

**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO Y  
EL MODELO ESTRUCTURAL DEL CABEZAL DE APLICACIÓN PARA EL  
EQUIPO DE CAVITACIÓN DE LA EMPRESA VACUSONIC BIOTECH LTDA.  
MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**JENNY KATHERINE RODRÍGUEZ GARCÍA**

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

**2015**

**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO Y  
EL MODELO ESTRUCTURAL DEL CABEZAL DE APLICACIÓN PARA EL  
EQUIPO DE CAVITACIÓN DE LA EMPRESA VACUSONIC BIOTECH LTDA.  
MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**JENNY KATHERINE RODRÍGUEZ GARCÍA**

**Trabajo de Grado para optar al título de Diseñador Industrial**

**Directora**

**D.I MARÍA FERNANDA MARADEI GARCÍA**

**Esp. Ergonomía y fisiología.**

**M.Sc. Ergonomía y cambios tecnológicos.**

**Ph.D Ingeniería línea ergonomía.**

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

**2015**

## CONTENIDO

|                                                                                                     | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN                                                                                        | 14   |
| 1. CONTEXTO DEL PROBLEMA                                                                            | 15   |
| 1.1 VACUSONIC BIOTECH LTDA                                                                          | 15   |
| 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO                                                                | 17   |
| 3. OBJETIVOS                                                                                        | 20   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL                                                                                | 20   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                                                           | 20   |
| 4. MARCO TEÓRICO                                                                                    | 22   |
| 4.1 CAVITACIÓN ESTÉTICA                                                                             | 22   |
| 4.1.1 Efectos biológicos de la cavitación.                                                          | 23   |
| 4.1.2 Aplicaciones de la cavitación                                                                 | 24   |
| 4.2 CABEZAL DE APLICACIÓN                                                                           | 26   |
| 4.2.1 Riesgos biológicos resultados de una mala ubicación del cabezal de aplicación del cavitador   | 26   |
| 4.2.2 Factor de riesgo postural asociado al síndrome del túnel carpiