría de la población podrá utilizar alguna de las tres tallas.

Las medidas mencionadas se encuentra dentro de libro *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design* de ALVIN R. TILLEY, para el elemento de sujeción al antebrazo se desarrollan dos únicas tallas las cuales poseen dimensiones variables, para este caso específico se toma el percentil 95 de hombres que equivale a la talla grande (L) para ser usado por participantes de experimento endomórfico y el percentil 50 de mujeres que equivale a la talla pequeña (S) para ser usado por participantes de experimento ectomórfico¹¹. Debido a la constitución morfológica del antebrazo y al tipo de somatotipo se proponen estas tallas con el fin de desarrollar un sistema eficiente.

Las dimensiones corporales a usar en el desarrollo de MoMu son:

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
Ancho dedo medio	1.3 cm	1.5 cm	1.8 cm
Espesor palma de la mano	6.9 cm	7.6 cm	8.4 cm
Longitud palma de la mano	15.2 cm	17.5 cm	19.8 cm
Ancho de la mano	8.1 cm	9.1 cm	10.4 cm
Perímetro de la muñeca	13.5 cm	15.0 cm	16.8 cm
Espesor de la muñeca	5.1 cm	5.8 cm	6.8 cm

Tabla 1. Medidas y dimensiones corporales femeninas usadas

Fuente: ALVIN R. TILLEY. *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. Henry Dreyfuss Associates. New York City, NY, USA. 2002. ISBN: 0-471-09955-4

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
--	--------------------	---------------------	---------------------

¹⁰ JONES, GWEN EMLYN. *GLOVE MAKING, the art & the craft*. Lacis Publications. Berkeley, CA, USA. 2003. ISBN: 1-891656-54-6.

¹¹ JONES, GWEN EMLYN. *Make your own gloves*. Scribner. USA. 1974. ISBN: 0684141051.

Ancho dedo medio	1.5 cm	1.8 cm	2.1 cm
Espesor palma de la mano	7.9 cm	8.9 cm	9.9 cm
Longitud palma de la mano	16.8 cm	19.1 cm	21.3 cm
Ancho de la mano	9.4 cm	10.4 cm	11.7 cm
Perímetro de la muñeca	15.2 cm	17.5 cm	19.8 cm
Espesor de la muñeca	5.8 cm	6.9 cm	7.6 cm

Tabla 2. Medidas y dimensiones corporales masculinas usadas

Fuente: ALVIN R. TILLEY. The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design. Henry Dreyfuss Associates. New York City, NY, USA. 2002. ISBN: 0-471-09955-4

3.3 BIOMECÁNICA

La Biomecánica es el cuerpo de conocimientos que, usando las leyes de la física y de la ingeniería, describe los movimientos efectuados por los distintos segmentos corporales y las fuerzas actuantes sobre estas mismas partes, durante las actividades normales de la vida diaria. El desarrollo proyectual de la propuesta influye en el ámbito de la salud ocupacional y en el deportivo.

La salud ocupacional: estudia la relación mecánica que el cuerpo humano sostiene con los elementos que interactúa en distintos ambientes; laboral (rehabilitación), investigación (diseño y/o rediseño herramientas manuales y puestos de trabajo, análisis y evaluación de movimientos), con el fin de adaptar las necesidades y capacidades humanas logrando una mejor calidad de vida.

El deportivo: estudia la práctica deportiva para lograr el rendimiento, así como el desarrollo de técnicas de entrenamiento capaces de imitar a otros organismos que en la naturaleza son superiores al hombre, además del desarrollo de nuevos equipos que estimulen la práctica deportiva. MoMu permite evaluar el funcionamiento de las máquinas de los gimnasios y el rendimiento deportivo.

3.3.1 LA MUÑECA

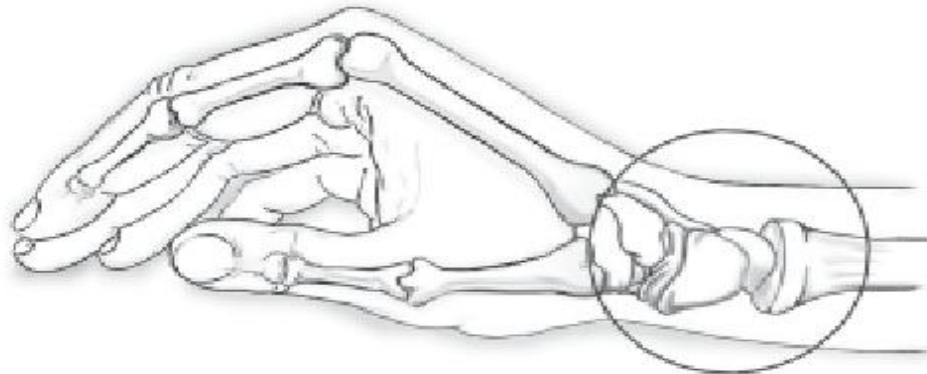


Figura 4. Articulación de la muñeca.

Fuente: CLAUDIO, TABOADELA. GONIOMETRÍA, una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. ASOCIARRT SA ART. Buenos Aires, Argentina. 2007. ISBN 978-987-9274-04-0.

La muñeca es una de las articulaciones mecánicamente más complejas del cuerpo humano, pues a la vez que permite una gran movilidad, es capaz de soportar importantes fuerzas de compresión, cizallamiento y torsión sin desestabilizarse. Movilidad y estabilidad (capacidad de transmitir cargas sin sufrir subluxaciones) son sus características más esenciales.

Tradicionalmente a los huesos carpianos se los ha agrupado en dos hileras transversales. La hilera proximal está formada, de fuera adentro, por el escafoides, el semilunar u el piramidal, y la hilera distal, por el trapecio, el trapecoide, el hueso grande y el ganchoso. Al pisiforme no se le considera un hueso del ahilera proximal dada su función sesamoidal respecto del tendón cubital anterior.

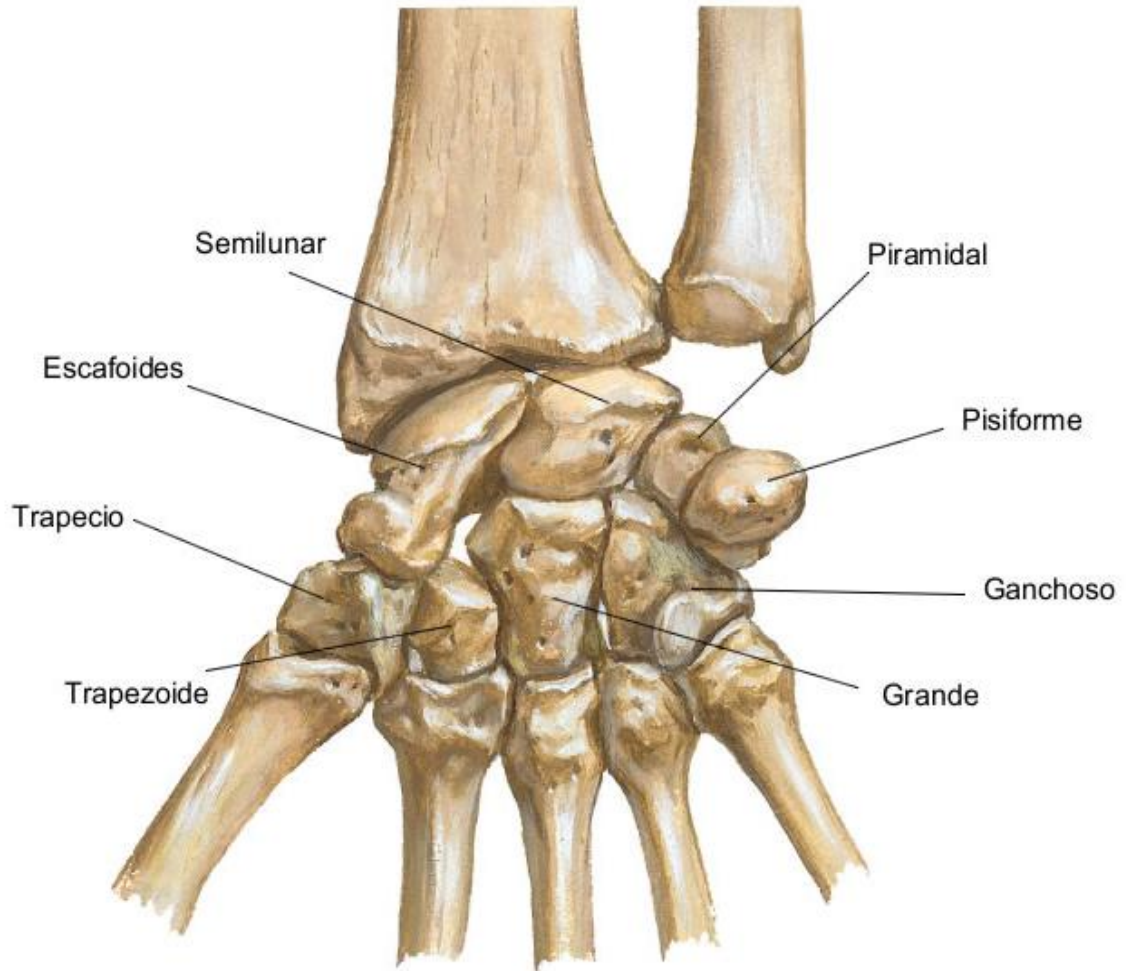


Figura 5. Huesos carpianos.

Fuente: VILADOR VOEGELI, ANTONIO. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Editorial Springer Ibérica. Barcelona, España, 2004. ISBN-13: 9788407001981.

Toda actividad manual en la cual se necesita contraer algún músculo de la mano, generará fuerzas axiales a compresión que se transmitirán a los huesos del antebrazo a través de la muñeca. A medida que esas fuerzas progresan

proximalmente, se incrementan por la acción de los diversos músculos y ligamentos estabilizadores de cada articulación que atraviesan¹².

Ahora, desde un punto de vista biomecánico, una articulación es estable cuando es capaz de soportar cargas fisiológicas sin que se altere la alineación normal de las superficies articulares que la componen. Por tanto, la muñeca es estable cuando consigue mantener su congruencia articular, cualesquiera que sean las fuerzas que la atraviesen como consecuencia de la función normal de la mano. Una muñeca estable es capaz, en un momento determinado, de convertirse en una fuerza de aprensión, o tracción, o cualquiera otra actividad similar. Una muñeca estable no solo puede hacerlo, sino que además es capaz de sostener dichas cargas sea cual sea la posición de la muñeca en el momento de la presión.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado MoMu pretende implementar un sistema de toma de ángulos a nivel de la muñeca para desarrollar estudios en diferentes ámbitos (salud ocupacional, deportivo).

3.4 TOMA DE MUESTRA A NIVEL DE LA MUÑECA

3.4.1 FLEXIÓN-EXTENSIÓN

Trata del movimiento producido alrededor del eje transversal que permite acercar la palma de la mano a la cara anterior del antebrazo o alejarse de ella.

Para la toma de ángulos flexión-extensión se siguen los siguientes pasos:

1. Posición: participante de experimento sentado, antebrazo en pronación apoyado sobre una mesa.
2. Alineación del goniómetro: goniómetro universal en 0°.

¹² VILADOR VOEGELI, ANTONIO. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Editorial Springer Ibérica. Barcelona, España, 2004. ISBN-13: 9788407001981.

3. *Eje*: colocado sobre la proyección del hueso piramidal (borde cubital de la muñeca, ligeramente por delante de la apófisis estiloides cubital).
4. *Brazo fijo*: se alinea con la línea media longitudinal del cúbito.
5. *Brazo móvil*: se alinea con la línea media longitudinal del quinto metacarpiano.
6. *Movimiento*: se practican la flexión y la extensión de la muñeca. El brazo móvil del goniómetro acompaña el movimiento.
7. *Registro*: se registra el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final de flexión y extensión.

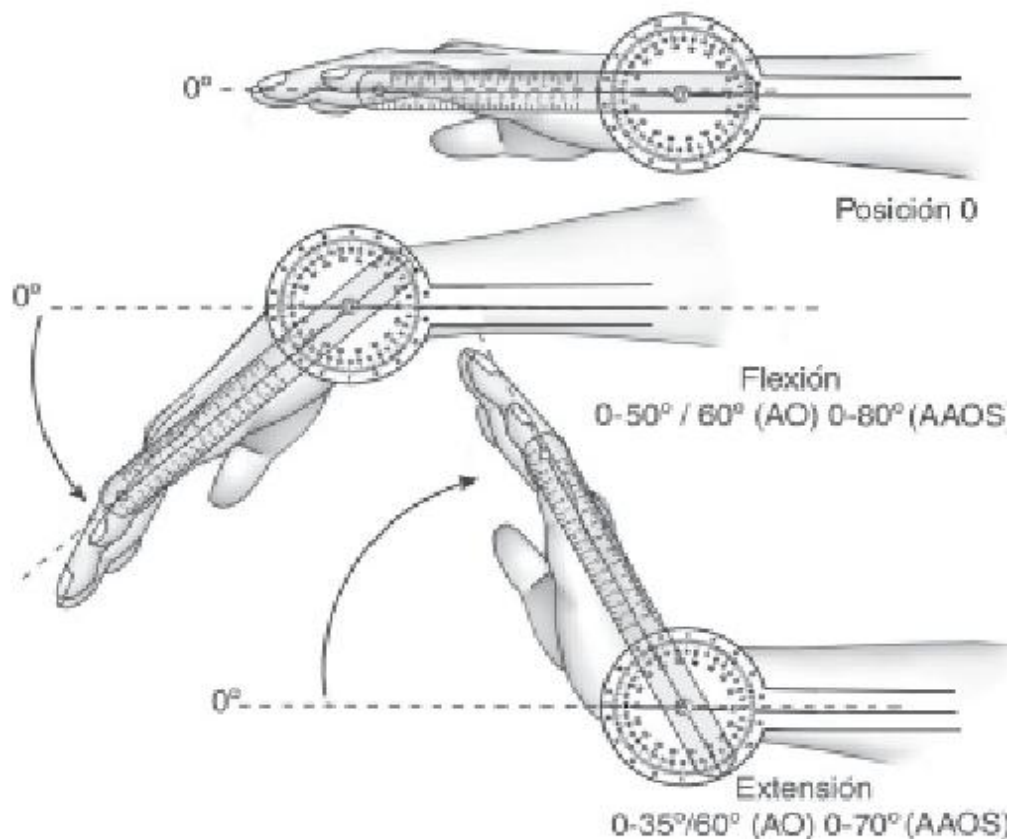


Figura 6. Flexión-extensión de la muñeca a partir de la posición 0 (Antebrazo en pronación).

Fuente: CLAUDIO, TABOADELA. GONIOMETRÍA, una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. ASOCIARRT SA ART. Buenos Aires, Argentina. 2007. ISBN 978-987-9274-04-0.

3.4.2 RADIAL-CUBITAL

Se trata del movimiento que la muñeca realiza en torno a un eje anteroposterior según el cual, la mano, situada anatómicamente, se acerca o aleja respecto al eje del cuerpo.

Para la toma de ángulos radial-cubital siguen los siguientes pasos:

1. *Posición:* participante de experimento sentado, antebrazo en pronación apoyado sobre una mesa.
2. *Alineación del goniómetro:* goniómetro universal en 0°.
3. *Eje:* colocado sobre la proyección superficial del hueso grande (eminencia ósea palpable entre la base del tercer metacarpiano y el radio).
4. *Brazo fijo:* se alinea con la línea media longitudinal del antebrazo tomando como punto óseo el epicóndilo.
5. *Brazo móvil:* se alinea con la línea media de la mano que corresponde a la línea media longitudinal del tercer metacarpiano.
6. *Movimiento:* se procede a realizar la desviación radial y cubital de la muñeca. El brazo móvil del goniómetro acompaña el movimiento.
7. *Registro:* se registra el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final de desviación radial y cubital.

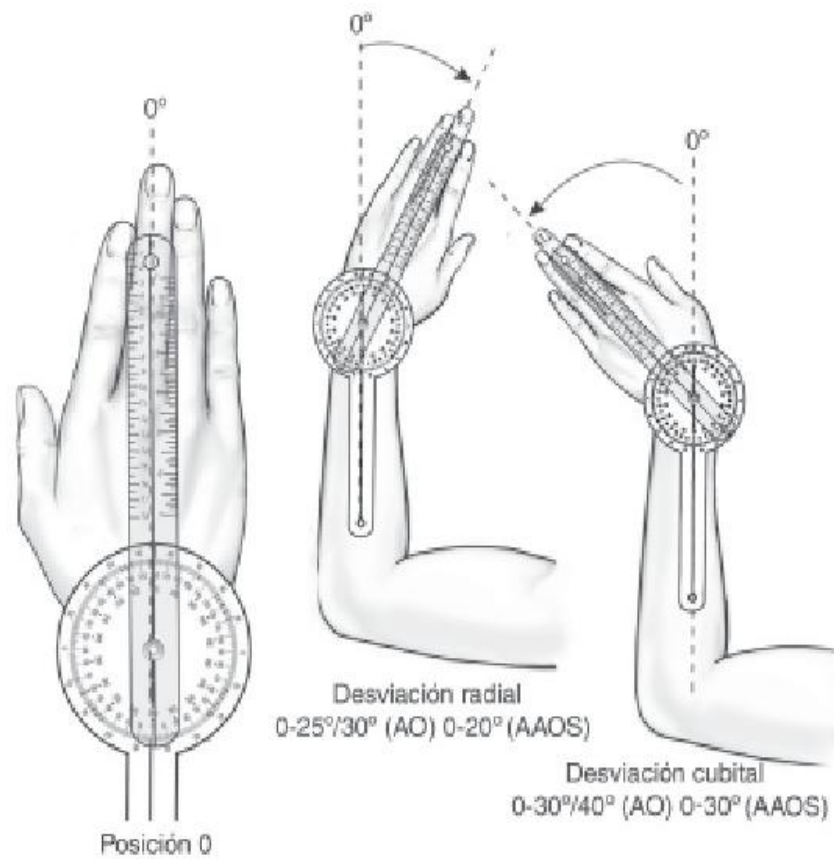


Figura 7. Desviación radial y cubital de la muñeca a partir de la posición 0°

Fuente: CLAUDIO, TABOADELA. GONIOMETRÍA, una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. ASOCIARRT SA ART. Buenos Aires, Argentina. 2007. ISBN 978-987-9274-04-0

3.5 MERCADO DEL PRODUCTO



Figura 8. Mapa de Colombia.

Fuente: Autor.

En Colombia, para el año 2009 el producto interno bruto (PIB) fue alrededor de 462 billones de pesos¹³, de los cuales tan solo el 8.1% es destinado a la salud pública, el 4.1% a la educación y el 0.8% es designado a la innovación y el desarrollo tecnológico, siendo aproximadamente 17 billones de pesos presupuestados netamente para inversión en COLCIENCIAS¹⁴ lo cual equivaldría al 0.004% del PIB Colombiano.

En Colombia existe registradas novecientas noventa y tres empresas públicas de salud, de las cuales novecientas ochenta y ocho tuvieron una inversión estimada de 494 billones de pesos tan solo en el año 2009. Solamente veintiuna de las novecientas noventa y tres empresas públicas de salud poseen el sello de calidad

¹³ <http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/GDP.pdf> 10 enero de 2011. 1:40 am hora local colombiana

¹⁴

<http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/ejecucionPresupuestaVigencia2010.pdf> 10 enero de 2011. 2:00 am hora local colombiana

ICONTEC¹⁵. MoMu podría obtener el sello de calidad ICONTEC para lograr la incursión en el sector de salud pública mediante licitaciones públicas.

A nivel nacional en el ámbito universitario, existen diecisiete universidades con programa en fisioterapia, veintidós grupos de investigación en diseño industrial, veinticinco en fisioterapia y ciento treinta en salud ocupacional, todos los grupos de investigación previamente mencionados están adscritos al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación “COLCIENCIAS”¹⁶. MoMu posee un mercado potencial dentro del ámbito académico e investigativo.

En Colombia existe un mercado representativo en el cual MoMu puede incursionar. Debido a que en la definición del problema (2.2.1) se planteó la problemática sobre los factores de riesgos de enfermedades profesionales en miembros superiores, donde los dos primeros clientes potenciales esta vinculados con la Universidad Industrial de Santander siendo el primero el Grupo de Investigación en Ergonomía, Producto y Significado GEPS el cual está ejecutando el proyecto de investigación titulado *“aplicación de la investigación centrada en la actividad y en el diseño de herramientas manuales”*, se hace necesario la incorporación de un sistema de adquisición y toma de datos en tiempo real en puestos de trabajo. El segundo cliente potencial es la escuela de Fisioterapia la cual permanentemente realiza investigaciones sobre las patologías en miembros superiores que involucran sus desviaciones angulares de las cuales en varias oportunidades han podido ser expuestas en modalidad de ponencia en eventos nacionales e internacionales.

Teniendo en cuenta el mercado potencial existente en Colombia se decide participar dentro del Desafío Intel Colombia 2010 con la idea de negocio y un

¹⁵ <http://www.minproteccionsocial.gov.co/estadisticas/default.aspx> 17 noviembre de 2010. 6:10 pm hora local colombiana

¹⁶ <http://201.234.78.173:8083/ciencia-war/>. 17 noviembre de 2010. 6:20 pm hora local colombiana.

análisis detallado del mercado nacional, alcanzado la instancia semifinal a nivel colombiano¹⁷.



Figura 9. Logo Movimetrics.

Fuente: Autor

3.6 ESTADO DEL ARTE

3.6.1 GONIÓMETRO

(Del griego gonía, ángulo, y metron, medida). Es un instrumento que sirve para medir ángulos, en nuestro caso será utilizado para medir las variaciones de las amplitudes de los movimientos de las articulaciones a nivel de la muñeca. El goniómetro funciona básicamente como una falsa escuadra, donde una de las reglas se posiciona en un punto fijo giratorio y la otra se posiciona en el lugar donde se desee conocer el ángulo y podrá conocerse observando el círculo central¹⁸.

¹⁷ <http://www.desafiointel.com/anuncios/>. 18 diciembre de 2010. 10:34 pm hora local colombiana.

¹⁸ <http://goniometer.net/>. 17 Noviembre de 2010. 4.08 pm hora local colombiana.

El goniómetro mecánico es el elemento más usado para la medición de ángulos de las articulaciones.

La medición de la desviación de la articulación ulnar en puestos de trabajo se dificulta con un goniómetro debido a que el operario se encuentra realizando su labor.

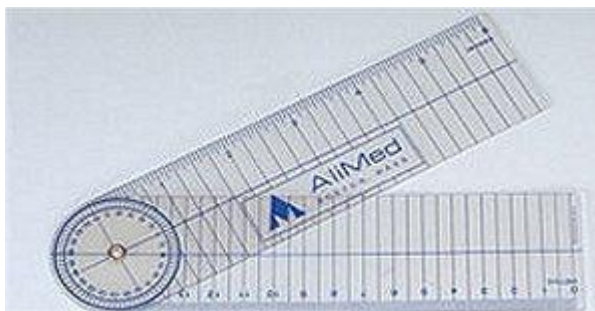


Figura 10. Goniómetro análogo.

Fuente: www.libreriacienciasmedicas.cl/nueva/advanced_search_result

Dentro de los goniómetros existen dos clases, los análogos los cuales son de fácil recordación ya que son el primer medidor de ángulos que podemos palpar con nuestras manos. El otro son los goniómetros digitales los cuales muestran la información de manera digital.

Su precio oscila entre \$13.000 y \$20.000 pesos colombianos. Su mecanismo es basado en una escuadra falsa.



Figura 11. Goniómetro Digital.

Fuente: <http://prohealthcareproducts.com/goniometers-c-21/baseline-digital-absolute-axis-goniometer-pack-of-25-p-526>

3.6.2 ELECTRO GONIÓMETRO

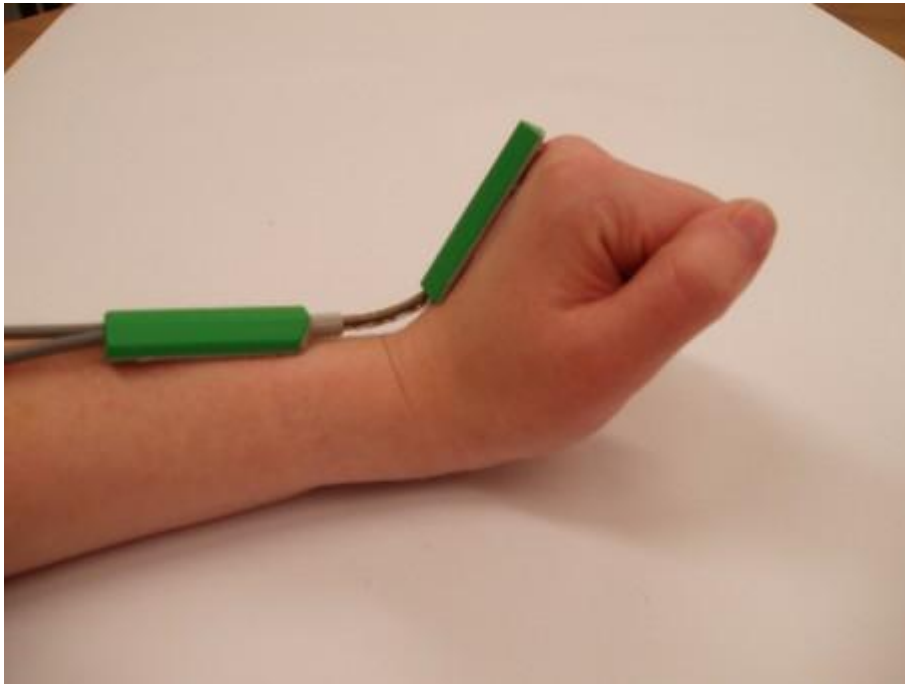


Figura 12. Electro goniómetro.

Fuente: www.biometricsltd.com/research.htm

El electro goniómetro funcionan mediante la aplicación de un potenciómetro el cual detecta la variación de voltaje mediante la aplicación de una línea recta se traduce en grados y puede calcular el ángulo medido, siendo para nuestro caso específico será usado para medir la desviación de la muñeca en sus dos grado de libertad¹⁹.

3.6.3 POTENCIÓMETROS



Figura 13. Potenciómetro.

Fuente: http://www.micros.com.ve/tienda/popup_image.

El potenciómetro original es un tipo de puente de circuito para medir voltajes. La palabra se deriva de “voltaje potencial” y “potencial” era usado para referirse a “fuerza”. El potenciómetro original se divide en cuatro clases: el potenciómetro de

¹⁹ http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=784_LPBB_ELECGNIOMTR. 20 Noviembre de 2010. 3.59 pm hora local colombiana.

resistencia constante, el potenciómetro de corriente constante, el potenciómetro micro volt y el potenciómetro termopar²⁰.

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia puede ser ajustado. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente.

3.6.4 POTENCIÓMETROS LINEALES



Figura 14. Potenciómetros lineales.

Fuente: http://www.automatica.cat/EI_Pot_Lin.htm

La principal característica de este potenciómetro es que su variación de voltaje es lineal, lo cual implica que la resistencia es proporcional al ángulo de giro. En el

²⁰ <http://sound.westhost.com/pots.htm>. 20 Noviembre de 2010. 4.11 pm hora local colombiana.

mercado se pueden encontrar desde diez milímetros hasta mil milímetros de carrera²¹.

3.6.5 ACELERÓMETROS

De los antiguos acelerómetros mecánicos, de tamaño grande y difícil de construir, porque incluían imanes, resortes y bobinas (en algunos modelos), se ha pasado en esta época a dispositivos integrados, con los elementos sensibles creados sobre los propios microcircuitos²².



Figura 15. Acelerómetros.

Fuente: www.dynamoelectronics.com/dynamo-tienda-virtual.html

²¹ <http://www.electronics-manufacturers.com/products/sensors-transducers-detectors/linear-potentiometer/> 20 Noviembre de 2010. 4.14 pm hora local colombiana.

²² <http://www.dimensionengineering.com/accelerometers.htm> 20 Noviembre de 2010. 4.30 pm hora local colombiana.

Un acelerómetro es un dispositivo electromecánico que mide las fuerzas de aceleración. Estas fuerzas pueden ser estáticas, como la constante gravedad que te empuja al centro de la Tierra, o dinámicas, como el movimiento o la vibración del acelerómetro.

Cuando se mide la cantidad de aceleración estática de la gravedad se puede averiguar el ángulo en el que el dispositivo se inclina en relación a la Tierra. Con los sensores de aceleración dinámica es posible analizar la forma en que se mueve el dispositivo en una, dos o tres dimensiones, pues al conocerse su aceleración en todo momento, es posible calcular los desplazamientos que tuvo.

Si bien las primeras y más obvias aplicaciones se enfocaban en cambiar la orientación de la pantalla al girar el teléfono o saltarse una canción agitando el celular, las posibilidades son tan amplias como la imaginación de un desarrollador.

3.6.6 FLEXO-SENSOR



(C) HWWTech, 2008

Figura 16. Flexo-sensor.

Fuente: <http://www.hvwtech.com/products.asp>

Consta de tiras de plástico flexible recubiertas con tinta semiconductor. El empleo de este sensor es sumamente sencillo, trata de una resistencia variable o potenciómetro que varía su valor según se flexione. En reposo, es decir horizontal, posee una resistencia mínima de 10K, mientras que al doblarlo aproximadamente a noventa grados incrementa su valor a 40. Es importante decir que este tipo de sensores solo tiene un sentido de funcionamiento con lo cual se hace necesario el uso de dos para poder obtener la desviación de flexión y extensión y de otros dos para la cubital y ulnar respectivamente²³.

El flexo-sensor es aproximadamente de doce centímetros de largo, cinco milímetros de ancho y un milímetro de alto, lo cual nos resulta muy cómodo acoplarlo a la muñeca.

3.6.7 BLUETOOTH



Figura 17. Simbología del Bluetooth.

Fuente: <http://tecnio.com/%C2%BFque-es-bluetooth>

Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.

²³ <http://www.sparkfun.com/products/8606> 20 Noviembre de 2010. 4.32 pm hora local colombiana.

- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

3.6.8 INFRARROJO

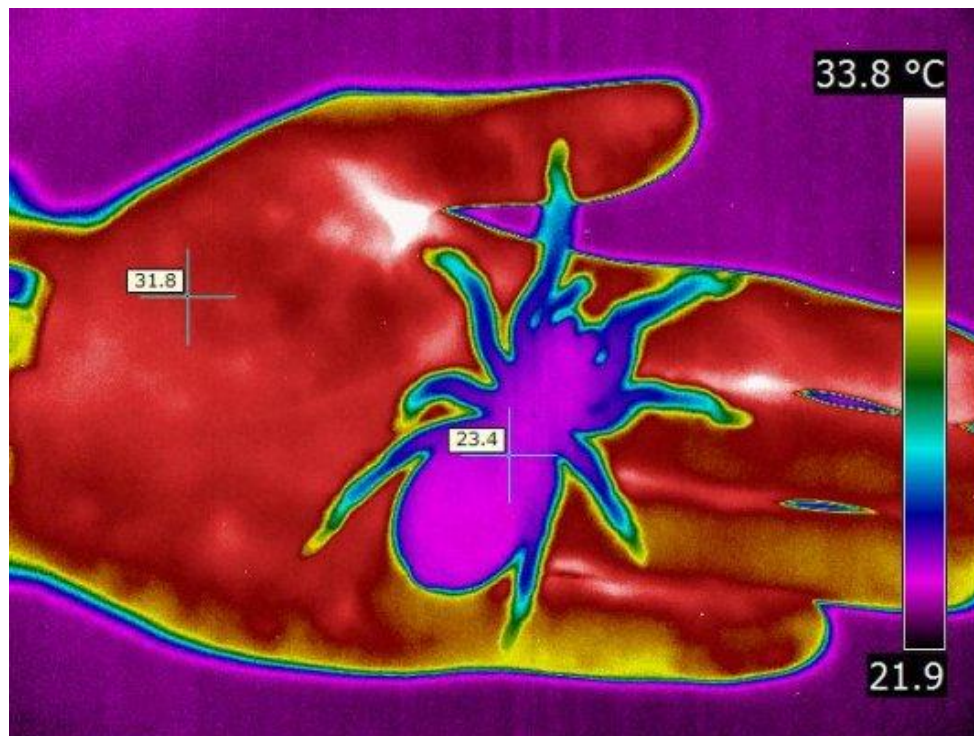


Figura 18. Luz infrarroja sobre una araña y la palma de la mano.

Fuente: universo.iaa.es/php/1029-radiacion-infrarroja.htm

Es un tipo de luz que no podemos ver con nuestros ojos. La luz infrarroja nos brinda información especial que no podemos obtener de la luz visible. Nos muestra cuánto calor tiene alguna cosa y nos da información sobre la temperatura de un objeto. Todas las cosas tienen algo de calor e irradian luz infrarroja. Incluso las cosas que nosotros pensamos que son muy frías, como un cubo de hielo, irradian algo de calor. Los objetos fríos irradian menos calor que los objetos

calientes. Entre más caliente sea algo más es el calor irradiado y entre más frío es algo menos es el calor irradiado. Los objetos calientes brillan más luminosamente en el infrarrojo porque irradian más calor y más luz infrarroja. Los objetos fríos irradian menos calor y luz infrarroja, apareciendo menos brillantes en el infrarrojo. Cualquier cosa que tenga una temperatura irradia calor o luz infrarroja²⁴.

3.6.9 SEÑAL ANÁLOGA

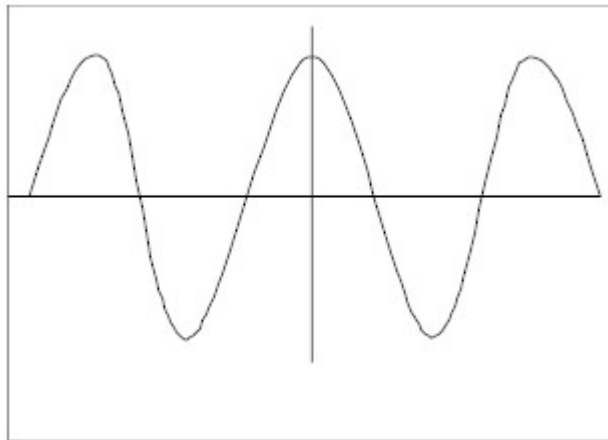


Figura 19. Función análoga.

Fuente: <http://www.cinit.org.mx/articulo>.

Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo²⁵.

²⁴ http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/learn_ir/ 20 Noviembre de 2010. 4.34 pm hora local colombiana.

²⁵ <http://www.mitecnologico.com/Main/Se%F1alesAnalogasYDigitales> 20 Noviembre de 2010. 4.36 pm hora local colombiana.

En la naturaleza, el conjunto de señales que percibimos son analógicas, así la luz, el sonido, la energía etc., son señales que tienen una variación continua.

3.6.10 SEÑAL DIGITAL

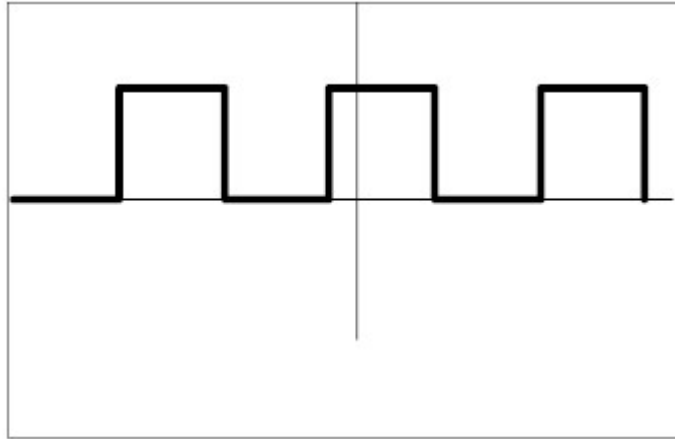


Figura 20. Función digital.

Fuente: http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/bifase.htm

Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada²⁶.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el computador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de *High* y *Low*, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y

²⁶ <http://www.mitecnologico.com/Main/Se%F1alesAnalogicasYDigitales> 20 Noviembre de 2010. 4.38 pm hora local colombiana.

la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

3.6.11 ANÁLISIS DE LO EXISTENTE

Los productos existentes en el mercado permiten un acercamiento del dispositivo a diseñar, donde se pueden observar las diferentes ventajas y desventajas. Con esto dirigiremos el diseño hacia los aspectos por mejorar en un sistema que optimice la relación Hombre-Máquina-Entorno.

Por esta razón, se hace necesario conocer el mercado actual para disponer de un punto de referencia que facilite el desarrollo de alternativas, dado que se descubren las falencias existentes en los productos y se llega a una opción mejorada que optimice las soluciones existentes.

Dada las características principales que posee MoMu, se establece que tanto los goniómetros convencionales y/o digitales a pesar de que son los instrumentos de medida de ángulos más comunes, es difícil poder obtener datos en el momento en que un operario realiza sus labores en su puesto de trabajo, debido a que ellos requieren de una persona extra que los pueda manipular.

3.6.12 BIOMETRICS LTD



Figura 21. Funcionamiento Biometrics.

Fuente: www.biometricsltd.com/research.htm

Con su base en Londres, Biometrics LTD empezó en 1991 su búsqueda por patentar su propio electro goniómetro y fue hasta 1993 cuando logró colocar en el mercado su primer producto de toma y almacenamiento de datos en las articulaciones del cuerpo humano²⁷.

Biometrics LTD diseña, manufactura y distribuye tecnología avanzada de sensores, instrumentos y software que satisfacen las necesidades en investigaciones tanto en ingeniería como en el campo biomédico, rehabilitación clínica y educacional. En el mercado de la investigación ataca grupos como lo son los médicos, ergonómicos, farmacéuticos y la ciencia del deporte. En el mercado clínico está presente en la fisioterapia, terapia ocupacional, ortopedistas y evaluaciones médicas.

Biometrics LTD posee los más altos estándares de calidad como lo son la ISO 9001:2000 y la ISO 13485:2003. Además, venden y distribuyen a las de cincuenta

²⁷ www.biometricsltd.com/research.htm 17 de Noviembre de 2010. 5:00 pm Hora colombiana.

países en el mundo dentro de los cuales incluyen a grupos de investigación, universidades, compañías automotoras norteamericanas, europeas y asiáticas, además de la NASA.

Dentro de las desventajas encontradas en los dispositivos diseñados por Biometrics LTD encontramos en primer lugar su elevado costo de adquisición, adicionalmente se evidencia que a pesar de ser un sistema que trasmite los datos vía inalámbrica es demasiado invasivo en la zona de la cadera con su sistema de transmisión y su sistema de cableado. Además, la colocación del sensor a nivel de las articulaciones es muy ambiguo debido a que se ajusta de acuerdo a los pre saberes del operario que ubica la herramienta, con relación a ajuste de la herramienta encontramos que la manera de acoplarse a la piel humana es por medio de una cinta pegante que diseñan y distribuyen ellos.

3.6.13 TEJIDOS

Bucaramanga posee una gran variedad de tejidos en su área metropolitana, de los cuales se seleccionaron tres clases de lycras para su evaluación y posterior implementación. Además, tres diferentes caracterizaciones de tejidos impermeables.

	Lycra-algodón	Lycra-nylon	Lycra-poliéster
Componentes	95% algodón, 5% lycra	80% nylon, 20% lycra	95% poliéster, 5% lycra
Peso	250 GSM	120 GSM	160 GSM
Ancho	60 plg	60 plg	60 plg
Precio por metro	14.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos

Tabla 3. Lycras

Fuente: Autor

	Llama	Oxford	Taslan
	impermeable	impermeable	impermeable
Componentes	100% algodón	100% poliéster	100% nylon
Peso	270 GSM	420 GSM	150 GSM
Ancho	60 plg	60 plg	60 plg
Precio por metro	27.000 pesos colombianos	35.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos

Tabla 4. Telas impermeables

Fuente: Autor

3.6.14 COLORES CÁLIDOS

Los colores cálidos están compuestos por el rojo, amarillo y sus combinaciones. Los colores cálidos parecen que se adelantan en el plano, como si fuesen más cercanos. Debido a esto, se les llaman colores próximos porque producen la ilusión de adelantarse, sobresalir entre los otros y situarse en el primer plano.

Los colores cálidos son aquellos colores que producen un efecto estimulante, alegre, energizante. En la rueda cromática abarcan el espectro de los rojos a los amarillos, pasando por toda la gama de naranjas y algunos marrones. Una de sus cualidades es la de dar la sensación de cercanía, de avanzar. Son colores que debemos manipular con moderación, ya que en exceso pueden recargar y hacer que un ambiente resulte abrumador. Para esto siempre es bueno añadir elementos de colores complementarios o neutros.

Estos colores expresan cualidades positivas, y provocan la sensación alegría, actividad, movimiento, calor. Incitan a la actividad, la diversión y a la acción. Son colores que representan la extroversión. Llevados al extremo, representan también la agresividad, competitividad, expansión, la iniciativa.

3.7 ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS

Tecnología Bluetooth

La tecnología Bluetooth es un protocolo de comunicaciones inalámbrico, mediante el cual es posible transmitir datos a través de las ondas de radio, utilizando para ello una banda de frecuencia abierta de 2.4 GHz.

Esta tecnología está concebida con la idea de enlazar dos o más dispositivos electrónicos, sin la necesidad de utilizar cables o conectores, que resultan incómodos además de ocupar un espacio físico considerable.

De esta forma, con la utilización de dispositivos Bluetooth se persigue facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, empleando un protocolo diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja e igualmente utilizando equipos de transmisión de bajo coste.

Para conectar dos dispositivos a través de Bluetooth, no es necesario que exista una línea de vista entre ellos. Tan sólo es necesario garantizar que los dos puntos a comunicar se encuentren dentro del rango de alcance para poder establecer la comunicación.

Esto resulta ventajoso ante otros protocolos de comunicación como infrarrojos o enlaces radiales básicos que presentan alta susceptibilidad ante el ruido.

Es fácil encontrar en el mercado, una amplia gama de dispositivos que emplean Bluetooth como solución a las comunicaciones inalámbricas. Desde consolas para juegos, hasta sofisticados equipos para comunicaciones de voz y datos emplean Bluetooth, dadas las grandes ventajas que este aporta.

Al igual que en otros protocolos de comunicación inalámbrica, Bluetooth divide los datos que se transmiten en pequeños paquetes, donde cada uno de ellos incluye una cabecera que indica la frecuencia de la banda en la que se enviará el siguiente paquete.

De esta forma, los periféricos no transmiten siempre en una única frecuencia, sino que van saltando de una a otra en función del tráfico de la red y de otros factores.

Ventajas de utilizar Bluetooth:

Ante todo la principal ventaja del Bluetooth es permitir la transmisión inalámbrica de datos, empleando un protocolo sencillo y de amplia difusión dentro de los dispositivos electrónicos comerciales.

Es muy fácil encontrar dispositivos compatibles con Bluetooth, ya sean PCs, PDAs o dispositivos de comunicación móvil. Por lo tanto, utilizando Bluetooth se garantiza la compatibilidad con una gran cantidad de dispositivos comerciales.

De cara al usuario el Bluetooth resulta altamente intuitivo y de fácil uso, pues no requiere realizar configuraciones o ajustes. Bluetooth es automático, una vez se detecta la presencia de otro dispositivo dentro del rango operativo, es posible establecer el lazo de comunicación.

Igualmente otro punto a tener en cuenta es la estabilidad y robustez del protocolo frente a interferencias. Bluetooth no es del todo robusto frente al ruido, pero implementa una técnica de variación de frecuencias, para tratar de encontrar la banda más limpia por la cual transmitir.

Uno de los aspectos que más afectan la autonomía de los dispositivos inalámbricos, es el consumo de potencia eléctrica. Bluetooth transmite con señales de baja potencia, encontrando un balance satisfactorio entre el alcance de transmisión obtenido y el consumo final de potencia.

Finalmente, otra de las ventajas de Bluetooth, es el bajo coste de los dispositivos que se emplean para transmitir datos utilizando este protocolo.

Flexo – Sensor:

Uno de los pasos de mayor complejidad a la hora de implementar un sistema de medición, es la selección de los sensores que resulten más idóneos para la aplicación propuesta.

Es necesario tener en cuenta algunos factores como la precisión, compatibilidad, disponibilidad y finalmente el coste que supone su utilización.

De esta forma la selección de los sensores de flexión empleados en este proyecto, se llevó a cabo teniendo como premisa garantizar las prestaciones del sistema, obteniendo muestras precisas y con una resolución acorde a las magnitudes medidas (decimas de grado).

Los sensores de flexión o flexo – sensores, son sensores de carácter resistivo, que sometidos a fuerzas de deformación angular, varían su valor nominal de resistencia de forma lineal, permitiendo estimar con alta precisión el ángulo que el sensor ha sido deformado.

Además de esto la tecnología de micromecanizado con la que son elaborados los sensores de flexión resistivos, hace que su coste final sea mucho menor que el asumido empleando otras tecnologías.

4. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

4.1 CATEGORIZACIÓN DE LOS USUARIOS

La categorización de usuarios se determinó a partir de la intervención o la interacción que cada uno tiene con el sistema de medición MoMu.

USUARIO PRIMARIO

El sistema MoMu está orientado a instituciones de carácter investigativo y académico, por tanto, nuestro usuario primario son aquellas personas que comprarían este producto (clientes).

Es la persona encargada del procesamiento y el análisis de la información, es decir, la persona toma la información de una fuente primaria “sujeto de experimento” (Usuario Secundario) en un ambiente de trabajo real o simulado en el cual se pretende controlar las variables externas que pueden llegar a afectar el desempeño de la investigación. Para su posterior análisis el software MoMu brinda al usuario la información en un archivo universal de texto (.txt).

Otra actividad que desempeña el usuario primario es instalar el dispositivo MoMu sobre la persona que será evaluada (Usuario Secundario) de la cual se espera recolectar datos, además dicha persona está también encargada de la manipulación del software y almacenamiento de los datos, junto con la limpieza de la herramienta.

USUARIO SECUNDARIO

Individuo que hace parte de la prueba aportando información para está, es decir a quien se le instalará el dispositivo MoMu para la recolección de datos. Las características de esta persona varían dependiendo de la labor que este desempeñe, por tanto el dispositivo MoMu debe permitir ser ajustada a la medida de cada “sujeto de experimento”.

USUARIO TERCIARIO

Es la persona encargada del mantenimiento de la herramienta, dicha persona interactúa con la herramienta cuando requiera mantenimiento preventivo o en su defecto cuando hubiese problemas con el funcionamiento y requiera algún tipo de reparación.

4.2 CONTEXTO DE USO

Los ambientes en los cuales se va a usar la herramienta pueden ser:

AMBIENTES CONTROLADOS

Van desde laboratorios hasta cámaras de Gesell²⁸, donde puede llegar a simularse los ambientes reales, estos permiten al investigador la fácil observación de los usuarios y minimizar los posibles sesgos que se puedan presentar al desarrollo de una prueba.

AMBIENTES REALES

Estos están dados según la actividad que el operario realice en su puesto de trabajo, en Colombia el 32% de las patologías es el Síndrome del Conducto Carpiano, corresponde a la actividad de la floricultura con un 32.6%, seguida por actividades del sector público no determinadas 10.6%, sector 7% y sector salud 5.5%.

4.3 REQUERIMIENTOS

Factores humanos

- El dispositivo debe permitir la toma de la desviación angular de la muñeca en sus dos grados de libertad.

²⁸ FISHER, CELIA B. LERNER, RICHARD M. Encyclopedia of applied developmental science, volumen 1. Sage Publications, Inc. London, Reino Unido, 2005. ISBN 0-7619-2820-0

- El dispositivo debe sujetarse al miembro superior (sección mano antebrazo) para la toma de datos.
- El dispositivo de sujeción no afectara el buen uso de las herramientas manipuladas por el operario en el puesto de trabajo.
- Las piezas del dispositivo de sujeción deben conectarse formando un solo conjunto.
- MoMu debe permitir visualizar y almacenar los datos adquiridos mediante una aplicación multimedia.
- La aplicación multimedia debe permitir la visualización de los datos adquiridos en tiempo real.
- El dispositivo de sujeción debe permitir la toma de datos en tiempo real.
- El software MoMu debe visualizar los datos en tiempo real.
- El sistema MoMu debe estar contenido dentro de un empaque que permita transportación.
- El dispositivo de sujeción debe permitir la movilidad natural de la muñeca.
- La visualización de los datos en la aplicación multimedia se percibe mediante una gráfica.
- El proceso de toma de datos en el operario no debe ser superior a cuatro acciones (ley de Fitts)²⁹.
- El elemento de sujeción debe acoplarse a la morfología de la mano y del antebrazo para realizar la toma de datos.
- el sistema MoMu debe poseer diferentes tallas para cubrir la mayor población de sujetos de experimento posible.

Factores técnicos-productivos

- El sistema MoMu debe ser diseñado y manufacturado en el área metropolitana de la ciudad.
- El sistema MoMu debe permitir su versatilidad al ser usado tanto en la mano izquierda como en la derecha.

²⁹ <http://ei.cs.vt.edu/~cs5724/g1/> Noviembre 25 de 2010. 10.44 am hora local colombiana.

- El dispositivo de sujeción debe enviar datos inalámbricamente a la aplicación multimedia.
- La aplicación multimedia de MoMu debe mostrar el valor en grados en unidades enteras seguidas de centésimas.
- El dispositivo de sujeción debe absorber el sudor del sujeto de experimento.
- El dispositivo de sujeción no debe incomodar al sujeto de experimento.
- El sistema MoMu debe estar contenido dentro de un empaque para su protección.
- El precio de fabricación del sistema MoMu debe ser menor de 2 millones de pesos colombianos.
- El dispositivo de sujeción debe poseer independencia eléctrica mínimo de una jornada de trabajo (8 horas).

Factores formal-estéticos

- El sistema MoMu debe poseer unidad en los diferentes elementos que lo componen (dispositivo de sujeción, software y empaque).
- El dispositivo de sujeción debe poseer formas orgánicas simples para optimizar el proceso de construcción.
- El manejo de la forma debe poseer sustracción, para optimizar los recursos referentes al miembro superior indicando su uso.
- El sistema MoMu debe utilizar un esquema de color monocromático (negro y gris) acompañado de un color cálido para crear contraste en la interfaz.
- El sistema MoMu debe poseer metáforas en la iconografía del software para ser consistentes con el entorno virtual.
- El dispositivo de sujeción debe poseer superficies lisas para no generar fricción cuando este en contacto con el usuario.
- El sistema MoMu debe implementar anomalías para resaltar los comandos de emergencia (cerrar y detener).

Factores expresivos-formales

- El producto posee un lenguaje de uso entendible tanto al ser ubicado, encendido y puesto en marcha.

- El software MoMu debe poseer una categorización de los botones según su uso.
- El dispositivo de sujeción visualmente debe transmitir seguridad.
- El dispositivo de sujeción deber ser configurable para la mano derecha e izquierda.
- El Dispositivo de sujeción debe poseer dimensión variable.
- Los componentes electrónicos en el dispositivo de sujeción deben estar protegidos.

4.4 RESTRICCIONES

Para ejecutar el software MoMu el computador necesita:

- Procesador de 32 bits (x86) o 64 bits (x64) a 1 gigahercio (GHz) o más.
- Memoria RAM de 1 gigabyte (GB) (32 bits) o memoria RAM de 2 GB (64 bits).
- Espacio disponible en disco rígido de 500 MB (32 bits) o 1 GB (64 bits).
- Dispositivo gráfico DirectX 5 con controlador WDDM 1.0 o superior.

El sistema MoMu está diseñado para ser usado por personas mayores de 18 años, debido a que ellos están habilitados para laborar por más de 4 horas seguidas por la ley colombiana³⁰ y sin ninguna orden escrita por parte de los padres y/o representantes legales.

³⁰

http://www.hospitalraulorejuelabuenoese.gov.co/SOPORTE_MAGNETICO_DE_NORMAS_2009/TALENTO_HUMANO/Ley50de1990.pdf. 19 diciembre de 2010. 10:26 pm hora local colombiana.

5. CONCEPTO DE DISEÑO

MoMu nace a partir de la implementación de la metodología usada en el desarrollo de interfaces³¹, en ella se establece el sistema en general, a partir de la creación del Diseño de la Información, el Diseño de la Interacción, El Diseño Visual junto con el Modelo Técnico.

A continuación se presenta el diseño de la Información:

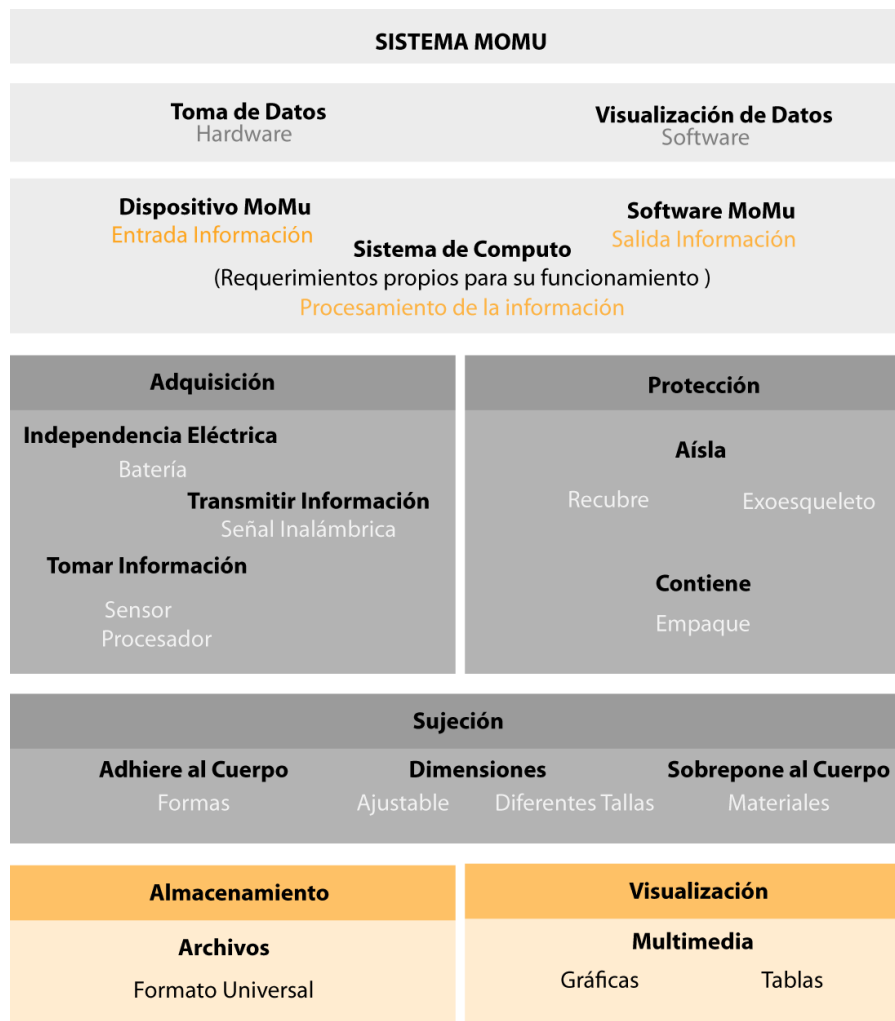


Figura 22. Diseño de la Información (Arquitectura de la Información)

Fuente: Autor

³¹ NIELSEN, JAKOB; LORANGER, HOA. Prioritizing web usability. New Riders Press. Berkeley, CA, Estados Unidos. ISBN-10: 0-321-35031-6.

Para este proyecto se estableció el diseño de la interacción como un diagrama de flujo, donde se encuentran un conjunto básico de posibles acciones o actos que realiza un usuario para cumplir una meta, la cual es: tomar datos de la variación angular a nivel de la muñeca.

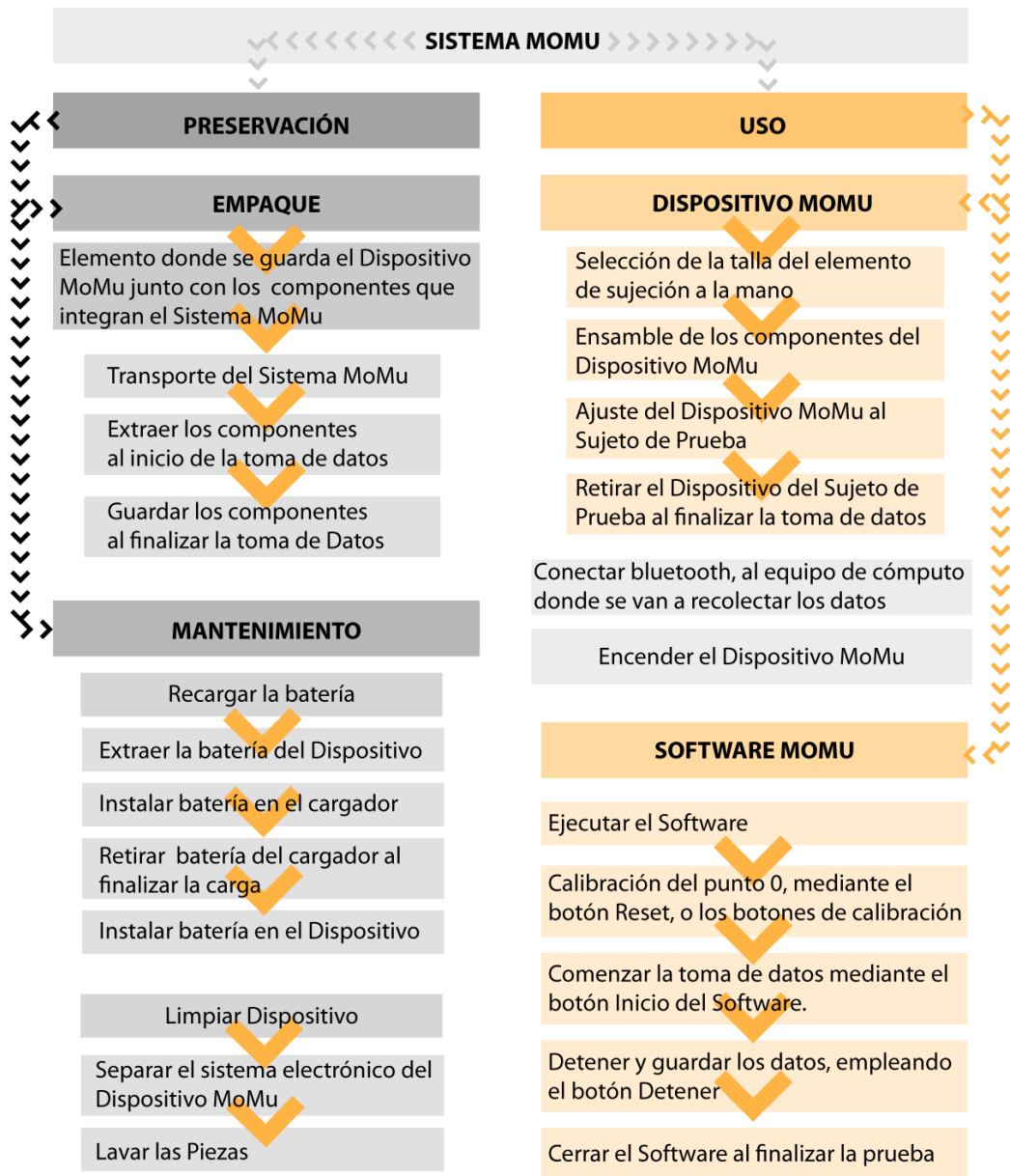


Figura 23. Diseño de la Interacción

Fuente: Autor

Se estableció como elementos básicos visuales los diferentes tipos de fuentes a emplear, y la paleta de colores a usar en el desarrollo proyecto

Tipografía elegida para el proyecto

Helvética Neue LT Std Black Condensed 18 pt

En elementos informativos: Como las palabras e imágenes que transmiten el contenido

Helvética LT Std Roman 12pt





En elementos funcionales: Como los botones y controles de interacción.

Helvetica Neue LT Std Light Condensed 16

En el logo del Proyecto

Dimensiones para el Software 855 px X 630 px

Paleta de color establecida para el Software

			
R = 0 C = 0 % G = 0 M = 0 % B = 0 Y = 0 % K = 100 %	R = 230 C = 0 % G = 230 M = 0 % B = 230 Y = 0 % K = 10 %	R = 248 C = 2 % G = 175 M = 31 % B = 59 Y = 73 % K = 0 %	R = 255 C = 0 % G = 255 M = 0 % B = 255 Y = 0 % K = 0 %

Logo







			
R = 0 C = 0 % G = 0 M = 0 % B = 0 Y = 0 % K = 100 %	R = 230 C = 0 % G = 230 M = 0 % B = 230 Y = 0 % K = 10 %	R = 245 C = 3 % G = 191 M = 24 % B = 59 Y = 74 % K = 0 %	R = 255 C = 0 % G = 255 M = 0 % B = 255 Y = 0 % K = 0 %

Figura 24. Diseño Visual

Fuente: Autor

5.1 PROCESO CREATIVO

5.1.1 ANALISIS MORFOLÓGICO

El proceso creativo del proyecto inicia con una técnica llamada análisis morfológico³².

En primera medida se construye el espacio morfológico a partir de la descomposición del sistema que integra el proyecto MoMu en Sub-sistemas y componentes.

- Elemento de sujeción
- Sistema electrónico
- Visualización de datos
- Almacenamiento de datos

Se establecen los componentes que integran cada Sub-sistema, elementos que se comportan como posibles alternativas de solución (pueden presentarse diferentes opciones).

Una vez establecidos los elementos que integran los subsistemas se procede a equilibrar el número de componentes, ya que habrá tantos escenarios posibles como combinaciones de configuraciones, se seleccionan los atributos más relevantes, para ello se desarrolla un proceso de reducción por selección.

Para llevar a cabo este proceso se revisan los requerimientos previamente establecidos para el proyecto, con el fin de depurar la información y obtener un espacio morfológico controlado puesto que algunas configuraciones resultan irrealizables.

³² Gómez Torrego, Leonardo. Análisis morfológico. Teoría y práctica Hoepli, 2008
ISBN: 9788467539356

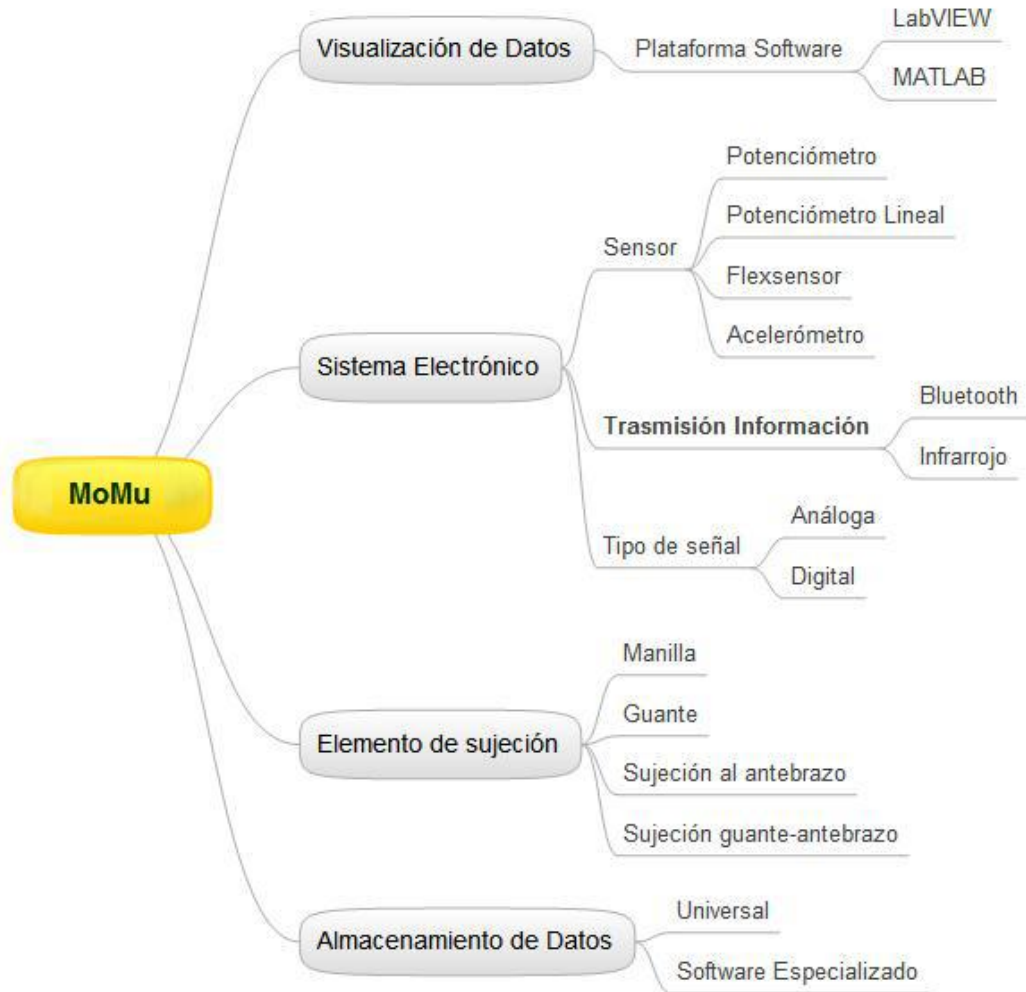


Figura 25. Espacio Morfológico

Fuente: Autor

Producto de este Proceso de Reducción se toman decisiones de diseño y se establece que:

- La plataforma en la que se va a desarrollar el software será LabVIEW.
- La transmisión de la información desde el dispositivo MoMu al elemento de recepción es una señal digital mediante Bluetooth.
- El formato de almacenamiento de datos será universal, un formato de texto .Txt.



Figura 26. Espacio Morfológico Reducido

Fuente: Autor

A partir de estos resultados se desarrollan las primeras configuraciones del elemento de sujeción, con ellas se busca un primer acercamiento a las personas, se pretende iniciar la búsqueda del concepto de diseño.

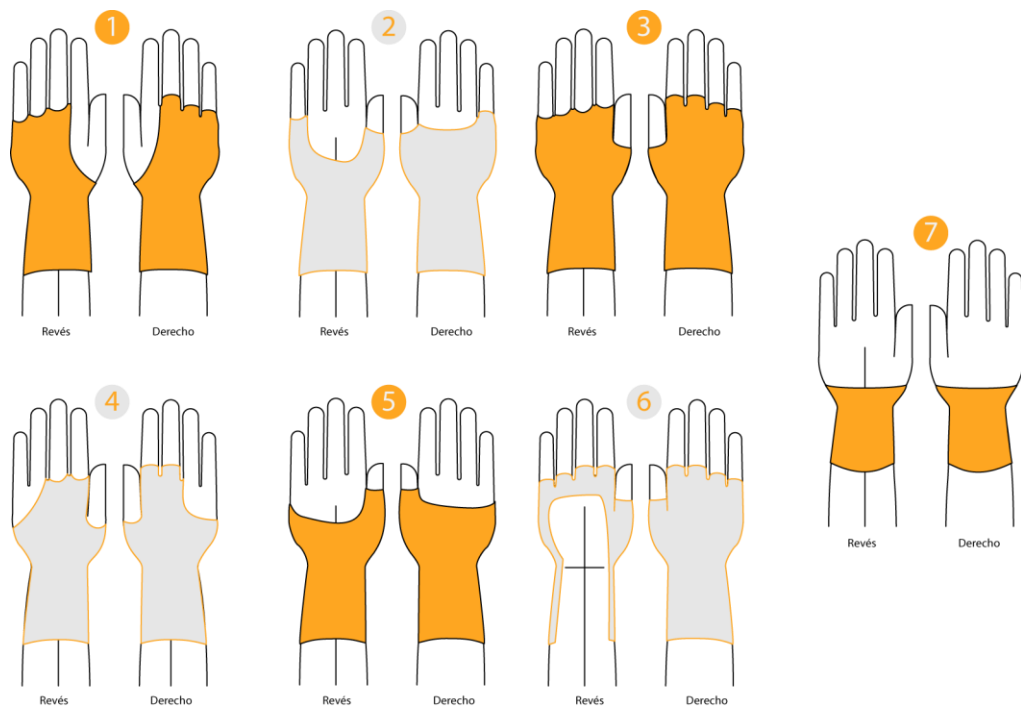


Figura 27. Esquema de Prototipos Rápidos

Fuente: Autor

5.1.2 ACTIVIDAD INICIAL

Descripción

Se procede a desarrollar una actividad que permita establecer conceptos de partida para tener en cuenta en el proceso de desarrollo de propuestas Bidimensionales, a partir de las observaciones dadas por las personas que participaron en la actividad se busca identificar que elementos de las configuraciones son los más aceptados, para ello se elaboraron prototipos de baja fidelidad, puesto que estos son particularmente útiles en las fases iniciales del desarrollo, durante el diseño conceptual, utilizan materiales distintos y no se parecen al producto final, su ventaja es que son baratos, simples y fácil de producir.

Estos prototipos de baja fidelidad se construyen a partir de guantes de Látex, se implementa la técnica de Prototipos rápidos en donde lo que se busca es valorar el concepto y no los materiales, ni los detalles del mismo³³.

Teniendo en cuenta que el material en que fueron hechos todos los modelos es el mismo al igual que la talla se asume que estos elementos ya no son considerados como variables dentro de la actividad.

En esta actividad participaron 5 estudiantes de la Escuela de Diseño Industrial de la UIS los cuales fueron seleccionados de forma aleatoria. Una vez seleccionadas las personas a participar, se les indico cual era el objetivo de la misma, junto con la explicación de las características bajo las cuales se iba a implementar el producto en desarrollo

³³ http://albertolacalle.com/hci_prototipos.htm 10 Enero de 2011. 9:05 pm hora local colombiana



Figura 28. Prototipo Rápido 1

Fuente: Autor

Observación 1

Los participantes manifestaron que era difícil saber cuál era el derecho y el revés, además manifestaban inseguridad por que los elementos que separaban los dedos eran muy pequeños, afirmaban que pese a que no se sentían, pensaban que podían tallar si se realizaba la pieza en otro material, les parecía que debería ser más evidente los espacios por donde deberían pasar los dedos.



Figura 29. Prototipo Rápido 2

Fuente: Autor

Observación 2

En este modelo sentían que era incómodo que un elemento atravesara la palma de la mano, expresaban que generaba molestia, consideraban que algún elemento del ambiente podría llegar a quedarse atascado allí, lo cual podría conllevar a alguna lesión por parte de la persona o del elemento de sujeción.

Les pareció interesante que los lugares de sujeción fueran los dedos meñique y pulgar, puesto que se encontraban a los extremos de la mano, con eso los dedos intermedios quedan libres, expresan que es necesario aumentar el espacio que indica por donde se deben introducir los dedos. En ésta propuesta hay más claridad sobre cómo se debe instalar el elemento sobre la mano.



Figura 30. Prototipo Rápido 3

Fuente: Autor

Observación 3

Los comentarios acerca de esta propuesta se enfocan en que es un elemento muy simple, que la forma no difiere de un guante empleado para montar en bicicleta o los que se usan en los gimnasios para el levantamiento de pesas, además si una persona va a usar un guante de protección sobre este modelo, generaría molestias, sentiría demasiadas capas (tela, cuero, etc. material de los

guantes) sobre la mano, la haría sudar, preferirían tener un elemento que tuviera descubierta la palma de la mano.



Figura 31. Prototipo Rápido 4

Fuente: Autor

Observación 4

De esta propuesta los participantes expresan que es muy semejante a un guante de billar, al estar sujeta por los dedos índice y anular, da la posibilidad de reducir el área que entra en contacto con la mano, que sobre los dedos medio e índice no se sienten tan incómodos los pliegues que separan los orificios para introducir los dedos, les agrada que el pulgar quede descubierta puesto que es el dedo que interviene con mayor frecuencia en las actividades manuales.

Se observa confuso al momento de instalarse, se percibe ambiguo, además sugieren que para notar la diferencia entre los lados, a la sección que cubre la parte superior de la mano se le debe realizar un corte más profundo.



Figura 32. Prototipo Rápido 5

Fuente: Autor

Observación 5

Este modelo fue presentado en la quinta observación para que no presentara confusión con el modelo 2 mostrado anteriormente puesto que son de gran similitud.

Exponen que la idea de solo sujetar del dedo pulgar es bastante arriesgada, puesto que no se sabe de qué material estaría hecho el elemento final, y el hecho de solo sostener del pulgar hace que pueda resbalar y termine enrollándose sobre sí mismo o arrugarse sobre la muñeca. Además sigue presentado incomodidad sobre la palma de la mano, creen que actividades donde sea frecuente abrir y cerrar la mano, el elemento termine deslizándose.

Debido a la forma que presenta esta propuesta siente que la mano queda dividida en dos, y que se hace demasiada presión sobre el pliegue del dedo gordo, les gusta no tener pliegues entre los dedos.

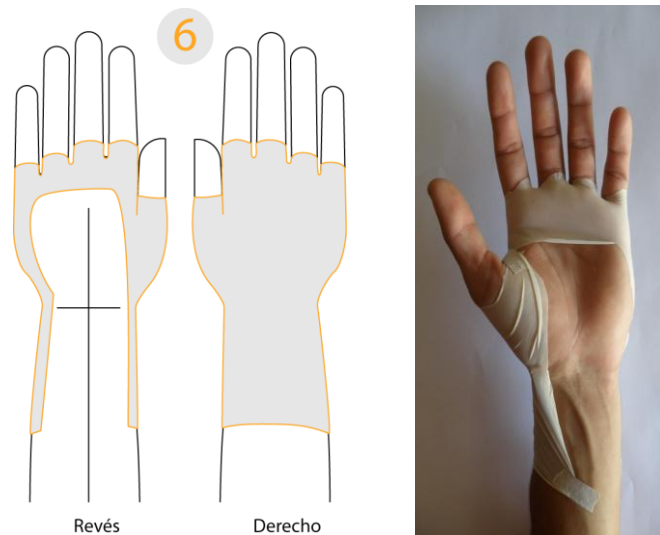


Figura 33. Prototipo Rápido 6

Fuente: Autor

Observación 6

En esta propuesta les agrada que la palma de la mano quede descubierta, sugieren que el corte no debería ser recto sino ser un arco, una curva más pronunciada, evitar sentir que un plano atraviesa la palma de la mano, genera incertidumbre sobre cómo se sujetara al antebrazo puesto que este se encuentra descubierta, según el modelo sugieren que se debería evitar sujetar de todos los dedos, que solo se debería sujetar de algunos dedos, se percibe cómoda e inestable.

Creer que es una buena solución pero que debería ser cerrada una vez termina la palma de la mano, además de probar quitar el contacto con el dedo pulgar, expresan la similitud de esta propuesta con propuestas anteriores, sugieren mezclarlas.



Figura 34. Prototipo Rápido 7

Fuente: Autor

Observación 7

Finalmente se les ensaña esta idea, siendo esta una de las más radicales puesto que no invade el perímetro de la mano, sino que se pretende sujetar de la muñeca, expresan que es muy cómoda, pero también genera curiosidad sobre cómo hacer para que este elemento no se mueva hacia adelante y hacia atrás, además que el elemento puede rotar sobre el brazo, dicen es una respuesta radical pero inestable, no se sabe cuál es el derecho y cual el revés.

Sería casi que imposible darle orientación sin ningún tipo de elementos, y existe otra variante y es que se puede arrugar o enrollar sobre la muñeca.

Observaciones Finales

- Con esta prueba se pretendía tener un primer acercamiento a personas que hacen parte de los usuarios y establecer un primer contacto con ellos, tener una noción de su pensamiento y sus deseos, mediante sus comentarios mirar cuál de estos modelos fue el que presentó mayor aceptación, esta prueba se realizó mediante una sesión de grupo.

- En este punto se establece como requerimiento del proyecto que el sensor a implementar es el Flexo-sensor.

5.2 DESARROLLO DE CONCEPTOS BIDIMENSIONALES

El proceso creativo de este proyecto se dividió en diferentes etapas, en primer lugar se tienen 12 conceptos a partir de los cuales se desarrollan las propuestas bidimensionales, una vez sean evaluadas, se procede a desarrollar 6 maquetas, de las cuales se pretende establecer 3 alternativas, alternativas para finalmente escoger una la cual dará lugar al modelo final.

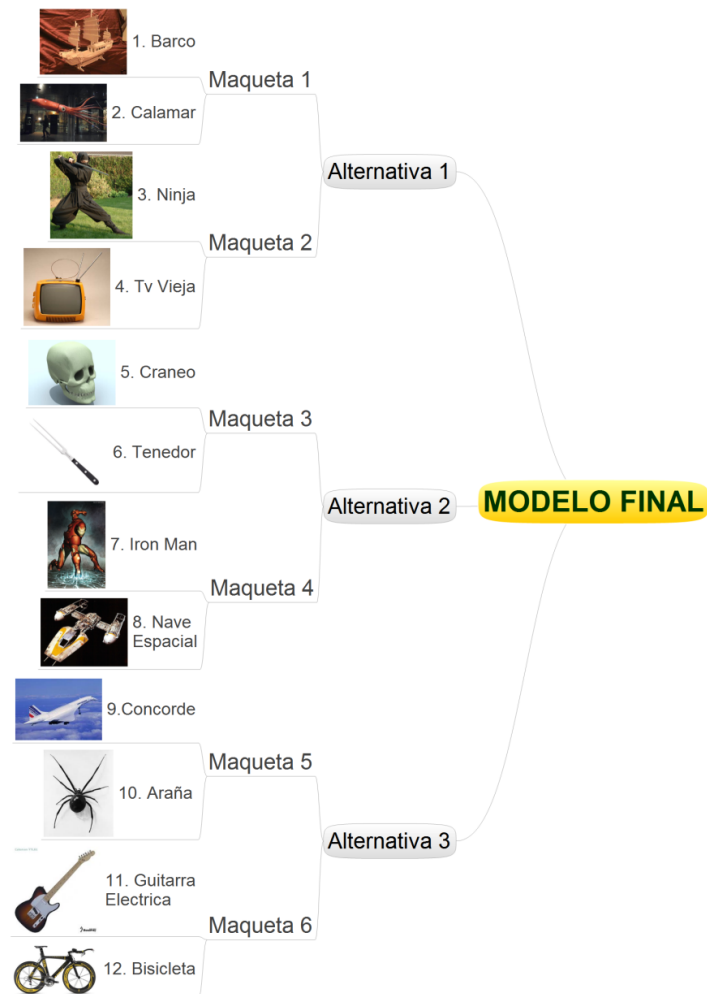


Figura 35. Esquema del Proceso Creativo

Fuente: Autor

A partir de doce conceptos (seleccionados de forma aleatoria) y las observaciones obtenidas en la actividad inicial se desarrollan las propuestas bidimensionales.

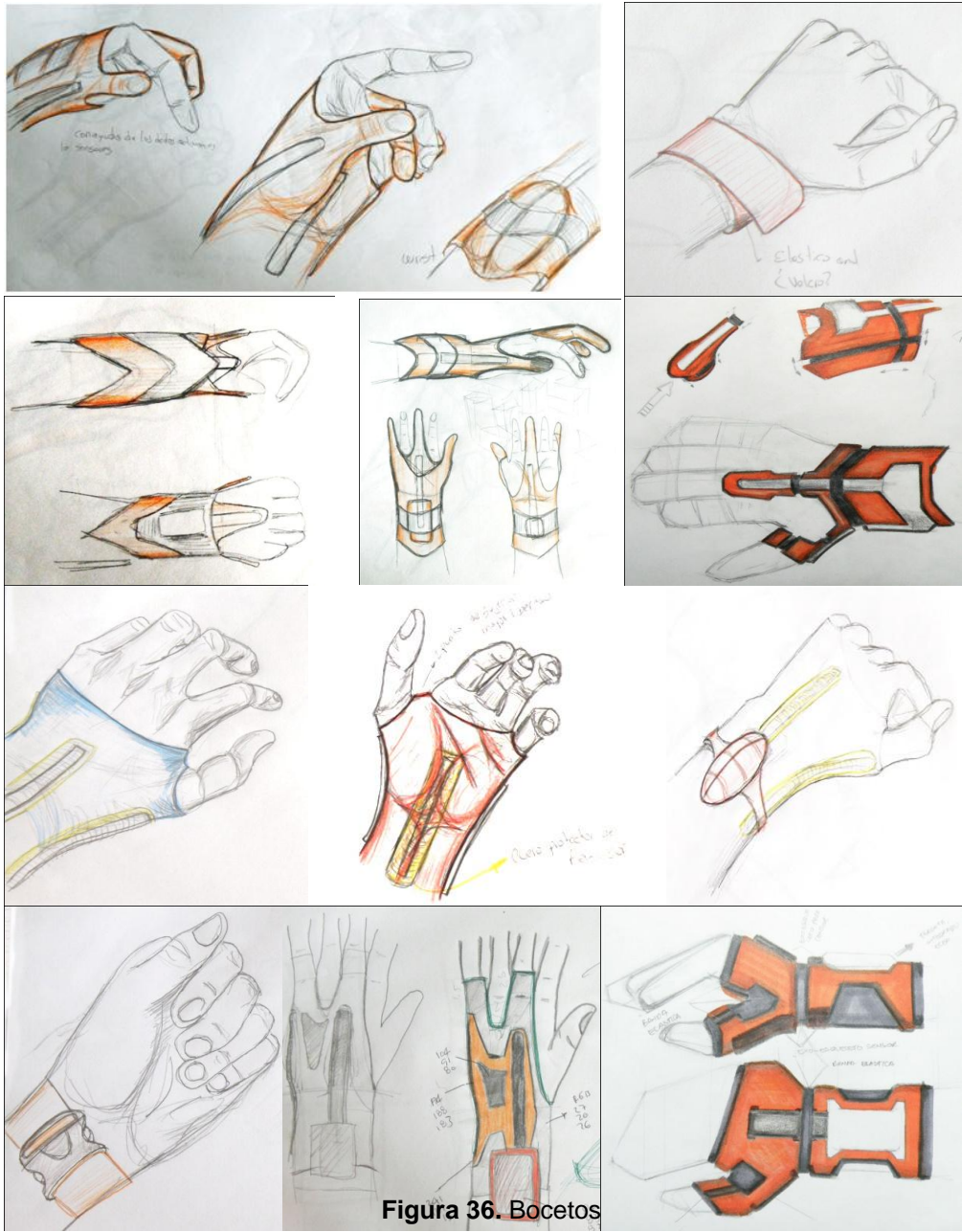


Figura 36. Bocetos

Fuente: Autor

Propuesta desarrollada a partir del barco, se toma como referencia las astas de un barco, y en analogía esta propuesta se sujeta a la mano en los dedos pulgar, medio y meñique.

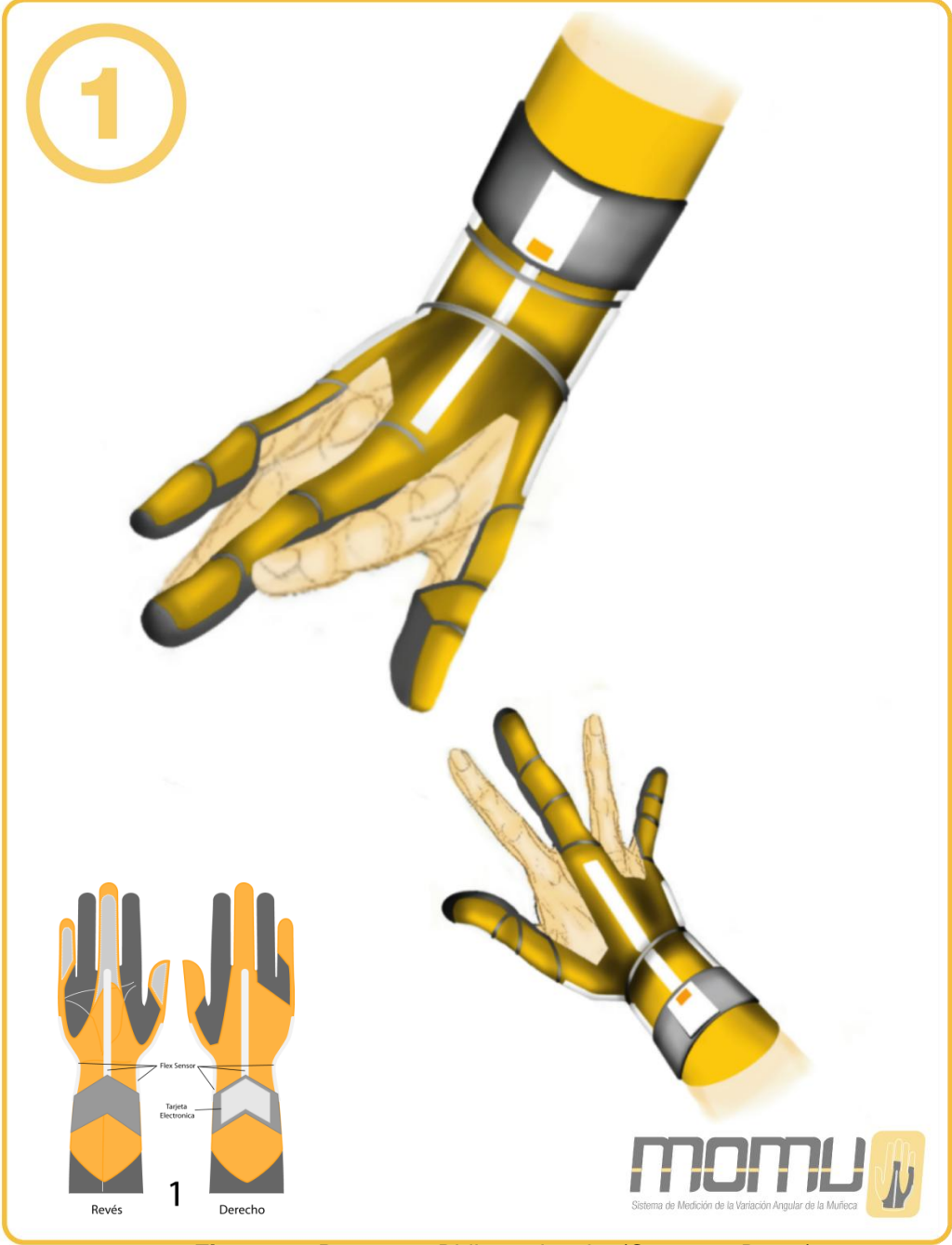


Figura 37. Propuesta Bidimensional 1 (Concepto Barco)

Fuente: Autor

Elemento elaborado a partir del concepto del calamar, se tiene en cuenta la capacidad que tiene este animal de adaptarse a las superficies, y los tentáculos que posee.

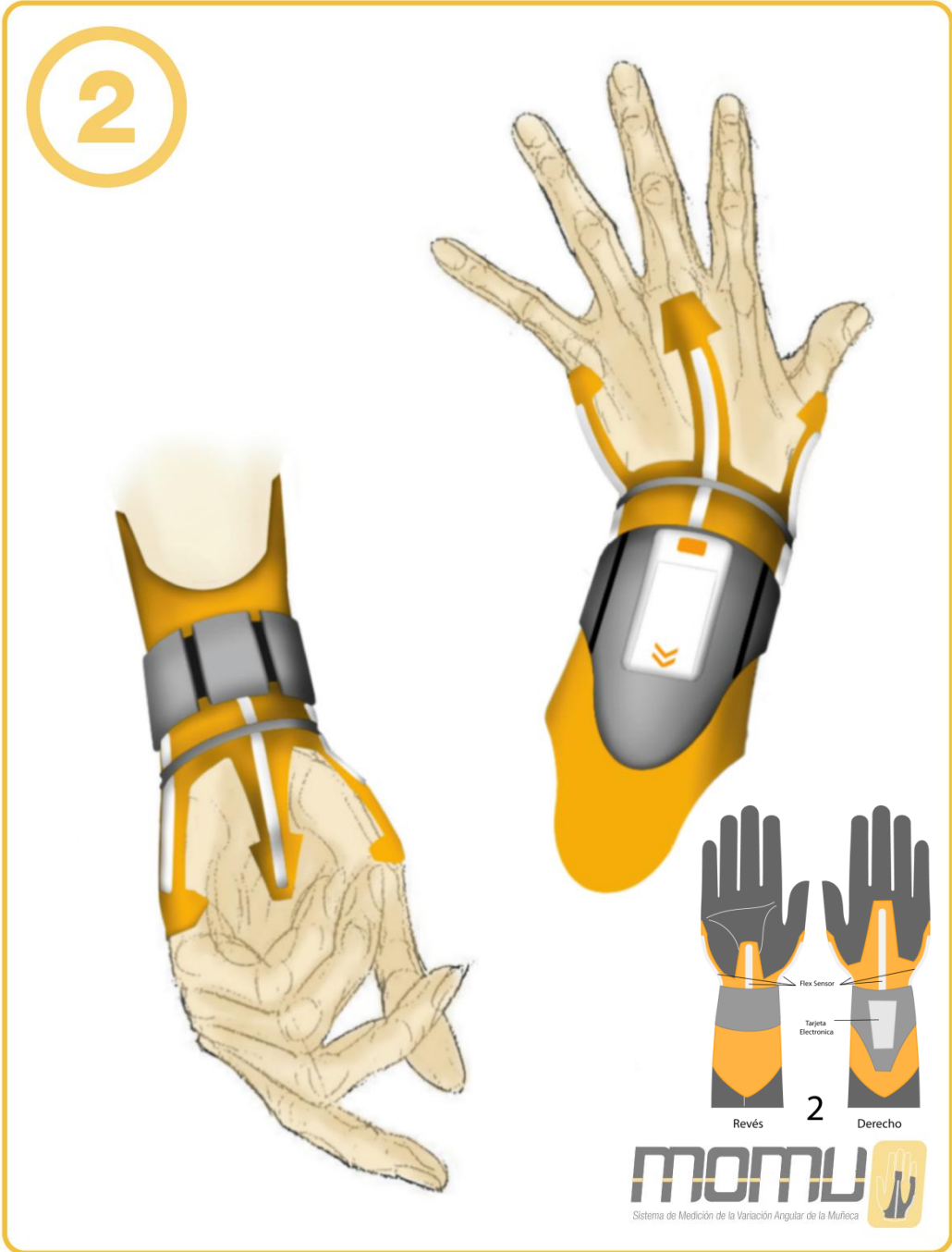


Figura 38. Propuesta Bidimensional 2 (Concepto Calamar)

Fuente: Autor

Propuesta creada con base en los ninjas, se tomó como referencia los elementos que usaban en sus manos.

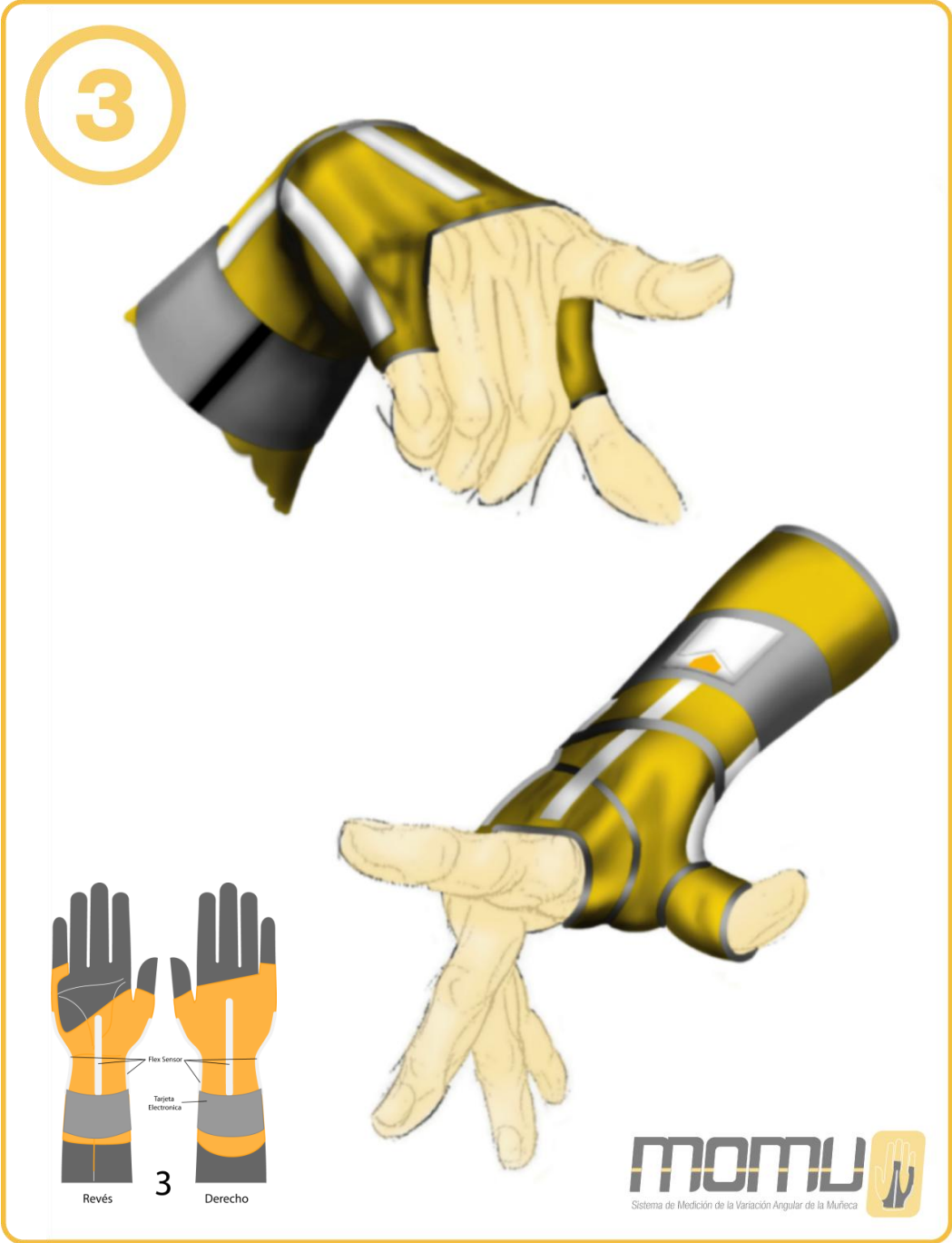


Figura 39. Propuesta Bidimensional 3 (Concepto Ninja)

Fuente: Autor

El concepto en el que se basa esta propuesta son los Televisores Viejos, se tiene en cuenta la pantalla y se hace una analogía de ella en la palma de la mano, además se elaboran incisiones pensando en el sistema de ventilación.



Figura 40. Propuesta Bidimensional 4 (Concepto TV Vieja)

Fuente: Autor

Propuesta generada a partir del concepto del Cráneo, se tienen en cuenta las cavidades, que este posee, en similitud a ello, la propuesta posee secciones descubiertas, en la palma y la parte superior de la mano.

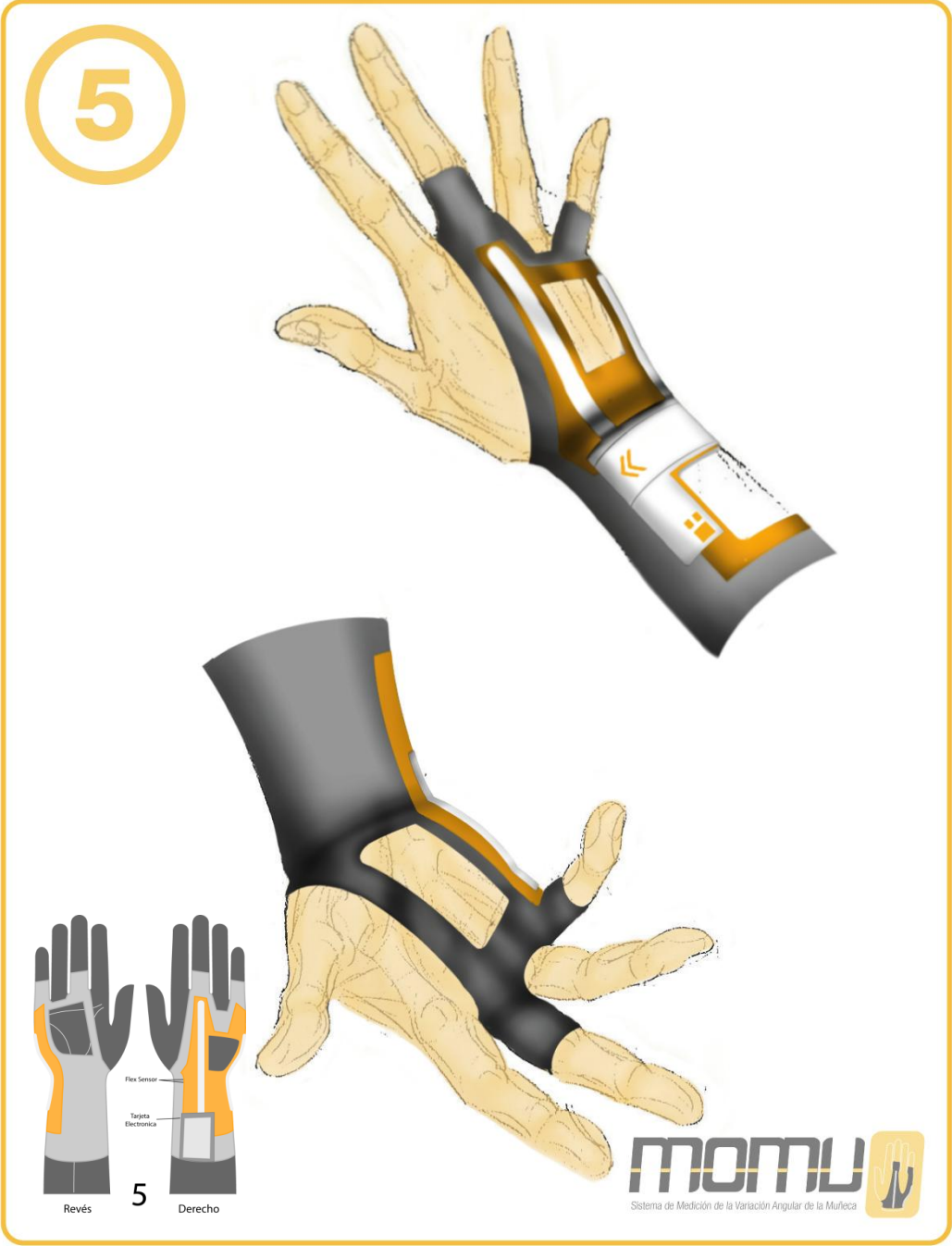


Figura 41. Propuesta Bidimensional 5 (Concepto Cráneo)

Fuente: Autor

Elemento basado en el de tenedor de cocina, se tienen en cuenta las dos puntas que posee y se decide construir una propuesta en donde los sensores se encuentren ubicados en dos secciones.

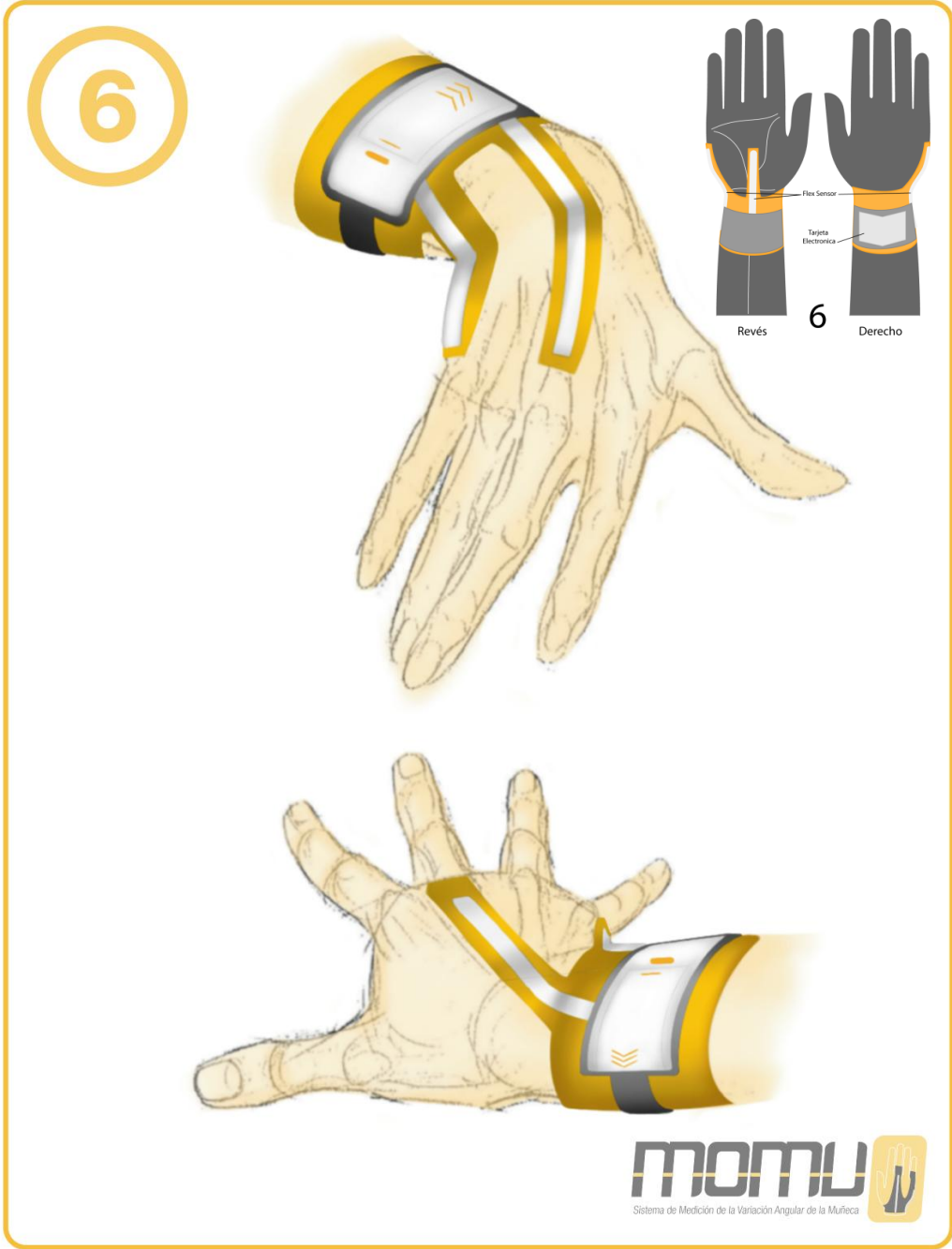


Figura 42. Propuesta Bidimensional 6 (Concepto Tenedor)

Fuente: Autor

Este elemento es inspirado en Iron Man, se tiene en cuenta el concepto de exoesqueleto, se proponen elemento, recubierto en algunos espacios por otro material, sobre el cual se instala el sistema eléctrico.

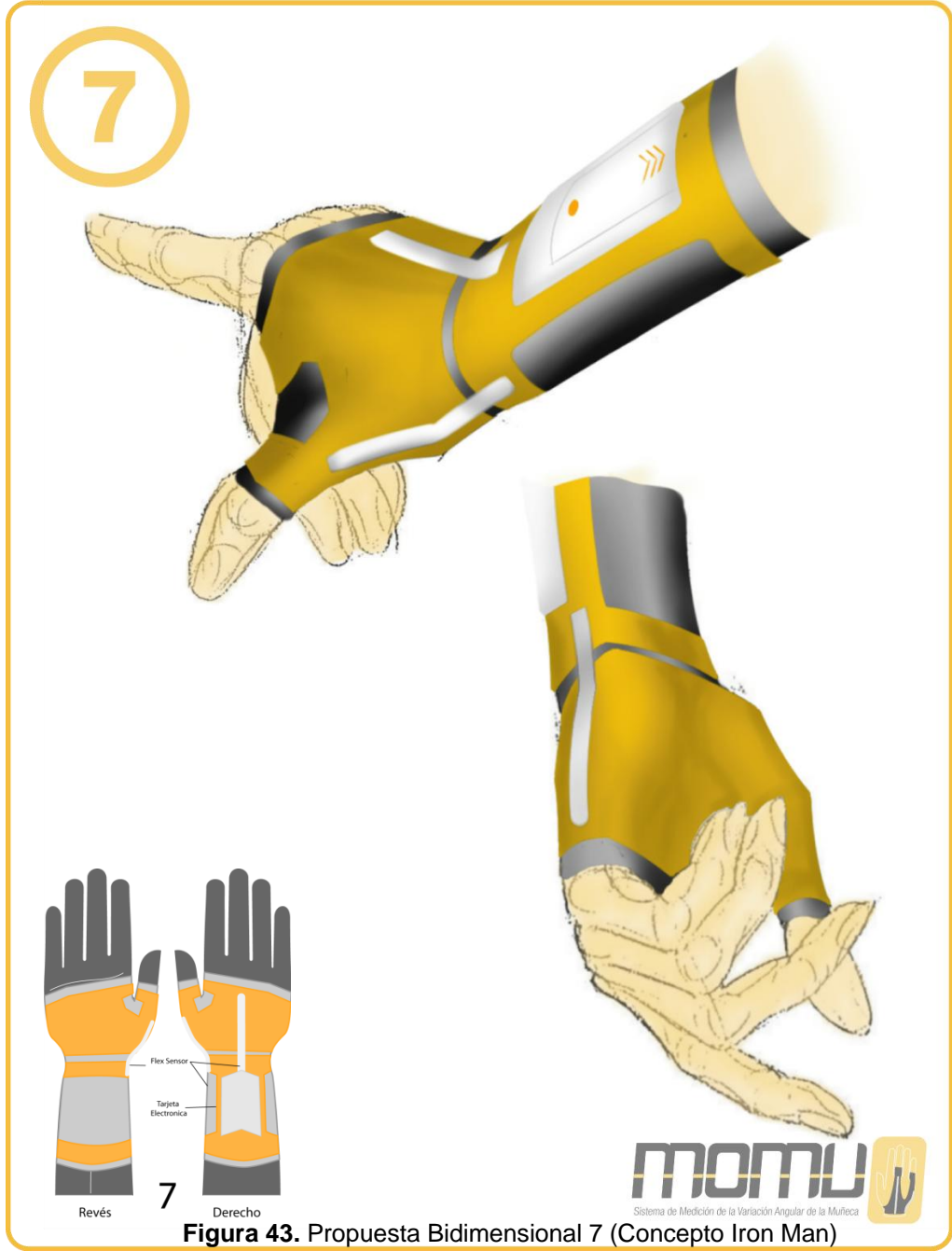


Figura 43. Propuesta Bidimensional 7 (Concepto Iron Man)

Fuente: Autor

Teniendo como base el concepto de Nave espacial se desarrolla esta propuesta, la cual se sujeta a la mano en los dedos pulgar y medio, dejando así descubierta a la palma de la mano.

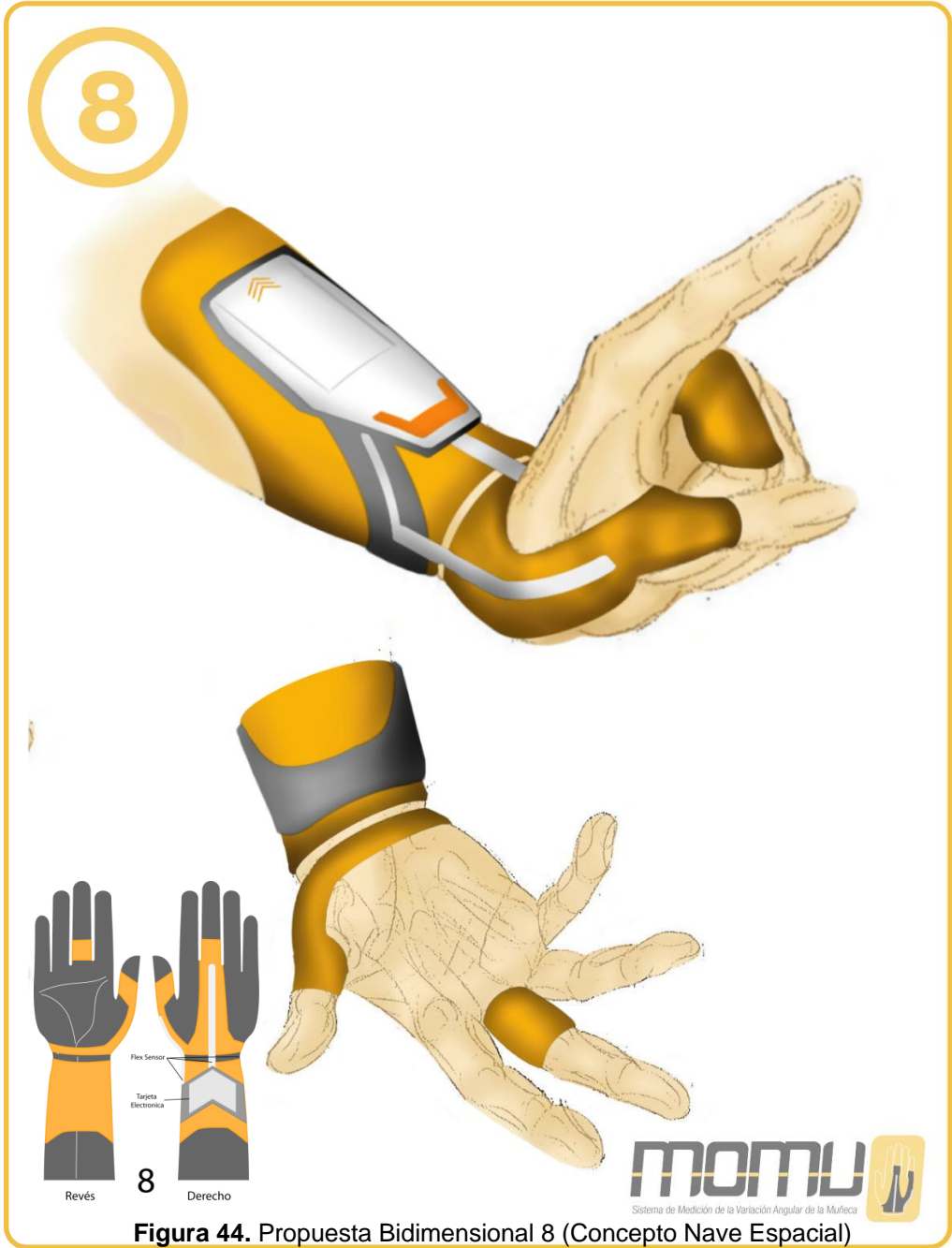


Figura 44. Propuesta Bidimensional 8 (Concepto Nave Espacial)

Fuente: Autor

Propuesta generada del concepto de Avión Concorde, se tienen en cuenta la forma del avión, y se establece el dedo medio como el elemento donde se fija a la mano, los sensores se encuentran distribuidos en tres zonas.



Figura 45. Propuesta Bidimensional 9 (Avión Concorde)

Fuente: Autor

Inspirado en la Araña, se desarrolla esta propuesta la cual cuenta con múltiples segmentos, en analogía con las patas de la araña, los cuales se unen en el espacio donde se encuentra el sistema eléctrico.



Figura 46. Propuesta Bidimensional 10 (Concepto Araña)

Fuente: Autor

A partir de la guitarra eléctrica, se toma su forma y se decide proponer un elemento que se fije a la mano por los dedos Índice y medio, se utilizan pequeños tensores a lo largo de la parte superior de la mano, para mejorar la sujeción.



Figura 47. Propuesta Bidimensional 11 (Concepto Guitarra Eléctrica)

Fuente: Autor

Con base en la bicicleta se propone el siguiente elemento, el cual posee dos elementos de fijación a la mano en el dedo índice y meñique, se busca dejar descubierta la palma de la mano y el dedo pulgar.

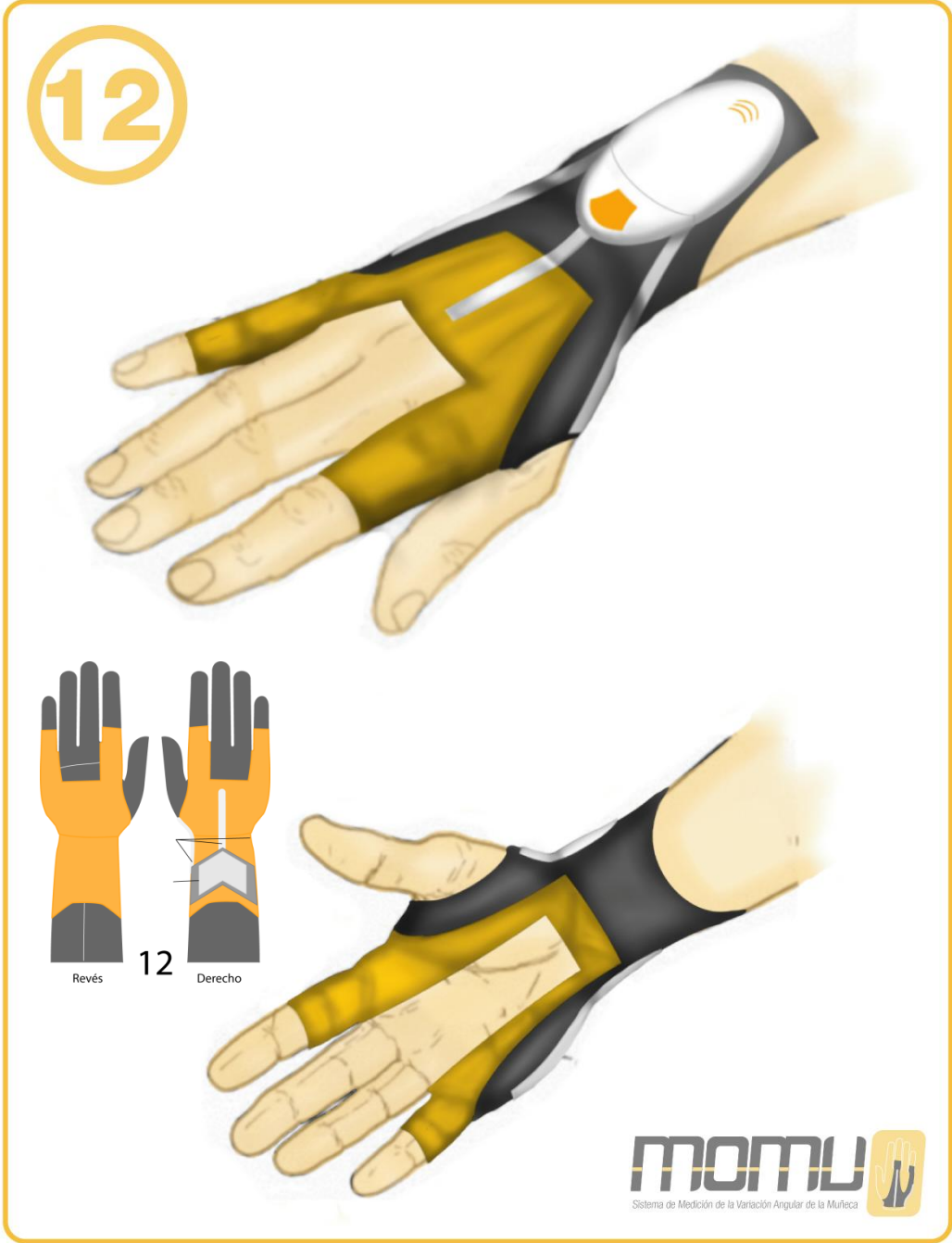


Figura 48. Propuesta Bidimensional 12 (Concepto Bicicleta)

Fuente: Autor

Una vez desarrolladas las propuestas bidimensionales se procede a desarrollar una actividad de valoración por parte del usuario, para lo cual se desarrolla la siguiente prueba.

5.3 VALORACIÓN DE LOS BOCETOS

(Anexo 1)

Valoración de las propuestas bidimensionales por parte del cliente para esta actividad la variable a evaluar es: Aceptación.

Definición de la variable: El grado de afinidad que manifiesta el cliente frente a los diferentes conceptos bidimensionales presentados.

Forma de medición: Mediante una escala de Likert se pretende cuantificar la apreciación que el cliente siente frente a cada una de las propuestas presentadas

- Totalmente en desacuerdo
- Desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

5.3.1 Objetivo de la Prueba

Estudiar el grado de aceptación que poseen los diferentes conceptos bidimensionales.

5.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las valoraciones dadas por el cliente.
- Seleccionar los conceptos a evolución para su posterior maquetado.
- Reestructurar los requerimientos de MoMu según valoraciones del cliente.

5.3.3 Actividad

1. Establecer cita previa para el desarrollo de la valoración.
2. Desarrollo de la valoración (se presentan 12 conceptos al cliente con 2 minutos para la observación para su posterior evaluación).
3. Análisis estadísticos de resultados (la moda y la suma de su puntuación).

5.3.4 Protocolo de la Prueba

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba.

Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba: “Mediante la actividad a desarrollar solicitamos que usted manifieste de forma libre el grado de aceptación que le refiere cada uno de los bocetos a mostrar”

La prueba consiste en mostrarle cada 120 segundos cada uno de los diferentes conceptos los cuales serán explicados de forma verbal. Al finalizar cada concepto usted deberá manifestar mediante una calificación el nivel aceptación que le genere cada uno junto con alguna observación si la hay.

Propuesta 1				
¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Visualmente la propuesta le agrada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observaciones				

Figura 49. Formato de la Prueba

Fuente: Autor

5.3.5 Ejecución de la Actividad

Esta actividad se realizó con personas que integran el grupo de *Investigación en Ergonomía, Producto y Significado*; se integraron personas de otros grupos como elementos de control para evitar sesgos en la actividad.

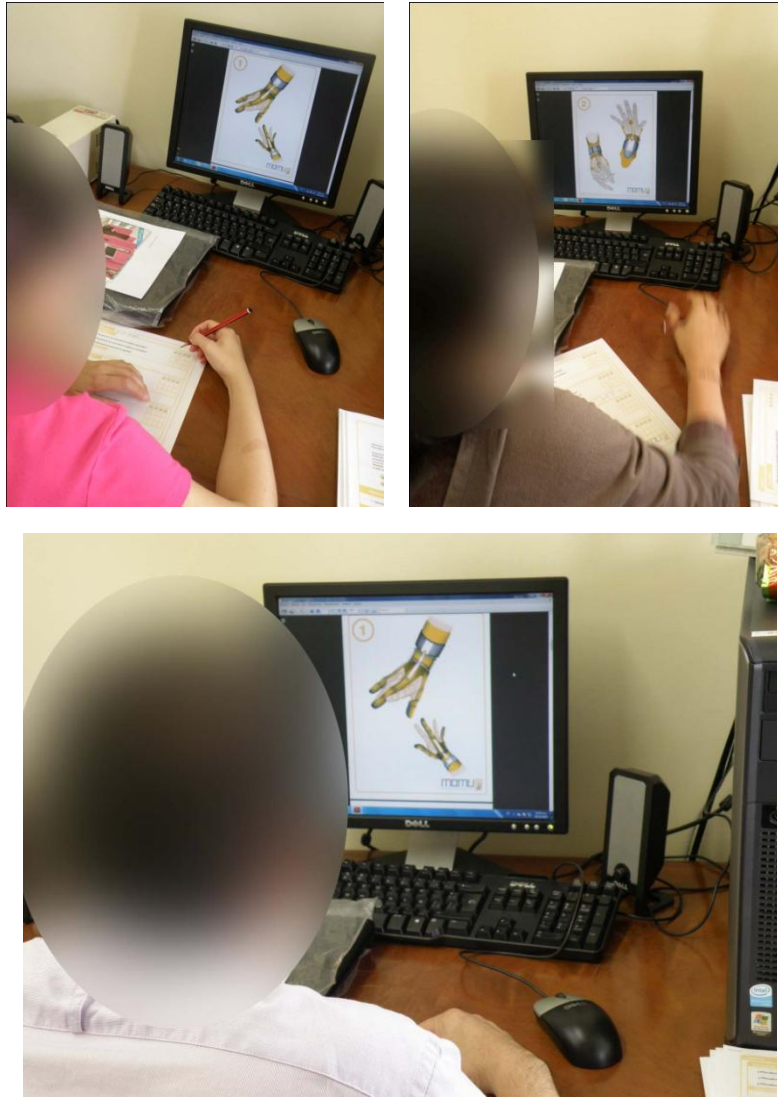


Figura 50. Actividad Valoración de Bocetos

Fuente: Autor

- Algunas observaciones realizadas por los participantes de la Actividad.

Propuesta 2: *“los elementos sobre la mano no sugieren seguridad de quedarse en su lugar, pero si pueden ser más cómodo”.*

Propuesta 4: *“demasiados elementos sujetando los dedos”.*

Propuesta 10: *“se ve incomoda de quitar, por los elementos e cada uno de los dedos”.*

5.3.6 Conclusiones de la actividad

A partir de la valoración y las observaciones obtenidas se establecen las siguientes conclusiones.

- Los elementos que cubren menor superficie de la mano se perciben como más cómodos, que los que la recubren por completo.
- Se valoran como más agradables los elementos que no poseen pliegues en el intermedio de los dedos.
- Las propuestas cuyos elementos de fijación a la mano se encuentran definidos, estiman más seguridad que las demás.
- Los elementos que presentan menos divisiones se aprecian como seguros.
- Los elementos que se percibieron difíciles en el momento de instalación fueron los de menor agrado.
- Se estableció que eran necesarios diferentes tipos de materiales para la construcción del dispositivo, una de las características que debían tener es la diferencia elástica, puesto que se necesita elementos que den rigidez al dispositivo, y otros que permitan adaptarse a diferentes usuarios.
- algunos elementos deben tener la capacidad de absorber líquidos, y otros no dejarlos fluir.

5.4 DESARROLLO DE CONCEPTOS TRIDIMENSIONALES

A partir de las observaciones y las conclusiones obtenidas en la *Actividad Inicial* y la *Valoración de Bocetos* se procede elaborar prototipos tangibles de baja fidelidad usando materiales que poseen características semejantes a las del Modelo Final con el fin de simular algunas de sus propiedades y poder evaluar su comportamiento y la aceptación que generan en el usuario.

Para el desarrollo de estas maquetas se usaron los siguientes materiales

- Velcro
- Lanilla Lycrada
- Tela de forro automotriz

Estos materiales fueron elegidos por sus bajos costos y fácil accesibilidad, además de poseer diferentes texturas y propiedades elásticas.

5.4.1 Modelos



Figura 51. Modelo 1 (A. Lateral Der, B. Frontal, C. Lateral Izq.)

Fuente: Autor



Figura 52. Modelo 2 (A. Lateral Der, B. Frontal, C. Lateral Izq.)

Fuente: Autor



Figura 53. Modelo 3 (A. Posterior, B. Superior, C. Lateral Izq.)

Fuente: Autor



Figura 54. Modelo 4 (A. Posterior, B. Superior, C. Lateral Izq.)

Fuente: Autor



Figura 55. Modelo 5 (A. Superior, B. Lateral Izq., C. Posterior.)

Fuente: Autor



Figura 56. Modelo 6 (A. Lateral Izq., B. Superior, C. Posterior.)

Fuente: Autor

5.5 Validación de Maquetas

(Anexo 2)

Esta prueba se desarrolló con la ayuda del personal que hace parte del sector de planta física de la UIS.

Principio a validar: Satisfacción.

La variable dependiente establecida para esta prueba es la aceptación y está definida de la siguiente manera:

Es la capacidad que tiene el dispositivo MoMu de no intervenir y/o afecta el desarrollo de la actividad laboral del operario a nivel de incomodar o afligir el miembro superior sobre el cual se encuentre situado (antebrazo-mano izquierda o derecha).

5.5.1 Objetivo de la Prueba

Analizar el grado de aceptación que ofrecen las diferentes maquetas elaboradas.

5.5.2 Objetivos Específicos

- Validar las maquetas desarrolladas del dispositivo de sujeción.
- Identificar las alternativas mediante el análisis de los resultados de la prueba.
- Replantear e identificar requerimientos a partir de las observaciones recolectadas dentro del desarrollo de la prueba.

5.5.3 Actividad

1. Acercamiento a las instalaciones de planta física de la UIS, solicitaremos la ayuda del personal que esté disponible al momento.
2. Desarrollo de las actividades de la prueba.
3. Análisis de resultados.
4. Postulación de alternativas.

5.5.4 Protocolo de la Prueba

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba.

Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba: *“Somos estudiantes de diseño industrial de último semestre que nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado el cual consiste en el desarrollo de un sistema de medición de ángulos a nivel de la muñeca en ambientes de trabajo, para lo cual necesitamos de su colaboración la cual consiste en usar cada una de las maquetas presentadas a continuación.”*

La prueba radica en el uso de cada una de las maquetas por medio del operario, en el cual él realizará actividades laborales propias de su profesión con la herramienta idónea y sus respectivos elementos de protección. Al finalizar la actividad el operario mediante observaciones manifestara su opinión frente a las maquetas usadas, al concluir su interacción con cada una de las maquetas él deberá ordenarlas según el nivel de agrado (siendo 1 la más desagradable y 6 la más agradable).

Para el análisis de los resultados se tendrá en cuenta las observaciones y la puntuación dada.

5.5.5 Ejecución de la Actividad

Esta actividad se realizó con personas que laboran en la división de planta física de la UIS en esta ocasión se integró al grupo de la prueba a un deportista como elementos de control³⁴ para evitar sesgos en la actividad.

³⁴ Revista ICB digital. Artículo 17. Noviembre de 2003. Madrid, España



Figura 57. Desarrollo Prueba Validación de Maquetas

Fuente: Autor



Figura 58. Desarrollo Prueba Validación de Maquetas (Control Deportista)

Fuente: Autor

- Algunas observaciones realizadas por los participantes de la Actividad Modelo 1 *“el elemento es muy rígido, e impide el movimiento, se siente demasiado apretado”*.
Modelo 2 *“es agradable, pero se siente muy suelto, puede que se enrede con cualquier cosa”*.
Modelo 4 *“me gusta, la mano queda más descubierta, casi no se siente”*.

5.5.6 Conclusiones de la actividad

- Se notan los inconvenientes al momento de instalar el dispositivo en el operario, es necesario replantear la forma de cómo se va a instalar.
- Las propuestas que presentaron mayor aceptación por parte de los participantes en la actividad fueron la 4, 5 y las 6.
- Se evidencian diferentes comportamientos del material, se observa que se generan arrugas sobre los lugares donde se encuentran las articulaciones, este hecho se convierte en un comportamiento a corregir en las alternativas finales.
- En el proceso de evaluación se decide separar el elemento que va sujeto sobre el antebrazo y a la mano, con el fin de optimizar el proceso de sujeción, además de evitar pliegues y ampliar la posibilidad de usar diferentes materiales, debido a que se necesita un material con mayor elasticidad para que adopte la morfología de la mano, y otro de mayor rigidez para contener el sistema electrónico.
- Se descartan los materiales empleados en estos modelos por sus acabados finales, además se establece que para el Modelo funcional final, el proceso de corte se realizará en máquina de corte laser debido a la exactitud del proceso y a su fácil replicación.
- Se propone un único elemento de sujeción al antebrazo que se adapte a las diferentes propuestas de sujeción de la mano.
- El elemento de sujeción al antebrazo debe poseer un sistema de ajuste, es decir que varié sus dimensiones según el usuario.
- Las alternativas deben poder variar el perímetro de la muñeca.

5.6 Desarrollo de Alternativas.

5.6.1 Elemento de Sujeción al Antebrazo.

Modelo 1

En Primera instancia se elaboró un elemento compuesto de dos piezas, una encargada de acoplarse al brazo y absorber el sudor (material suave) y la otra pieza es la encargada de la parte electrónica y de las correas (material duro). En este modelo se implementaron correas y pasadores anchos, además se instaló velcro en medio de las piezas para evitar que estas se separen.



Figura 59. Modelo 1 Elemento de sujeción al antebrazo

Fuente: Autor

Modelo 2

Se evoluciona el concepto previo eliminando las correas y pasadores anchos, se depura la forma del elemento buscando que esta indique su sentido de uso, además se implementa un sistema de pasadores y correas que permitan separar las dos piezas, esto con el fin de poder lavar la pieza que entra en contacto con el usuario cuando esta lo amerite.



Figura 60. Modelo 2 Elemento de sujeción al antebrazo

Fuente: Autor

5.6.2 Elemento de Sujeción a la Mano

Nuevamente en esta etapa se replantean los requerimientos además se decide volver a la etapa de concepto, se desarrollan tres conceptos bidimensionales a partir de los cuales se construyen los modelos de las alternativas a validar con el usuario, en estos modelos se continúan empleando los materiales que se usaron anteriormente.

Alternativa 1



Figura 61. Propuesta Bidimensional Alternativa 1

Fuente: Autor



Figura 62. Modelo Alternativa 1

Fuente: Autor

En esta propuesta se buscó al máximo dejar descubierta la palma de la mano con el fin de que el usuario no sintiera ningún elemento que pudiera cohibir su actividad laboral, se gradúa el elemento al envolverlo alrededor de la muñeca y fijarlo con velcro sobre la mano.

A través del dedo medio y meñique se fija el elemento a la mano, se sustrae el material que se encuentra en medio de estos dedos buscando reducir las arrugas que se generan al hacer el movimiento de aprehensión. Este elemento no se adhiere al resto del dispositivo, busca dejar libre la mano de los demás elementos.

Alternativa 2

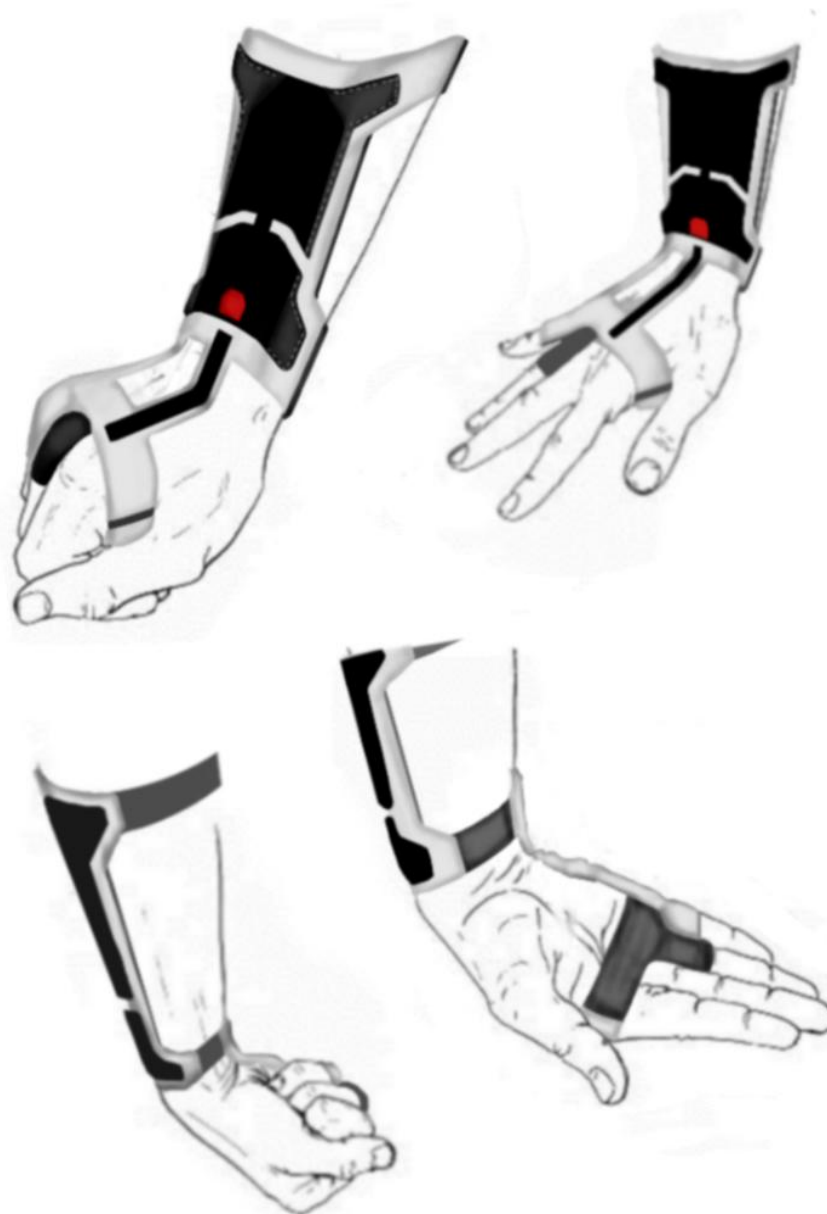


Figura 63. Propuesta Bidimensional Alternativa 2

Fuente: Autor



Figura 64. Modelo Alternativa 2

Fuente: Autor

En esta alternativa el elemento se sujeta al dedo medio y al meñique, por debajo del nivel de la falange permitiendo el movimiento libre de los dedos, además posee un elemento de afiance que envuelve la palma de la mano y se ajusta en medio de los dedos pulgar e índice, permitiendo allí la variación de acuerdo a la mano del usuario.

Se busca dejar descubierta la base de la palma de la mano, y ocupar el espacio del hueco de la mano con el fin de no dejar que sobresalga el elemento de sujeción y así evitar que este pueda atascarse con algún elemento del ambiente.

Este elemento se adhiere al resto del dispositivo por los sensores, esto con el fin de evitar las arrugas que se generan al articular la muñeca.

Alternativa 3

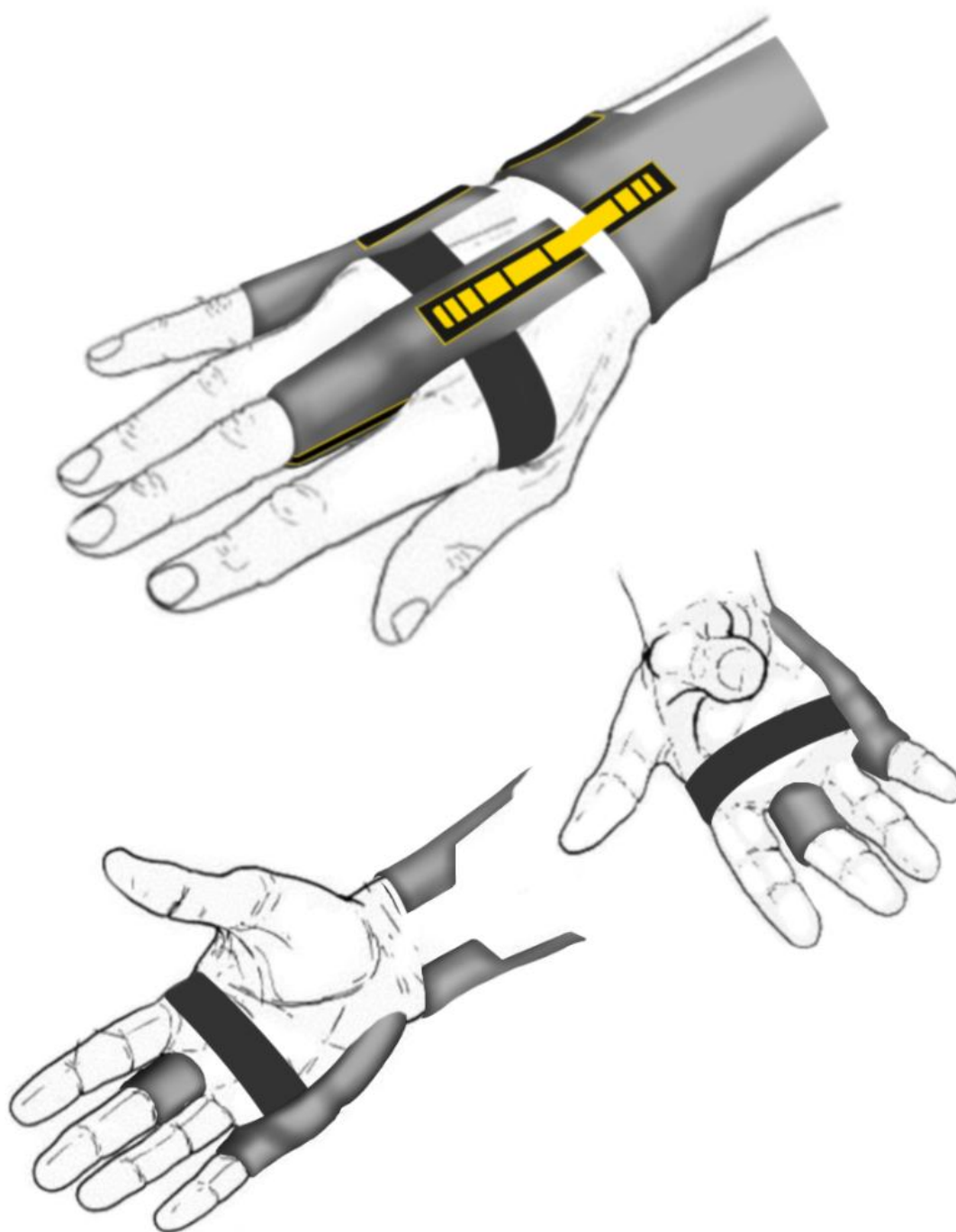


Figura 65. Propuesta Bidimensional Alternativa 3

Fuente: Autor



Figura 66. Modelo Alternativa 3

Fuente: Autor

En esta propuesta se buscó reducir el material que está en contacto con la mano, además se busca dar mayor sensación de libertad, los elementos no se encuentran unidos en la palma de la mano sino sobre la parte posterior a ésta, además éste permanece libre del dispositivo, y se ajusta sobre el costado de la mano, al lado del dedo meñique.

5.7 Validación de Alternativas con usuarios

(Anexo 3)

Selección de alternativa final.

Esta prueba se divide en dos fases:

En primera instancia se desarrollaran actividades con los operarios en los cuales se evaluará la aceptación y el uso del dispositivo MoMu.

En la segunda fase se desarrollaran actividades con el cliente en la cuales se evaluarán la forma como es instalando el dispositivo y la biomecánica de la mano usando el dispositivo MoMu.

5.7.1 Objetivo de la Prueba

Determinar la alternativa final a construir.

5.7.2 Objetivos Especificos

- Obtener la valoración y las apreciaciones de los operarios.
- Analizar las alternativas con los clientes.
- Estudiar los aspectos técnicos y formales del Funcionamiento de las alternativas.
- Reestructurar los requerimientos de la alternativa final.
- Analizar resultados y proponer mejoras.

5.7.3 Actividad

Fase 1

- Acercamiento a las instalaciones de planta física de la UIS, se solicitó la ayuda del personal que esté disponible al momento.
- Desarrollo de las actividades de la prueba.

- Análisis de resultados.

Fase 2

- Establecer cita previa para el desarrollo de la valoración.
- Desarrollo de la valoración.
- Análisis de resultados.
- Confrontación de los resultados de ambas Fases y elección del modelo final, junto con el replanteamiento de los requerimientos del modelo Funcional.

5.7.4 Protocolo de la Prueba

Fase 1

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborará en el desarrollo de la prueba. Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba:

“Somos estudiantes de diseño industrial de último semestre que nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado el cual consiste en el desarrollo de un sistema de medición de ángulos a nivel de la muñeca en ambientes de trabajo, para lo cual necesitamos de su colaboración la cual consiste en usar cada una de las siguientes alternativas”

Posterior al saludo se da comienzo a la prueba la cual radica en el uso de cada una de las alternativas por medio del operario durante un tiempo no superior a 5 minutos, en el cual él realizará sus actividades con la herramienta idónea y sus respectivos elementos de protección. Al finalizar la actividad el operario mediante observaciones manifestara su opinión frente a las alternativas usadas, al concluir su interacción con cada una de las alternativas él deberá calificarlas según su interacción con la respectiva alternativa (siendo 1 la de menos le agrado y 3 la de mayor agrado).

Para el análisis de los resultados se tendrá en cuenta las observaciones dadas por los Operarios y se hará un análisis de la clasificación de las alternativas.

Fase 2

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborará en el desarrollo de la prueba. Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba:

“Mediante la actividad a desarrollar solicitamos que usted manifieste de forma libre sus apreciaciones frente a las alternativas a evaluar”

La prueba consiste en mostrar cada alternativa explicando su funcionamiento, posterior a ello se esperará las apreciaciones a nivel técnico que el cliente manifiesta sobre cada alternativa.

Al tener los resultados de ambas fases se procede a confrontarlos y determinar la alternativa a construir.

5.7.5 Ejecución de la Actividad

En esta actividad se contó con la participación de la Doctora Maria Cristina Sandoval directora de la escuela de fisioterapia de la Universidad Industrial de Santander³⁵, a quien se vinculó en este proceso como elemento de control para evitar sesgos en la actividad. Ella cumple con las características de un usuario arquetípico del producto puesto que ha tenido la oportunidad de emplear diferentes equipos de medición, en el desarrollo de investigaciones referentes a los movimientos del cuerpo humano, además con ella se lleva un proceso de acompañamiento del proyecto.

³⁵ http://201.234.78.173:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000181021 17 enero de 2011, 2.30 pm hora local colombiana



Figura 67. Desarrollo de la Prueba Selección Alternativa Final

Fuente: Autor

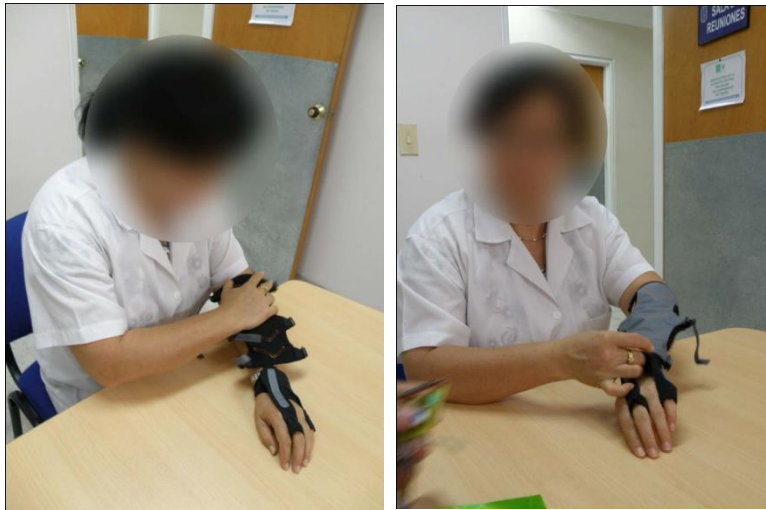


Figura 68. Desarrollo de la Prueba Selección Alternativa Final (Control fisioterapeuta)

Fuente: Autor

Algunas observaciones realizadas por los participantes de la Actividad.

Alternativa 1

- *“Dificultad para identificar el sentido de uso, buena movilidad facilita la relación herramienta mano”.*
- *“Esta alternativa es la que ofrece más comodidad a la mano en sus funciones y acalora menos. Es más coherente y tiene menos elementos sueltos”.*

Alternativa 2

- *“El elemento de sujeción en la palma de la mano dificulta las tareas de sujeción con la mano completa, por ejemplo al cerrar la mano en puño”.*

Alternativa 3

- *“La porción ubicada sobre la palma de la mano dificulta la manipulación”.*
- *“No presta suficiente agarre a la mano, puede que la medida sea imprecisa y genere desconfianza”.*

5.7.6 Conclusiones de la actividad

- Se determinó como alternativa final para la construcción del modelo funcional, la Alternativa 1, de forma general fue la que obtuvo mayor puntuación y aceptación por parte de los participantes de esta actividad.
- Es necesario replantear la sujeción de esta alternativa debido a que se ajusta al envolverse sobre la muñeca y esto puede obstruir el movimiento de la articulación.
- Al estar la palma de la mano descubierta no se afecta la movilidad y facilita la relación herramienta – mano.
- Debe poseer una señalización o elemento que identifique la ubicación de los dedos, para evitar confusiones en el momento de la instalación.
- Mejorar la forma de sujeción a la muñeca, puesto que el perímetro de la muñeca varía según el usuario, y es posible llegar a presentar inconvenientes en personas que posean muñecas delgadas.
- Es necesario desarrollar diferentes tallas del elemento que se sujeta a la mano.
- El dispositivo MoMu debe resguardar los sensores y poseer un espacio claro que indique su manipulación.
- Se establece que el elemento de sujeción al antebrazo debe ajustarse en el espacio anterior a la muñeca, lo cual permite que este gire con la rotación de la mano cuando está lo haga.

5.8 Desarrollo software de visualización de datos.

Este software es desarrollado en conjunto con el dispositivo MoMu, teniendo en cuenta que la adquisición y el procesamiento de la información es en tiempo real, se hace necesario el desarrollo de un sistema que permita visualizar y almacenar dichos datos, por tanto este software es el medio desarrollado para tales fines.

Se establece como requerimiento principal la coherencia formal entre dichos productos, para establecer un mismo lenguaje de uso, lo cual con lleva a disminuir la curva de aprendizaje por parte de los distintos tipos de usuarios, además evita posibles frustraciones en cualquiera de ellos.

5.8.1 Maqueta 1

Teniendo en cuenta la AI y el ID, además de supuestos que se realizan y se preveen protocolos de investigación se desarrolla la primera maqueta del software, donde se dota de todas las característica posibles a usarlo.

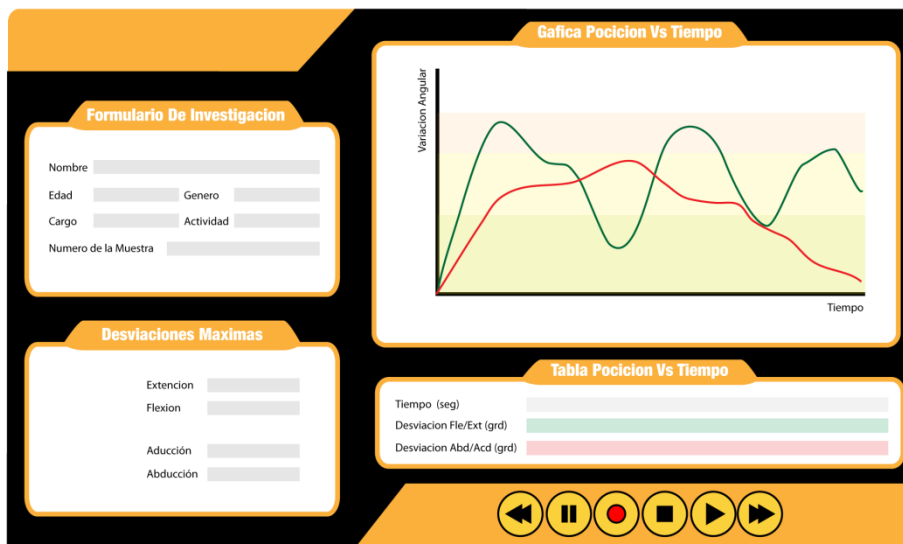


Figura 69. Maqueta 1 Del Software

Fuente: Autor

Dentro de la Barra de herramientas Principal se establece, las siguientes herramientas según su frecuencia de uso e importancia dentro de las actividades de recolección y análisis de datos.



Figura 70. Barra de herramientas Principal Maqueta 1 Del Software

Fuente: Autor

- Documento nuevo: esta propiedad le permite al usuario generar una nueva hoja de trabajo, además de elegir el tipo de plantilla, según lo indique el protocolo de dicha investigación.
- Guardar: le permite al usuario almacenar una muestra nueva dentro de una ubicación según lo indique el usuario, bajo el nombre que éste le dé en el número de la muestra.
- Imprimir: teniendo en cuenta que según el criterio del investigador el querrá analizar, la información de formas diferentes se le brinda la opción de imprimir.
- Borrar: es la opción de eliminar una muestra según el usuario crea, ya sea por sesgo o alteración de la información producto de una falla en el dispositivo MoMu.
- Opciones de visualización, le permite configurar la visualización de los diferentes elementos que componen el software.
- Ayuda: se encuentra una breve explicación de los diferentes mandos y sus funciones.

Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior del Software en analogía con la mayoría de programas.

Formulario De Investigacion

Nombre

Edad Genero

Cargo Actividad

Numero de la Muestra

Desviaciones Máximas

Extencion

Flexion

Abduccion

Abduccion

Figura 71. Formulario de Investigación y Desviaciones Máximas de la Maqueta 1 Del Software

Fuente: Autor

El formato de investigación lo establece el protocolo de dicha investigación, se establecen 3 formatos previamente diseñados o plantillas y la opción de desarrollar otra a voluntad del usuario.

Las desviaciones máximas, es la prueba que se realiza de la desviación estática, es decir, el operario sin realizar ninguna actividad, articula la muñeca en las cuatro direcciones a su máxima inclinación natural.

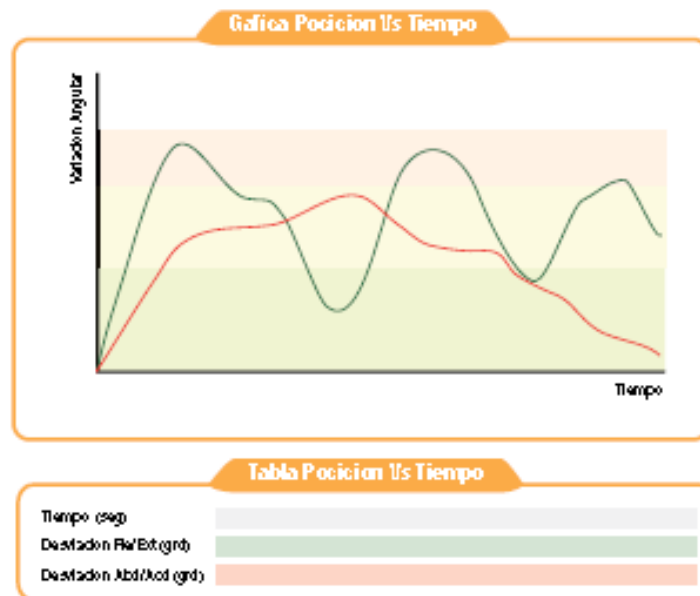


Figura 72. Visualización de Datos Maqueta 1 del Software

Fuente: Autor

El software ofrece 2 medios en los cuales se puede visualizar la información recolectada, mediante una gráfica de variación angular Vs tiempo, o la tabla de dicha gráfica, teniendo en cuenta que la muñeca tiene 2 grados de libertad se generan dos curvas, para el ejemplo la curva 1 (verde) representa la articulación a nivel de flexión o extensión, y la curva 2 (rojo) representa la articulación a nivel de aducción o abducción.



Figura 73. Barra de Controles Maqueta 1 del Software

Fuente: Autor

Barra de controles de la prueba, mediante estos se da inicio a la recolección de datos, y se puede manipular la visualización de los mismos.

5.8.2 Evaluación de la Maqueta 1.

Al evaluar esta maqueta se tiene como resultado que ha sido dotada de muchas funciones que el usuario no va a utilizar y que puede llegar a confundirlo, por tanto se hace necesaria una depuración de estas, para ello se realiza una visita a la directora de la escuela de Fisioterapia de la UIS, con ella se elabora una maqueta de baja fidelidad, (boceto) donde ella manifiesta sus deseos, y los elementos que se consideran indispensables.

5.8.3 Secuencia de Escenarios³⁶

Esta prueba se realiza para identificar el modelo conceptual del usuario frente al software a desarrollar.

Consiste en llevar hojas en blanco y junto con el cliente desarrollar el modelo del software. Los posibles espacios dentro del software junto con sus mandos.

³⁶ <http://www.ucc.ie/hfrg/projects/respect/urmethods/storyb.htm> 15 Enero de 2011. 2.00 am, hora local colombiana

5.8.4 Objetivo de la Prueba

Obtener un acercamiento al modelo mental del usuario.

5.8.5 Objetivos Específicos

- Desarrollar una secuencia de escenarios junto con el cliente.
- Confrontar el modelo conceptual del usuario con el diseño de la interacción del sistema.

5.8.6 Actividad

Esta secuencia consiste en plantearle al usuario el desarrollo de un software para la toma de datos a nivel de la muñeca en sus dos grados de libertad, para lo cual se le pide que plasme en el papel como desearía que fuera el software, los mandos (botones) y las características y cualidades que el software deberá poseer. Para desarrollar esta prueba se requiere de usuarios que hayan tenido experiencias previas con software de este tipo (estudios de la biomecánica del cuerpo).

5.8.7 Desarrollo de la Secuencia de Escenarios

A partir de este nuevo concepto se compara el prototipo de baja fidelidad con la Maqueta 1 y se decide desarrollar una nueva propuesta.

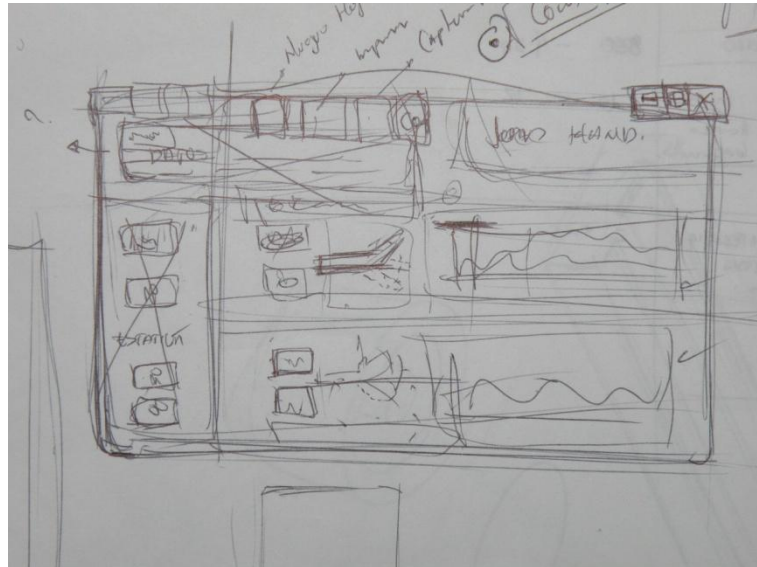


Figura 74. Prototipo baja fidelidad del Software

Fuente: Autor

5.8.8 Maqueta 2

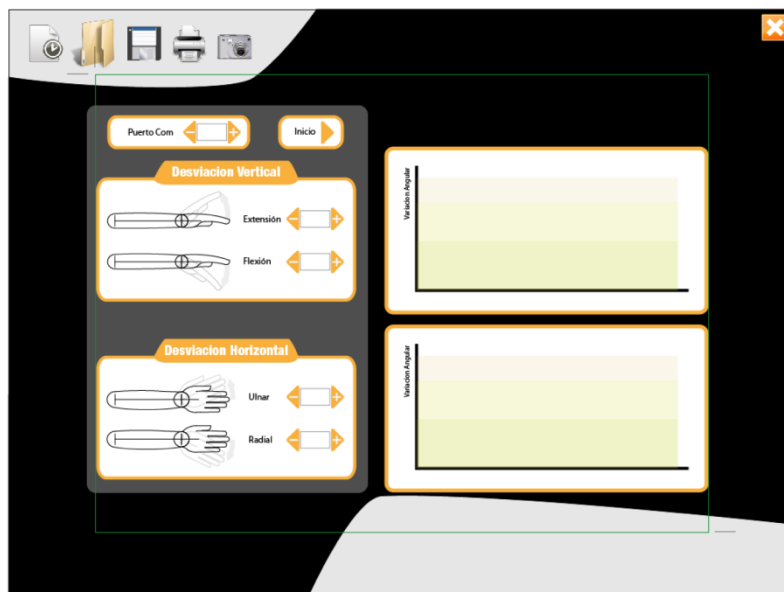


Figura 75. Maqueta 2 del Software

Fuente: Autor

En esta maqueta el software está dividido en tres secciones, la barra de tareas principales, el espacio de configuración y calibración, visualización de los datos.

Los supuestos en los que se basa esta nueva propuesta son las observaciones dadas por el usuario y el hecho que debe existir un protocolo de uso junto con un archivo sobre el cual se anotan los datos personales del operario y las observaciones

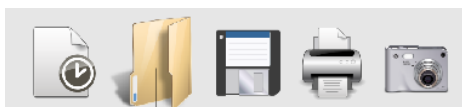


Figura 76. Barra de herramientas Principal Maqueta 2 del Software

Fuente: Autor

Dentro de la Barra de herramientas Principal se establecen, las siguientes herramientas según su frecuencia de uso:

- Documento nuevo: le permite al usuario generar una nueva hoja de trabajo.
- Abrir: permite al usuario observar y modificar un archivo existente.
- Guardar: permite al usuario almacenar una muestra nueva dentro de una ubicación según el lo indique .
- Imprimir: teniendo en cuenta el criterio del investigador el querrá analizar, la información de formas diferentes se le brinda la opción de imprimir.

Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior del Software en analogía con la mayoría de programas.

Espacio de configuración y calibración.

Teniendo en cuenta que es un elemento que se adapta a las personas, es necesario desarrollar un espacio donde se pueda calibrar el Dispositivo MoMu, este espacio está compuesto por:

Configuración

- Puerto Com: es un requerimiento de fabricación puesto que la señal bluetooth al ser instalada en el PC toma un puerto diferente cada vez.
- Inicio: Botón que controla el inicio de la toma de datos.

Calibración

La calibración se da al inicio de la prueba donde se configura el punto 0 en todas las posibles desviaciones, una vez calibrado el punto 0 se da inicio a la prueba.

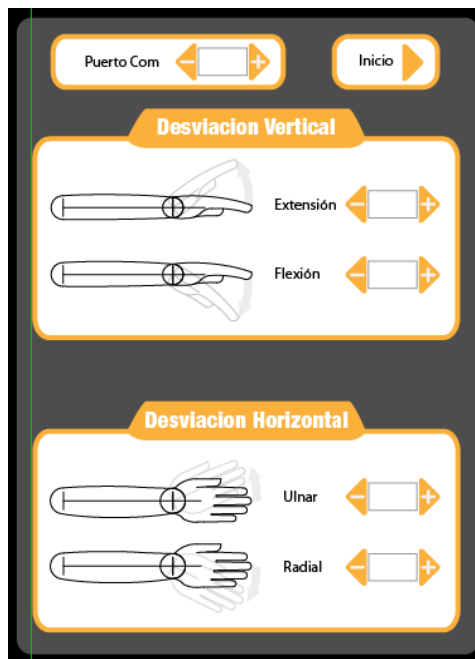


Figura 77. Espacio de configuración y calibración del Software Maqueta 2

Fuente: Autor

Visualización de los datos.

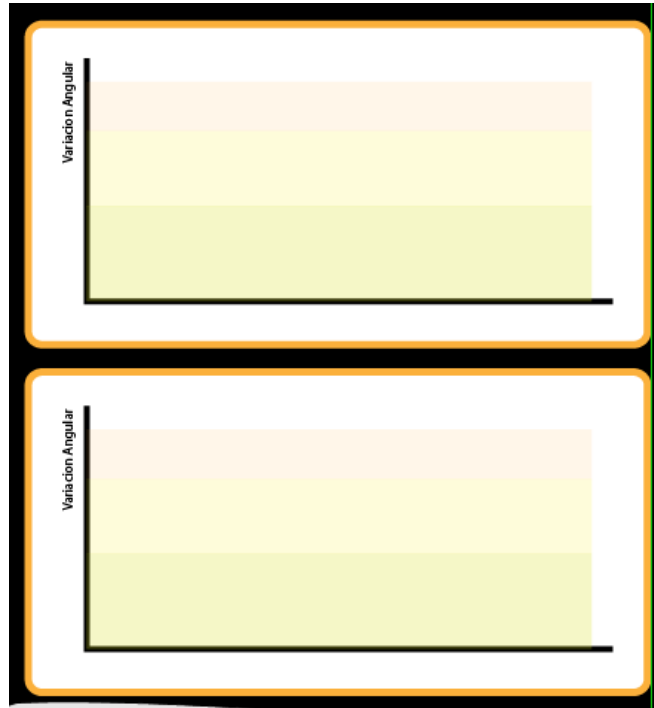


Figura 78. Espacio de Visualización de los datos del Software Maqueta 2

Fuente: Autor

Para la visualización de los datos el software posee dos gráficas en las cuales se observa la toma de datos, estas gráficas corresponde cada una al plano en el que se está dando el movimiento.

5.8.9 Evaluación Maqueta 2

Junto con las alternativas del Dispositivo MoMu se presenta esta maqueta para ser validada por parte de la Directora de la escuela de Fisioterapia, ella manifiesta su aceptación a esta propuesta sugiere cambios en el nombre de las variaciones, y de los ejes en los que se está agrupando los movimientos.

Además indica que no es necesaria una clasificación a nivel de la desviación puesto que aún no se han realizado estudios sobre en qué momento la desviación es más traumática, por tanto la gráfica no debe llevar niveles que indiquen esto.



Figura 79. Evaluación de la Maqueta 2 del Software

Fuente: Autor

Una vez terminada esta comprobación se procede a desarrollar las mejoras sugeridas, junto con el desarrollo técnico del software. En este proceso se eliminan algunos elementos y se procede a ser cambios tales como la separación del espacio de configuración y calibración. Los mandos que hacían parte de la configuración, se convierten en los elementos que integran la barra principal de herramientas, la cual queda compuesta por:

Puerto Com, Reset, Inicio y Stop.

Este cambio es posible ya que cada vez que se da inicio, o se corre el software, el genera un archivo nuevo, y al momento de parar, automáticamente guarda el archivo bajo el nombre que el usuario le otorgue en un formato .txt.

Esta propuesta se presenta a algunos miembros del GEPS, donde sugieren cambiar el término Stop, por Detener.

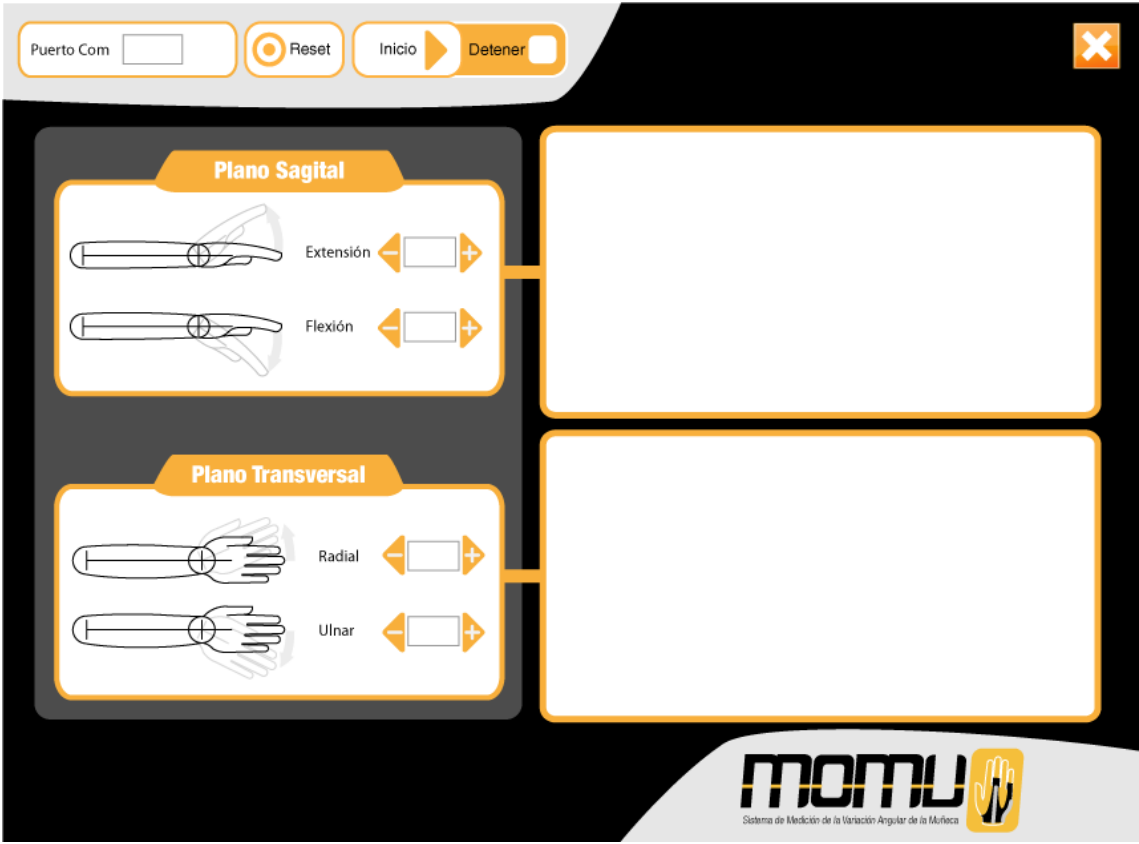


Figura 80. Propuesta Final del Software MoMu

Fuente: Autor

6. CONSTRUCCIÓN MODELO FUNCIONAL

6.1 ELEMENTO DE SUJECIÓN A LA MANO

Para la construcción del elemento de sujeción a la mano se evaluó tres tipos diferentes de lycras disponibles en la ciudad de Bucaramanga:

	Lycra-algodón	Lycra-nylon	Lycra-poliéster
Componentes	95% algodón, 5% lycra	80% nylon, 20% lycra	95% poliéster, 5% lycra
Peso	250 GSM	120 GSM	160 GSM
Ancho	60 plg	60 plg	60 plg
Precio por metro	14.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos

Tabla 5. Lycras

Fuente: Autor

Analizando la tabla anterior, se selecciona la lycra-nylon para la fabricación del elemento de sujeción a la mano debido a que el precio por metro es igual o semejante a las otras telas analizadas, además, esta clase de lycra posee un peso menor que el de las otras dos clases de lycras y su ancho es igual que las demás. También la lycra-nylon posee mayor porcentaje de lycra (spandex) el cual da la propiedad elástica de la tela y genera menos arrugas que las otras dos clases de lycras.

El proceso de construcción de este elemento inicia con el desarrollo de las partes que lo componen (3 piezas en lycra-nylon y 2 en tela impermeable por cada talla), para un total de tres pares por set. Donde de un metro de lycra-nylon se pueden elaborar 42 pares de elementos de sujeción a la mano para un total de 7 sets, con un desperdicio alrededor del 5%.

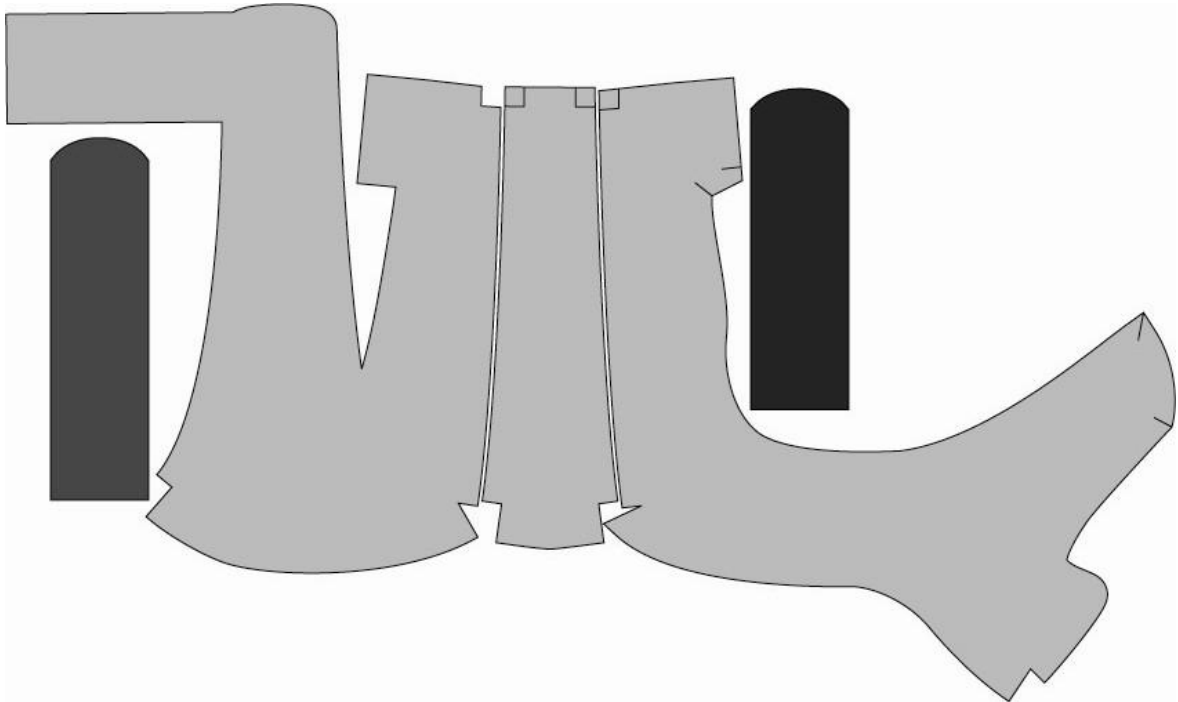


Figura 81. Piezas elemento de sujeción a la mano

Fuente: Autor

Una vez elaborado la silueta (vector) se procede al corte laser, se elige este proceso puesto que este garantiza la exactitud de la pieza final. Para el proceso de armado se tienen en cuenta algunas tolerancias, estas se incluyen en la silueta a cortar.

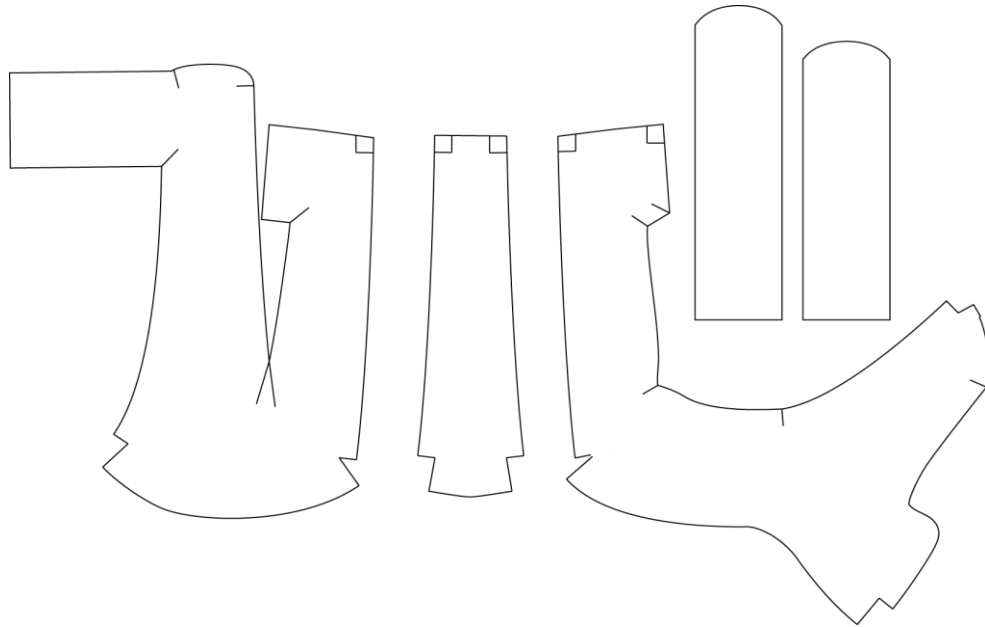


Figura 82. Silueta para corte laser

Fuente: Autor



Figura 83. Piezas cortadas

Fuente: Autor

Luego de tener las piezas cortadas se procede a llevarlas a la persona encargada del ensamble.



Figura 84. Embonado, armado y costura del elemento de sujeción a la mano

Fuente: Autor



Figura 85. Elemento de sujeción finalizado

Fuente: Autor

6.2 ELEMENTO DE SUJECIÓN AL ANTEBRAZO

El proceso de elaboración del elemento de sujeción al antebrazo es semejante al anterior, este elemento consta de dos piezas que se sobre ponen la una a la otra.

Pieza 1

Para la elaboración de esta pieza se evaluó tres clases de telas impermeables debido a que sobre esta pieza se encuentra el sistema electrónico por lo cual es importante aislar los fluidos de la parte electrónica:

	Llama impermeable	Oxford impermeable	Taslan impermeable
Componentes	100% algodón	100% poliéster	100% nylon
Peso	270 GSM	420 GSM	150 GSM
Ancho	60 plg	60 plg	60 plg
Precio por metro	27.000 pesos colombianos	35.000 pesos colombianos	15.000 pesos colombianos

Tabla 6. Telas impermeables

Fuente: Autor

De acuerdo a la tabla 6, se opta por la tela taslan impermeable para la elaboración de esta pieza debido a que es más liviana en comparación con sus oponentes analizados, además, de poseer el mismo ancho que las otras telas impermeables y presenta mejor precio que las otras telas. Con la taslan impermeable se logra optimizarla para obtener alrededor de 54 siluetas en un metro de tela lo cual equivale a 27 piezas.

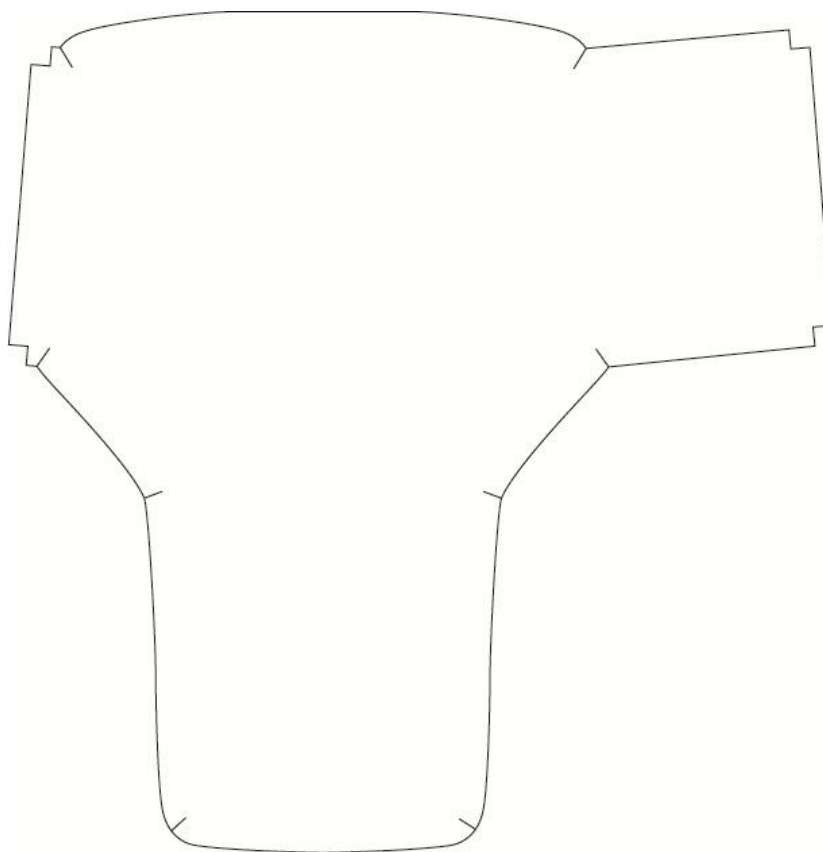


Figura 86. Silueta para corte laser.

Fuente: Autor



Figura 87. Embonado, armado y costura de la pieza 1

Fuente: Autor

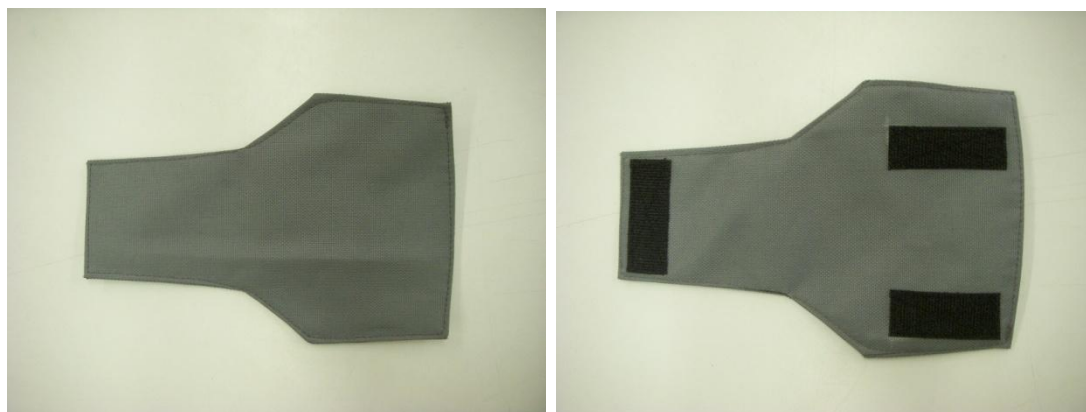


Figura 88. Pieza 1 finalizada

Fuente: Autor

Pieza 2

Para la elaboración de esta pieza se selecciona la tela lycra-algodón de la tabla 1, debido a las propiedades de absorción del algodón³⁷ con lo cual se puede reforzar el aislamiento de los fluidos en el elemento de sujeción en el antebrazo durante la toma de datos. Igualmente que la pieza anterior, con un metro de tela lycra-algodón se logra obtener 54 siluetas para un total de 27 piezas por metro de tela y un desperdicio menor al 8%.

³⁷ Charles E. Carraher, Jr. GIANT MOLECULES, Essential materials for everyday living and problem solving, second edition. Jhon Wilet & Sons, inc., publication. New Jersey, Estados Unidos de America, 2003. ISBN: 0-471-27399-6.

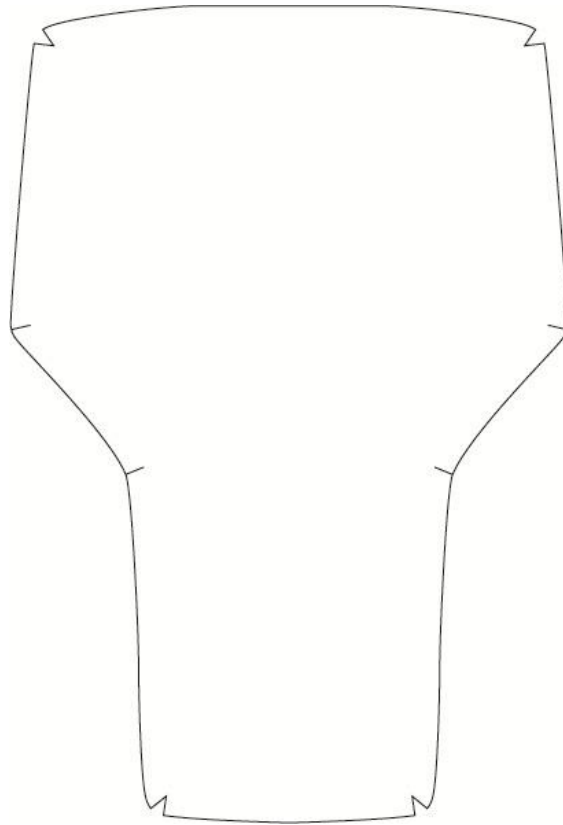


Figura 89. Silueta de la pieza 2 para corte laser

Fuente: Autor



Figura 90. Embonado, armado y costura de la pieza 2

Fuente: Autor



Figura 91. Pieza 2 finalizada

Fuente: Autor

6.3 EMPAQUE

El sistema MoMu requiere de un empaque resistente a los golpes y fracturas para evitar daños en el sistema electrónico, por tal motivo se adquiere una carcasa

resistente con colores alusivos a MoMu dentro del cual se podrá empacar el modelo funcional. Además, dentro de la carcasa se encuentran láminas de yumbolon para absorción de los impactos.



Figura 92. Empaque

Fuente: Autor

6.4 ELEMENTO DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para proteger el sistema electrónico de golpes, fluidos y demás factores que puedan incurrir en el daño o deterioro del mismo, es conveniente proponer una carcasa que lo cubra de estos factores. Para el producto final es recomendable el uso de ABS para la fabricación de la pieza, y para el desarrollo del modelo funcional se construye con resina poliéster y termo-conformado por su bajo costo y cualidades de dureza. Adicionalmente, esta pieza permite la extracción de la batería para realizar su correcta recarga.

Propuesta para producto final: elemento fabricado con ABS.

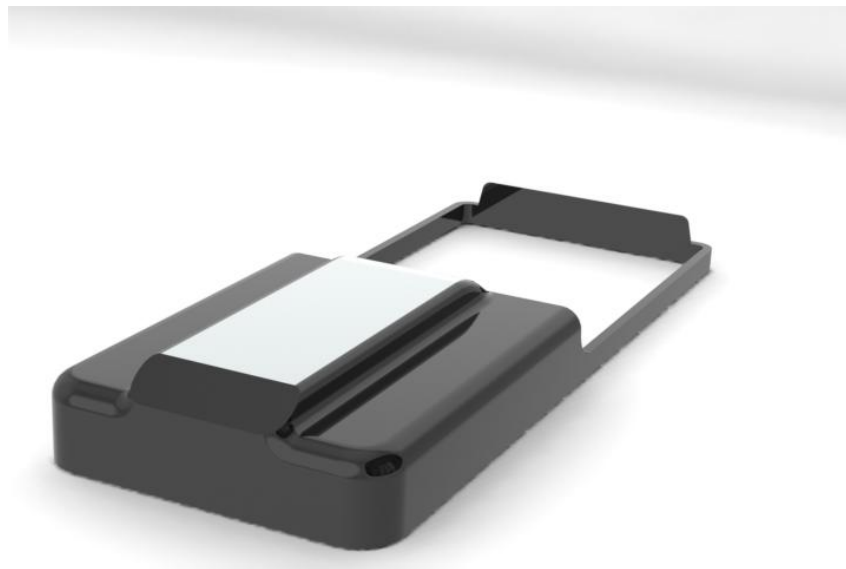


Figura 93. Render del elemento de protección

Fuente: Autor

Propuesta para modelo funcional: elemento fabricado por termo conformado.

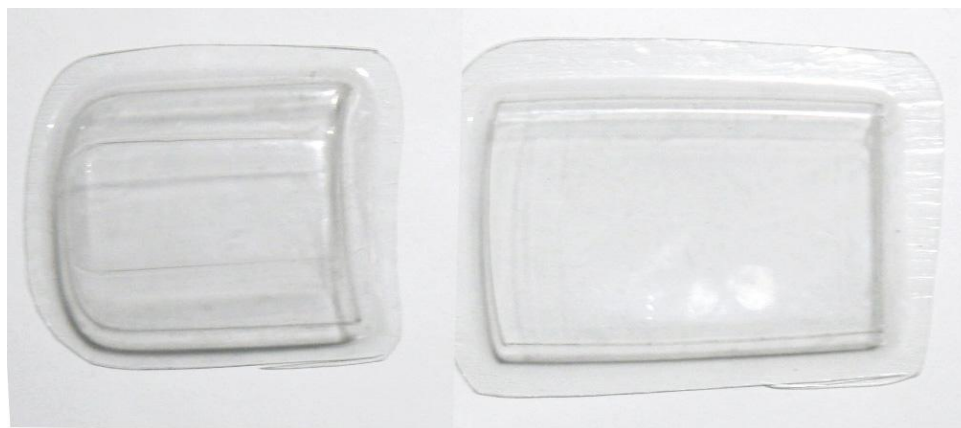


Figura 94. Termo conformado del elemento de protección.

Fuente: Autor

6.5 SISTEMA ELECTRÓNICO

Se ha diseñado un sistema de adquisición de datos, basado en el microcontrolador dsPIC 30F2011 de Microchip, el cual tiene la función de digitalizar las señales eléctricas enviadas por los sensores de flexión y además de esto servir como pasarela de comunicaciones entre el PC de control y los sensores. Adicionalmente se anexa el código utilizado para la configuración electrónica, (Anexo 4), Con el cual se hizo la comprobación del principio electrónico.

COMPROBACIÓN ELECTRÓNICA

En este punto se confrontó el sistema electrónico desarrollado con el goniómetro manual para establecer la ecuación a usar en la programación electrónica.

Sobre la alternativa final se instaló el sistema electrónico y se sobrepuso el goniómetro manual con el cual se pretendió verificar la información arrojada por el sistema electrónico con cada uno de los sensores usados. La prueba realizada fue estática debido a que el goniómetro manual marca Prestige Medical arroja datos estáticos donde se observó medidas a diferentes ángulos (30°, 45° y 60°). Los datos obtenidos en la prueba se tabularon en Excel y a partir de ellos se construyó la gráfica con la cual se pudo determinar la ecuación a usar en la programación del sistema electrónico.

Una vez programado tanto el sistema electrónico como el software se procede a una nueva confrontación con el goniómetro manual, donde se posicionaba tanto MoMu como el goniómetro manual en un mismo ángulo y se verificaban los datos obtenidos y se pudo observar que el margen de error del sistema MoMu no superó los tres grados, cabe mencionar que el goniómetro manual marca Prestige Medical posee un margen de error del 5%³⁸.

³⁸ Revista Invet. 2008, Volumen 12, N° 2, página 65-72. Universidad de Buenos Aires.
ISSN: 1514-6634

ELECTRÓNICA DIGITAL EMPLEADA

Como sistema básico de control y adquisición de datos, se ha seleccionado el dspic 30F2011, un microcontrolador de bajo consumo que se adapta a los requerimientos del proyecto planteado.

En una aplicación inalámbrica como la que se ha propuesto, resulta de vital importancia el manejo correcto del consumo de potencia de los elementos utilizados.

Por esta razón se ha seleccionado el dspic 30F2011, el cual emplea niveles de tensión bajos para la alimentación del dispositivo, permitiendo prolongar el periodo de utilidad de las baterías empleadas.

ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Para la medición de los ángulos de flexión se han seleccionado sensores lineales de carácter resistivo, en los cuales varía la magnitud de resistencia presente en sus terminales de forma proporcional con el ángulo de flexión aplicado al sensor.

De esta manera se busca digitalizar la variación en la resistencia del sensor, para determinar así en cada instante la posición angular del sensor.

La conversión de las magnitudes resistivas a variación eléctrica, se realiza midiendo el potencial eléctrico presente en los terminales de cada sensor. Cabe resaltar que es importante realizar un acondicionamiento de señal que permita medir valores de voltaje estables y con relativa inmunidad al ruido.

Existen configuraciones electrónicas que permiten acondicionar señales eléctricas, es el caso de divisores de voltaje, puentes de Wheatstone o empleando amplificadores operacionales, con lo cual se consigue un correcto ajuste de impedancias entre los terminales de los sensores y el dispositivo de conversión analógico – digital empleado.

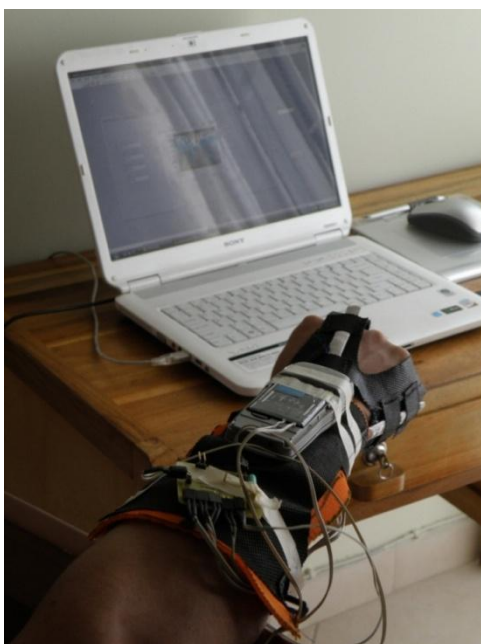


Figura 95. Configuración de la señal

Fuente: Autor

CONVERSIÓN ANALÓGICO DIGITAL

El microcontrolador dspic 30F2011 posee en su estructura un bloque de conversión analógico – digital (ADC) de 12 bits, con lo cual se consigue una resolución de 0,97 mv, garantizando así una digitalización correcta de las señales provenientes de los sensores.

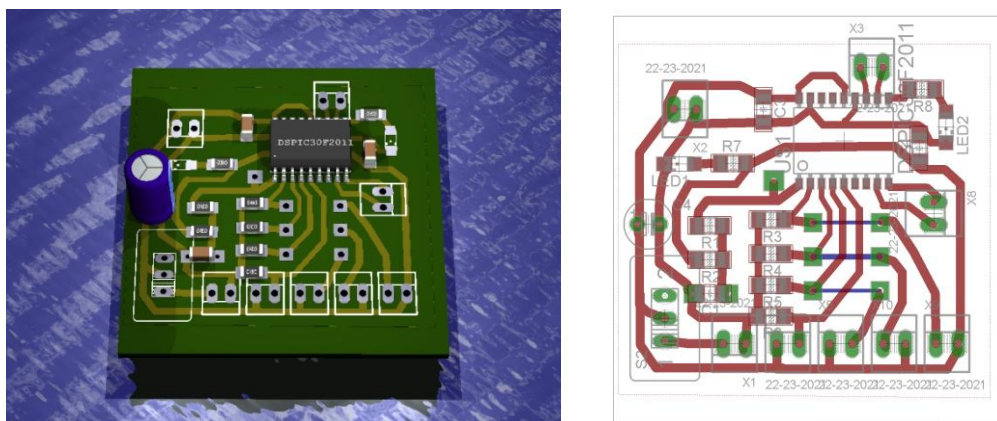


Figura 96. Render y visualización del circuito electrónico

Fuente: Autor

MODEM BLUETOOTH – SERIE

Para la transmisión inalámbrica de los datos desde el microcontrolador hacia el PC de control, se ha seleccionado el protocolo de comunicaciones Bluetooth, el cual permite conectar dos nodos de forma inalámbrica de una forma sencilla pero al mismo tiempo robusto de cara al ruido y a la interferencia de señales de radio circundantes.

Se ha seleccionado un Modem Bluetooth que permite transmitir señales de protocolo UART (puerto serie) directamente a través de Bluetooth. Esto resulta de gran utilidad pues es posible conectar directamente las salidas TTL del UART del microcontrolador, con las entradas del Modem Bluetooth.

La capa de control de usuario del protocolo Bluetooth es entregada directamente por el fabricante, permitiendo detectar el dispositivo Bluetooth como una conexión de puerto serie entrante, disponible para las aplicaciones que manejen este tipo de protocolo (HyperTerminal, Lab-View, Matlab, etc.).

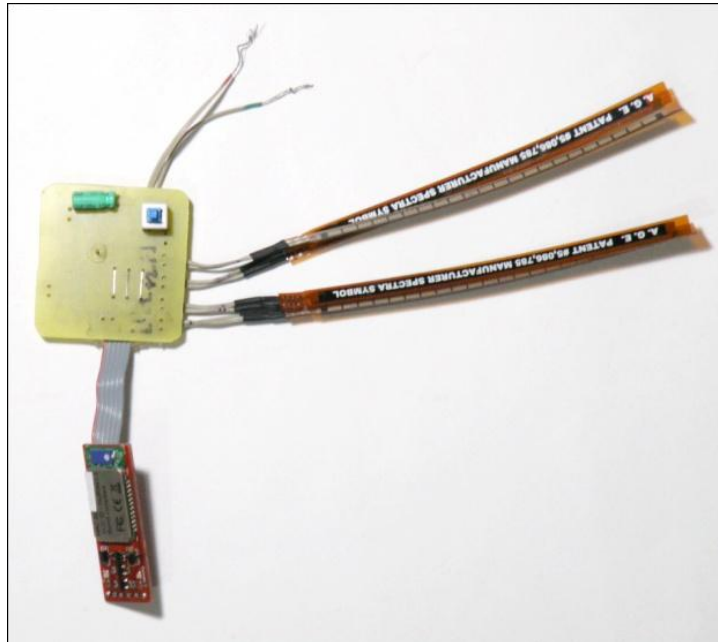


Figura 97. Sistema electrónico finalizado

Fuente: Autor



Figura 98. Calibración de ángulos

Fuente: Autor

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Una vez se ha establecido la conexión entre la tarjeta microcontrolada y el PC de control, es necesario diseñar una interfaz de usuario que permita a este interactuar con el flujo de datos entrante.

Teniendo en cuenta las facilidades tanto en los aspectos de programación como en el resultado final obtenido de cara al usuario, se ha seleccionado la plataforma de LabView, para desarrollar la interfaz gráfica de usuario.

LabView permite un fácil acceso a los recursos de transmisión de información (para el caso, la emulación por puerto serie del modem Bluetooth), y al mismo tiempo manejar y exportar estos datos, en señales gráficas que el usuario interprete con facilidad.

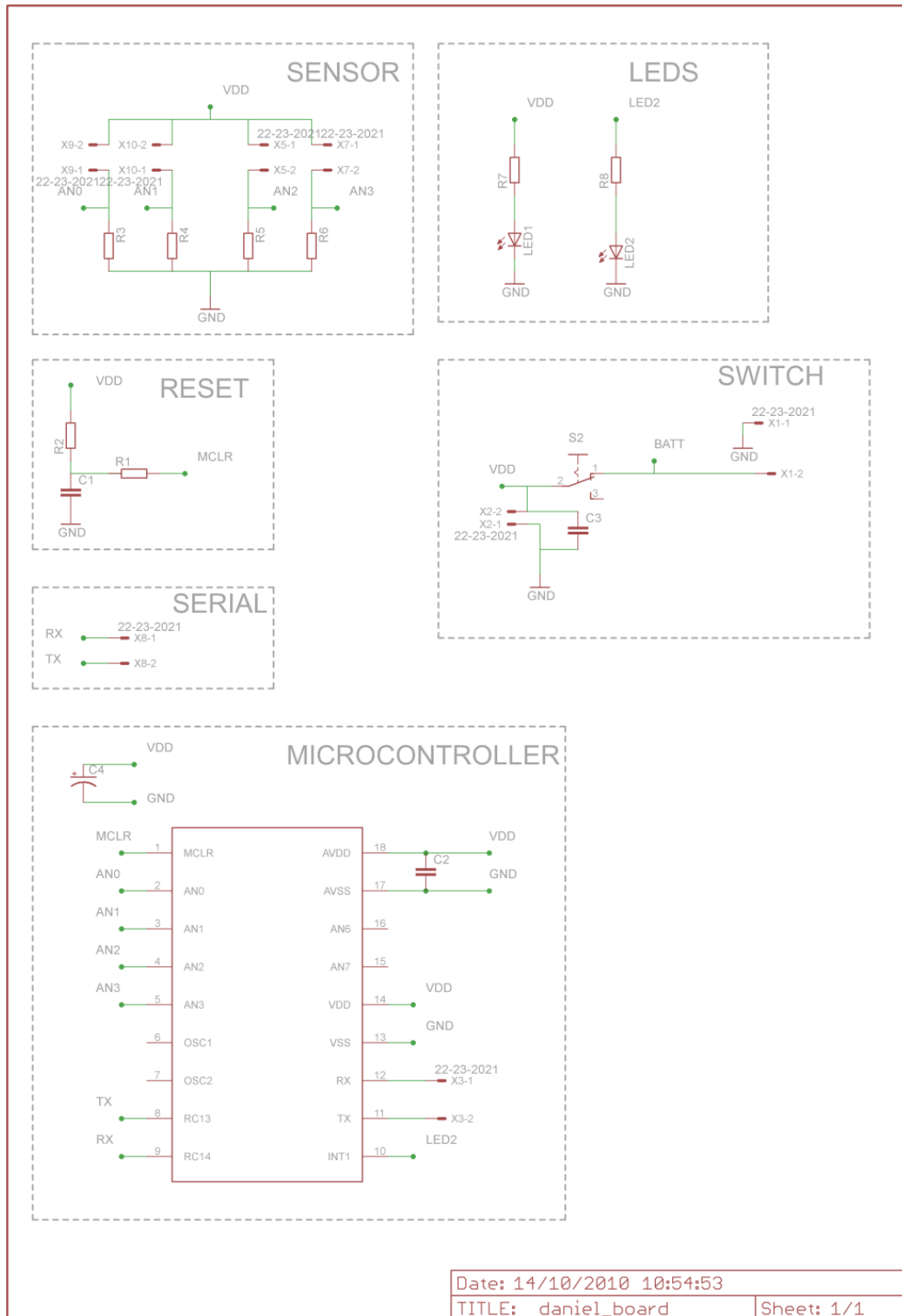


Figura 99. Diagramación técnica del sistema electrónico

Fuente: Autor

6.6 SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

El software MoMu posee tres divisiones de espacio identificables por colores, se encuentra una en la parte superior izquierda en la cual se ubica la barra de herramientas principales, otra en la zona media donde se configuraran y visualizaran los datos, y finalmente una tercera división en la parte inferior derecha usada para ubicar el logo de MoMu.



Figura 100. Diagramación de ubicación en la interfaz

Fuente: Autor

La división del espacio en el software permite que el usuario identifique claramente las zonas de interés de acuerdo a la tarea que desee realizar. Dentro de cada zona se busca emplear el mínimo de botones para restringir el número de acciones posibles.

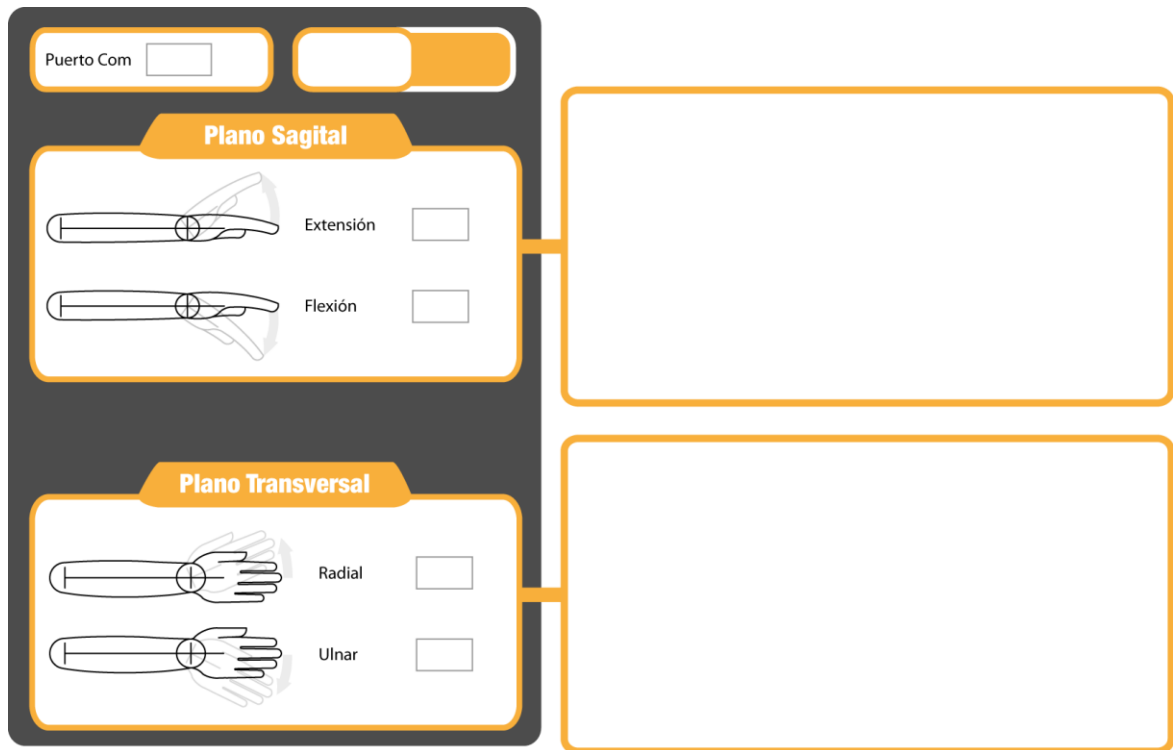


Figura 101. División de la interfaz en la zona media

Fuente: Autor

La zona media de la interfaz posee en la parte superior izquierda el botón de *puerto com* el cual indica el puerto USB en el cual está conectado el dispositivo bluetooth que transmite los datos al software. Al lado derecho de este botón se encuentran los botones de *reset* el cual reinicia el sistema, el botón de *inicio* con el que se da comienzo a la toma de datos y el botón de *detener* usado para parar la muestra. Adicionalmente, en la división media del software se encuentran dos subdivisiones las cuales corresponden a las gráficas y la diagramación de los planos sagital y transversal.

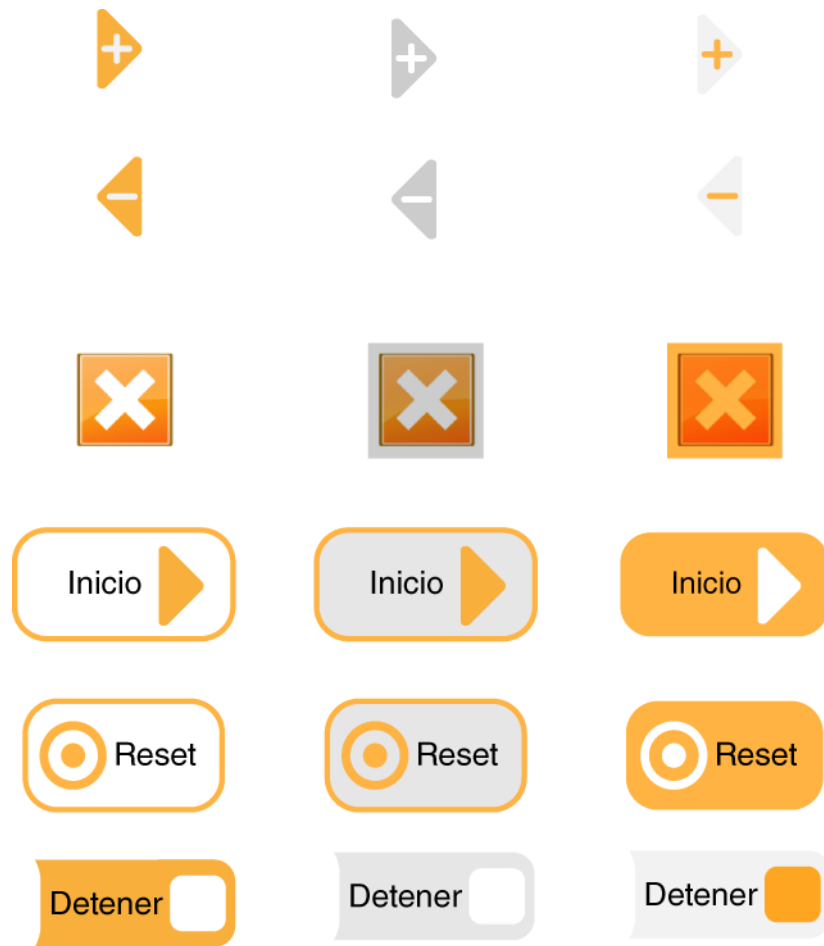


Figura 102. Configuración de botones

Fuente: Autor

Dentro de la configuración de los botones encontramos además de los mencionados anteriormente la X la cual representa cerrar el software y los signos matemáticos de + y – los cuales sirven para ajustar el software en ceros para empezar la prueba.

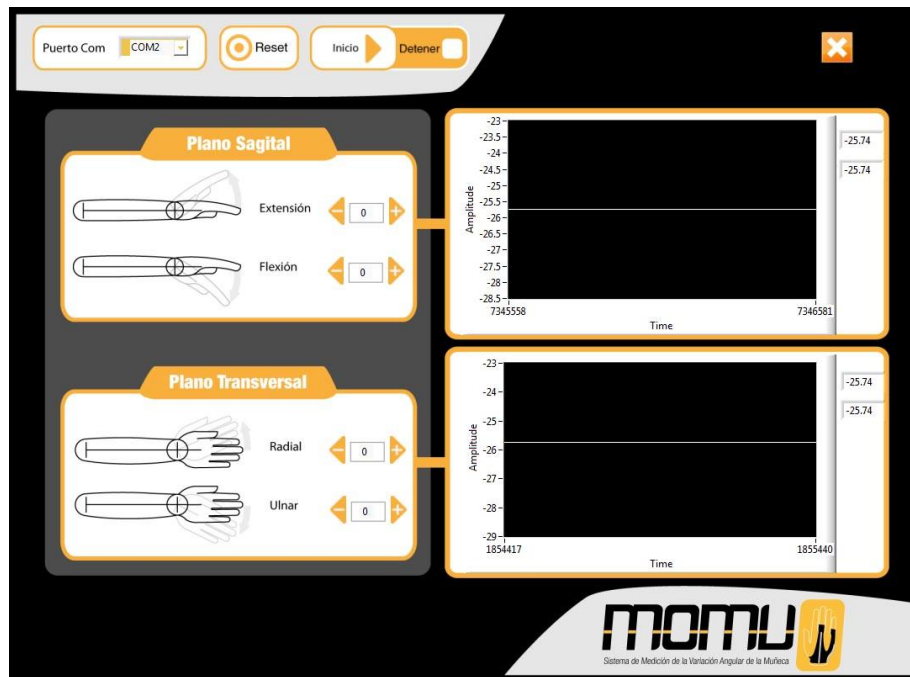


Figura 103. Propuesta final de la interfaz

Fuente: Autor

6.7 PRECIO

El valor aproximado de MoMu puesto en el mercado es alrededor de 2 millones de pesos colombianos.



Figura 104: elemento MoMu sobre la mano

Fuente: Autor

7. PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS

Dentro del desarrollo de la herramienta MoMu se logró la participación en destacados eventos a nivel nacional e internacional donde se expuso su metodología, el desarrollo del producto y su comercialización.

- En el **4º encuentro Internacional de Investigación en Diseño, Diseño +**, organizado por la Universidad ICESI en la ciudad de Cali, se presentó el artículo titulado “*Diseño y construcción de un sistema portátil para la toma y procesamiento en tiempo real del cambio de posición de la articulación ulnar a nivel de extensión ó flexión y desviación ulnar ó cubital*” el cual supero el primer filtro de evaluación, se anexa carta de aprobación primer filtro (Anexo 5).
- Durante el **5º Encuentro Latinoamericano de Diseño, DISEÑO EN PALERMO**, organizado por la Universidad de Palermo en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, se exhibieron 2 posters bajo los títulos “*Software JODA-Hand*” y “*JODA-Hand*” para el cual se anexan los certificados relacionados (Anexo 6). Los posters exhibidos se pueden visualizar en la dirección electrónica: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/encuentro2010/auspicios-encuentro/posters.php
- En la competencia **Desafío INTEL® Colombia 2010**, la cual fue divulgada por la UIS vía correo electrónico institucional a todos sus miembros, el proyecto bajo el nombre de “*Movimetrics*” logro llegar hasta instancias semifinales a nivel nacional siendo el único equipo clasificado del departamento de Santander y de la UIS, del cual se anexa fotografía del anuncio realizado por Intel® felicitando a los semifinalistas y del perfil creado para dicha competencia, adicionando sus respectivas direcciones electrónicas (Anexo 7).

- Para el **1º Congreso de Design do Amazonas**, organizado por la Faculdade FUCAPI en la ciudad de Manaus, Brasil, fueron aceptadas dos ponencias (comunicación oral) bajo los títulos “*De lo Real a lo Virtual*” y “*JODA-Hand*” y registradas con números ISSN 2178-972X en las memorias del evento, del cual se anexan las respectivas cartas de aceptación de las ponencias (Anexo 8).

8. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del sistema MoMu se pudo observar y concluir que indudablemente al desarrollar modelos funcionales por medio de la implementación de las metodologías se permite la optimización de los recursos.
- El área metropolitana de Bucaramanga fue un sitio favorable y de confianza que ofreció oferta y demanda de los materiales y los procesos de producción utilizados en el desarrollo del sistema MoMu.
- Desde un comienzo se pensó en el diseño de un modelo funcional de un sistema de toma y procesamiento en tiempo real de la variación angular de la muñeca en sus dos grados de libertad, enfocado a suplir las necesidades del Grupo de Investigación en Ergonomía, Producto y Significado GEPS, y con el transcurso de la investigación se observó que MoMu no solamente beneficiaría los intereses de GEPS sino que también podrá desenvolver un rol importante en el desarrollo científico y tecnológico de las áreas tales como salud ocupacional, fisioterapia y deportiva.
- Se analizó mediante la experiencia y tablas de comparación, que los materiales utilizados, fueron los idóneos debido a que los sensores electrónicos no presentaron daño alguno por agente externos, y permitían la movilidad de la mano.

- Se examinó mediante la comprobación de la señal inalámbrica que el dispositivo electrónico puede alejarse a lo más 10 metros del computador receptor sin perder la señal.
- En la base a las necesidades de los demandantes y la tecnología existente en el mercado, MoMu logro desarrollar características tales como transmisión inalámbrica de la información obtenida, toma y visualización de la información en tiempo real.
- Nuevamente observamos que la UIS es cuna del desarrollo y progreso tecnológico ya que sus estudiantes se esmeran por desarrollar productos eficaces y capaces de satisfacer las necesidades de ciertos grupos científicos dentro del mismo ambiente regional y por qué no, mundial. Un ejemplo de este progreso es el sistema MoMu.

9. RECOMENDACIONES

- Se deja abierta la posibilidad de implementar una cámara de alta velocidad para la toma de datos la cual se encuentra todavía en fase experimental en ambientes controlados.
- Debido a que el sistema bluetooth posee la capacidad de receptar varias señales al mismo tiempo, se deja abierta la posibilidad de desarrollar dispositivos de toma de ángulos de las diferentes articulaciones humanas para ser analizadas al mismo tiempo con una adaptación del software pero utilizando el mismo receptor de señal digital (bluetooth).
- Las aplicaciones multimedia tanto para iPads como para celulares BlackBerry están siendo bien recibidas en el mercado, por lo cual se sugiere diseñar una aplicación del software MoMu para dichos dispositivos electrónicos cuando posean los requerimientos mínimos de hardware.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAVES, NORBERTO. El diseño invisible, siete lecciones sobre la intervención culta en el hábitat humano. Editorial Paidós SAICF. Buenos Aires, Argentina. 2005. ISBN 950-12-2722-7.
- CLAUDIO, TABOADELA. GONIOMETRÍA, una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. ASOCIARRT SA ART. Buenos Aires, Argentina. 2007. ISBN 978-987-9274-04-0.
- FLORIDO, CARLOS. Guía de Miembros Superiores. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- FULTON SURI, JANE. Thoughtless acts? Observations on intuitive design. Chronicle books. San Francisco, CA, Estados Unidos. 2005. ISBN-13: 9780811847759.
- KELLEY, TOM. The art of innovation, lessons of creativity from IDEO, America's leading design firm. Doubleday a division of Random House, Inc. New York, NY, Estados Unidos. ISBN 0-385-49984-1.
- KRUG, STEVE. No me hagas pensar. Editorial Prentice Hall. Madrid, España. 2006.
- MARADEI GARCIA, MARIA FERNANDA; ESPINEL CORREAL, FRANCISCO MARIO. Ergonomía para el diseño. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2009.
- MUNARI, BRUNO. ¿Cómo nacen los objetos? Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España. 1981.
- NIELSEN, JAKOB; LORANGER, HOA. Prioritizing web usability. New Riders Press. Berkeley, CA, Estados Unidos. ISBN-10: 0-321-35031-6.
- NORMAN, DONALD. Emotional design. Basic Books. New York City, NY. 2004.
- NORMAN, DONALD. La psicología de los objetos cotidianos. Editorial NEREA S.A. Madrid, España. 1990.
- PIAZZA, JORGE. El diseño es una mentira: de la serie el diseño como negocio. Redargentina Ediciones. Buenos Aires, Argentina. 2008. ISBN 978-987-23751-4-0.
- RODRIGUEZ M., GERARDO. Manual de diseño industrial, curso básico. Editoriales G. Gili. S.A. Mexico. ISBN 968-887-027-7.
- VILADOR VOEGELI, ANTONIO. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Editorial Springer Ibérica. Barcelona, España, 2004.

ISBN-13: 9788407001981.

- WHELAN, BRIDE M. Armonía Del color. Editora de Arte y Diseño Gráfico, México D.F. México. 1994.

ANEXOS





Anexo 1. Formato Valoración de Bocetos

Valoración de los Bocetos

Valoración de las propuestas bidimensionales por parte del cliente
Para esta valoración se desarrollara una actividad en la cual la variable a evaluar es:

Aceptación
Definición de la variable: El grado de afinidad que manifiesta el cliente frente a los diferentes conceptos bidimensionales presentados.

Forma de medición
Mediante una escala de Likert se pretende cuantificar la apreciación que el cliente siente frente a cada una de las propuestas presentadas,

 (+3) Totalmente de acuerdo	 (-1) Desacuerdo
 (+1) De acuerdo	 (-3) Totalmente en desacuerdo

Objetivo de la prueba


Estudiar el grado de aceptación que poseen los diferentes conceptos bidimensionales.

Objetivos específicos

- Desarrollar la valoración con el cliente.
- Seleccionar los conceptos a evolución para su posterior maquetado.
- Reestructurar los requerimientos de MoMu según valoraciones del cliente.

Materiales

- Conceptos bidimensionales
- Cámara fotográfica (Olympus SP-570 UZ)
- Grabadora (Reproductor TITAN mp4)
- Plantilla de observaciones



Sistema de Métodos de la Ortesis aplicada a México

Actividad

1. Establecer cita previa para el desarrollo de la valoración.
2. Desarrollo de la valoración (se presentan 12 conceptos al cliente con 2 minutos para la observación para su posterior evaluación).
3. Análisis de resultados (a través de la mediana, la moda y la suma de su puntuación).

Protocolo de la Prueba

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba.

Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba: *"Mediante la actividad a desarrollar solicitamos que usted manifieste de forma libre el grado de aceptación que le refiere cada uno de los bocetos a mostrar"*

La prueba consiste en mostrarle cada 120 segundos cada uno de los diferentes conceptos los cuales serán explicados de forma verbal. Al finalizar cada concepto usted deberá manifestar mediante una calificación el nivel aceptación que le genero cada uno junto con alguna observación si la hay.que le genero cada uno.

Formato de la Prueba

Propuesta 1



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le agrada?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones

Usuario:

Propuesta 1



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le agrada?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones

Propuesta 2



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le agrada?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones

Propuesta 3



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le agrada?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones

Propuesta 4



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

¿Visualmente la propuesta le agrada?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Observaciones



Propuesta 5



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 6



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 7



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 8



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones



Propuesta 9



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 10



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 11



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones

Propuesta 12



¿Visualmente la propuesta le sugiere seguridad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le sugiere comodidad?

--	--	--	--

¿Visualmente la propuesta le agrada?

--	--	--	--

Observaciones



Anexo 2. Formato Valoración de Maquetas

Validación de Maquetas

Esta prueba se desarrollara con la ayuda del personal de jardinería que hace parte del sector de planta física de la UIS.

Principio a validar: Satisfacción

La variable establecida para esta prueba es el confort y está definida de la siguiente manera: Es la capacidad que tiene el dispositivo MoMu de no intervenir y/o afecta el desarrollo de la actividad laboral del operario a nivel de tallar o afiligr el miembro superior sobre el cual se encuentre situado (antebrazo-mano izquierda o derecha).

Objetivo de la prueba

Analizar el confort que ofrecen las diferentes maquetas elaboradas.

Objetivos específicos

Validar las maquetas desarrolladas del dispositivo de sujeción.

Identificar las alternativas mediante el análisis de los resultados de la prueba.

Replantear e identificar requerimientos a partir de las observaciones recolectadas dentro del desarrollo de la prueba.

Materiales

Cámara fotográfica (Olympus SP-570 UZ)

Grabadora (Reproductor TITAN mp4)

Plantilla de observaciones

Maquetas

Actividad

1. Acercamiento a las instalaciones de planta física de la UIS, solicitaremos la ayuda del personal de jardinería que esté disponible al momento.
2. Desarrollo de las actividades de la prueba.
3. Análisis de resultados.
4. Postulación de alternativas.

Protocolo de la Prueba

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba.

Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba: *“Somos estudiantes de diseño industrial de último semestre que nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado el cual consiste en el desarrollo de una herramienta de medición de ángulos a nivel de la muñeca en ambientes de trabajo, para lo cual necesitamos de su colaboración la cual consiste en usar cada una de las maquetas presentadas a continuación.”*

Posterior al saludo se da comienzo a la prueba la cual radica en el uso de cada una de las maquetas por medio del operario, en el cual él realizará actividades laborales propias de su profesión con la herramienta idónea y sus respectivos elementos de protección. Al finalizar la actividad el operario mediante observaciones manifestara su opinión frente a las maquetas usadas, al concluir su interacción con cada una de las maquetas él deberá ordenarlas según su grado de comodidad (siendo 1 la más incómoda y 6 la más cómoda). Para el análisis de los resultados se tendrá en cuenta las observaciones dadas por los jardineros y la puntuación dada.

Observaciones

Usuario: <input type="text"/>	
Maqueta 1	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maqueta 2	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maqueta 3	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maqueta 4	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maqueta 5	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Maqueta 6	Observaciones
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Anexo 3. Formato Selección de Alternativa Final

Selección de Alternativa Final	
Prueba de selección de alternativa final Esta prueba se divide en dos fases En primera instancia se desarrollaran actividades con los operarios en los cuales evaluaremos la aceptación y el uso del dispositivo MoMu. En la segunda fase se desarrollaran actividades con el cliente en la cuales se evaluarán la forma como es instalando el dispositivo y la biomecánica de la mano usando el dispositivo MoMu.	
Objetivo de la prueba	Determinar la alternativa final a construir
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none">Obtener la valoración y las apreciaciones de los operarios.Analizar las alternativas con los clientes.Estudiar los aspectos técnicos y formales del Funcionamiento de las alternativas.Reestructurar los requerimientos de la alternativa final.Analizar resultados y proponer mejoras.
Materiales	<ul style="list-style-type: none">Modelos de las AlternativasCámara fotográfica (Olympus SP-570 UZ)Grabadora (Reproductor TITAN mp4)Plantilla de observaciones

Actividad

Fase 1

Acercamiento a las instalaciones de planta física de la UIS, solicitaremos la ayuda del personal de jardinería que esté disponible al momento.
Desarrollo de las actividades de la prueba.
Análisis de resultados.

Fase 2

Establecer cita previa para el desarrollo de la valoración.
Desarrollo de la valoración.
Análisis de resultados.

Confrontación de los resultados de ambas Fases y elección del modelo final, junto con el replanteamiento de los requerimientos del modelo Funcional.

Protocolo de la Prueba Fase 1

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba. Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba:

" Somos estudiantes de diseño industrial de último semestre que nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado el cual consiste en el desarrollo de una herramienta de medición de ángulos a nivel de la muñeca en ambientes de trabajo, para lo cual necesitamos de su colaboración la cual consiste en usar cada una de las siguientes alternativas "

Posterior al saludo se da comienzo a la prueba la cual radica en el uso de cada una de las alternativas por medio del operario durante un tiempo no superior a 5 minutos, en el cual él realizará sus actividades con la herramienta idónea y sus respectivos elementos de protección. Al finalizar la actividad el operario mediante observaciones manifestara su opinión frente a las alternativas usadas, al concluir su interacción con cada una de las alternativas él deberá calificarlas según su interacción con la respectiva alternativa (siendo 1 la de menos le agrado y 3 la de mayor agrado).

Para el análisis de los resultados se tendrá en cuenta las observaciones dadas por los Operarios y se hará un análisis de la clasificación de las alternativas.

Protocolo de la Prueba Fase 2

Esta prueba inicia con un saludo informal a la personal que colaborara en el desarrollo de la prueba. Posterior al saludo se leerá el siguiente texto como parte de introducción a la prueba:

"Mediante la actividad a desarrollar solicitamos que usted manifieste de forma libre sus apreciaciones frente a las alternativas a evaluar"

La prueba consiste en mostrar cada alternativa explicando su funcionamiento, posterior a ello se esperará las apreciaciones a nivel técnico que el cliente manifiesta sobre cada alternativa.

Al tener los resultados de ambas fases se procede a confrontarlos y determinar la alternativa a construir.

Alternativa 1

Calificación (Tachar)

1

2

3

Observaciones

Usuario: _____



Alternativa 1

Calificación (1 la de menos le agrado y 3 la de mayor agrado)

1

2

3

Observaciones

Alternativa 2

Calificación (1 la de menos le agrado y 3 la de mayor agrado)

1

2

3

Observaciones

Alternativa 3

Calificación (1 la de menos le agrado y 3 la de mayor agrado)

1

2

3

Observaciones

Anexo 4. Código de programación de electrónica

```
#include <30F2011.h>

//#fuses FRC_PLL16, PR_PLL, NOWDT

//#use delay(clock=117920000) // Internal FRC clock of 7.37 * 16 = 117.92 MHz is
used*/

//

#device adc=12

#fuses FRC,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT

#use delay(clock=7370000)

int ch;

#use rs232 (baud=115200,xmit=PIN_c13,rcv=PIN_c14)

#INT_TIMER2

void isr()

{

if(ch==1){

output_high(PIN_D0);

ch=0;

}

else{

output_low(PIN_D0);

ch=1;

}

}
```

```

void main(void) {
float valor[4];
int i,a,b,c,d;
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
SETUP_ADC_PORTS(sAN0|sAN1|sAN2|sAN3|VSS_VDD);
ch=0;
setup_timer2(TMR_INTERNAL|TMR_DIV_BY_8);
output_low(PIN_D0);
enable_interrupts(INT_TIMER2);
while (TRUE){
for(i=0;i<4;i++){
set_adc_channel(i);
valor[i] = read_adc()*0.00098;
}
a=(int)((-valor[0]*1000.0)*0.225+720.0);
b=(int)((-valor[1]*1000.0)*0.225+720.0);
c=(int)((-valor[2]*1000.0)*0.225+720.0);
d=(int)((-valor[3]*1000.0)*0.225+720.0);
Printf ("a\r%db%dc%dd%d",a,b,c,d);
delay_ms(20);
}
}

```

Anexo 5. Carta aprobación primer filtro



Santiago de Calí, 19 de abril de 2010

Señor (a),
Jorge Andrés Pérez Gamboa
Universidad Industrial de Santander
Churcos12@Hotmail.Com

El comité organizador del Cuarto Encuentro Internacional de Investigación en Diseño, Diseño+2010, le notifica que el resumen de su proyecto de investigación titulado **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PORTATIL PARA LA TOMA Y PROCESAMIENTO EN TIEMPO REAL DEL CAMBIO DE POSICION DE LA ARTICULACION ULNAR A NIVEL DE EXTENSION Ó FLEXION Y DESVIACION ULNAL Ó CUBITAL** ha pasado la primera evaluación. Lo(a) invitamos a que presente el texto completo según las especificaciones descritas en la página web del encuentro www.icesi.edu.co/disenomas. Le recordamos que debe seguir las indicaciones estrictamente, pues será uno de los criterios de selección definitiva.

Su trabajo será presentado en la modalidad **ponencia oral** y se encuentra inscrito dentro del tema **Diseño+Tecnología**. El texto completo debe enviarlo al correo electrónico disenomas@icesi.edu.co.

El texto completo debe ser enviado a más tardar el día 7 de mayo. La aceptación definitiva de su trabajo estará supeditada a la revisión por parte del comité académico y será notificada el 18 de junio por correo electrónico.

Atentamente,

D.I. Hugo Darío Arango López

Organizador Diseño+ 2010

Anexo 6. Cartas de certificación de presentación de posters



Buenos Aires, 13 de agosto de 2010

A quien corresponda:

A través de esta carta certificamos que **Jorge Andres Perez Gamboa** (Nº Identidad: 1098640126 - Nacionalidad: colombiano) ha presentado tres posters para exhibir durante el quinto Encuentro Latinoamericano de Diseño DISEÑO EN PALERMO, realizado en la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo los días 27, 28, 29 y 30 de julio de 2010, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, bajo los títulos "Sistema de perfusión múltiple para unidades de cuidados intensivos", "JODA-HAND" y "Software joda hand"

Sin otro particular lo saluda atentamente,

Violeta Szeps
Coordinación General
Encuentro Latinoamericano de Diseño

Facultad de Diseño y Comunicación
Universidad de Palermo
Buenos Aires - Argentina

Más información sobre el Encuentro: www.palermo.edu/encuentro



Buenos Aires, 30 de agosto de 2010

A quien corresponda:

A través de esta carta certificamos que **Daniel Ramirez Maluendaa** (Nº Identidad: 91529028 - Nacionalidad: colombiano) ha presentado dos posters para exhibir durante el quinto Encuentro Latinoamericano de Diseño DISEÑO EN PALERMO, realizado en la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo los días 27, 28, 29 y 30 de julio de 2010, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, bajo los títulos "Joda-Hand" y "Software joda hand"

Sin otro particular lo saluda atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "V. Szeps", written over a horizontal line.

Violeta Szeps
Coordinación General
Encuentro Latinoamericano de Diseño

Facultad de Diseño y Comunicación
Universidad de Palermo
Buenos Aires - Argentina

Más información sobre el Encuentro: www.palermo.edu/encuentro

ANEXO 7. Print screen de clasificación a instancias semifinales y perfil Movimetrics.

The screenshot shows the website for the Intel Challenge 2010. At the top, there is a blue banner with the Intel logo and the text "Desafío Intel® 2010 Impulsando al Emprendedor Tecnológico en América Latina". Below the banner is a navigation menu with links: ¿Qué es Desafío Intel?, Anuncios, Convocatoria, Calendario, Premios, Comunidad, FAQ, Recursos, Prensa, Ganadores 2009. The main content area is powered by YouNoodle and features a search bar and tabs for Group, Members, Startups, Needs, and Comments. The central focus is the "Desafío Intel® Colombia 2010" group profile, which includes details such as Group type (Competition), Focus (Business Plans), Organizer (Non-profit), and Website (http://www.desafiointel.com). A section titled "ABOUT US" congratulates the semifinalists: AvIA, Bioprevention, Detek Systemes, Impulzoo, **Movimetrics**, and Tutor. Below this, there are links to executive summary and kick-off webinars. On the right side, there is a "Join group" button and a list of members, with "Members (137)" displayed.

www.desafiointel.com/anuncios 20 septiembre de 2010. 1:00 pm, hora local colombiana

Powered by 

[Create an Account](#) | [Login](#)

Startup Team Followers News Comments

Search YouNoodle

Movimetrics

Movi-Hand: paving the way to a workplace without Carpel Tunnel Syndrome.

Startup type: Competition Entry
Status: Active
Stage: Prototyping
Publicity: Open to speaking to journalists.
Industries: Education, Health, Sports
Location: Bucaramanga, Santander, Colombia

Not enough information to score this startup.



+ Follow this startup

+ I'm on this team

<http://younoodle.com/startups/movimetricis>

 Like  Be the first of your friends to like this.

OUR NEWS

Current status

Movimetrics has no news yet.

THINGS WE NEED

The Movimetrics team hasn't posted any needs yet.

COMMENTS (4)



[Jorge Andres Perez Gamboa](#) wrote (2 minutes ago):

 Reply



[Jorge Andres Perez Gamboa](#) wrote (1 month ago):

 Reply



[Daniel Ramirez Maluendas](#) wrote (1 month ago):

 Reply

Team (3)

[View all](#)



Gloria Amparo Pino Diaz



Daniel Ramirez Maluendas



Jorge Andres Perez Gamboa

<http://younoodle.com/startups/movimetricis> 20 septiembre de 2010, 1:05 pm, hora local colombiana

ANEXO 8. Cartas de aprovação de ponências.



1º CONGRESSO
DE DESIGN
DO AMAZONAS



Manaus, 30 de setembro de 2010

A Faculdade FUCAPI, por meio do Curso de Graduação em Design de Interface Digital e com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM vem através deste comunicar que o trabalho **“De lo Real a lo Virtual”** de **Jorge Andrés Pérez Gamboa** (Cedula de Ciudadanía N.º 1098640126) foi aceito no **1º Congresso de Design do Amazonas** na modalidade comunicação oral.

Atenciosamente,

Prof.ª MSc. Brunna Rocha Anchieta
Coordenadora do Congresso

Informações: (55 92) 2127-3187 / contato@congressodesignam.com

www.congressodesignam.com

Av. Danilo Matos Areosa, 381, Distrito Industrial, Manaus – Amazonas - Brasil
<http://portal.fucapi.br> Telefone: (92) 2127-3187

Realização



Apoio





Manaus, 30 de Septiembre 2010

El FUCAPI la Facultad por medio del Programa de Licenciatura en Diseño de Interface digital y con el apoyo de la Fundación para la Investigación del Estado de Amazonas - FAPEAM viene informar que la obra "**De lo Real a lo Virtual**", de **Jorge Andrés Pérez Gamboa** (Cédula de Ciudadanía N ° 1098640126) fue aceptado en el **1º Congreso de Design do Amazonas** en la **forma de comunicación oral**.

Atentamente,

Prof.ª MSc. Brunna Rocha Anchieta
Coordinador del Congreso

Información: (55 92) 2127-3187 / contato@congressodesignam.com

www.congressodesignam.com

Av. Danilo Matos Areosa, 381, Distrito Industrial, Manaus – Amazonas - Brasil
<http://portal.fucapi.br> Telefone: (92) 2127-3187

Realização



Apoio





Manaus, 30 de setembro de 2010

A Faculdade FUCAPI, por meio do Curso de Graduação em Design de Interface Digital e com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM vem através deste comunicar que o trabalho “**JODA-HAND**” de **Daniel Ramirez Maluendas** (Cedula de Ciudadanía N.º **91529028**) foi aceito no **1º Congresso de Design do Amazonas** na modalidade comunicação oral.

Atenciosamente,

Prof.ª MSc. Brunna Rocha Anchieta
Coordenadora do Congresso

Informações: (55 92) 2127-3187 / contato@congressodesignam.com

www.congressodesignam.com

Av. Danilo Matos Areosa, 381, Distrito Industrial, Manaus – Amazonas - Brasil
<http://portal.fucapi.br> Telefone: (92) 2127-3187

Realização



Apoio





Manaus, 30 de Septiembre 2010

El FUCAPI la Facultad por medio del Programa de Licenciatura en Diseño de Interface digital y con el apoyo de la Fundación para la Investigación del Estado de Amazonas - FAPEAM viene informar que la obra "**JODA-HAND**", de **Daniel Ramirez Maluendas** (Cédula de Ciudadanía N ° **91529028**) fue aceptado en el **1º Congreso de Design do Amazonas** en la **forma de comunicación oral**.

Atentamente,

Prof.ª MSc. Brunna Rocha Anchieta
Coordinador del Congreso

Información: (55 92) 2127-3187 / contato@congressodesignam.com

www.congressodesignam.com

Av. Danilo Matos Areosa, 381, Distrito Industrial, Manaus – Amazonas - Brasil
<http://portal.fucapi.br> Telefone: (92) 2127-3187

Realização



Apoio



ANEXO 9. Diagrama de uso.

Diagrama de Uso

En primer lugar se sacan del empaque las piezas del dispositivo MoMu que se van a usar, dependiendo el tamaño de la mano, se selecciona uno de los elementos de sujeción a la mano, junto con el elemento de sujeción al antebrazo, sea izquierda o derecha.



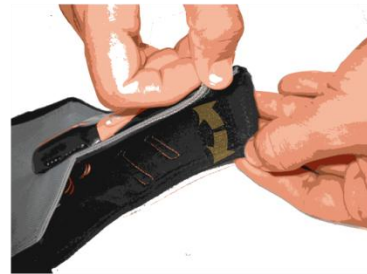
Introducir los sensores, dentro de los pliegues del elemento de sujeción al antebrazo



Verificar que la franja naranja quede por fuera del elemento de sujeción al antebrazo



Se adhiere la pieza que posee los componentes electrónicos, al elemento de sujeción al antebrazo



Introducir los sensores, dentro de los pliegues del elemento de sujeción a la mano



Verificar que la franja naranja quede en medio de las dos piezas



Diagrama de Uso



Se introducen los dedos meñique y medio en el elemento de sujeción a la mano, y se envuelve alrededor de la muñeca



Se ajusta el elemento de sujeción a la mano con un broche de velcro, en la parte superior de la mano



Se une elemento de sujeción a la mano con el elemento de sujeción al antebrazo, por medio de un broche de velcro



Se ajusta el elemento de sujeción al antebrazo con un broche de velcro y se verifica, la instalación del dispositivo MoMu



Se da inicio al Software, y comienza la recolección de datos

momu 
Sistema de Medición de la Variación Angular de la Muñeca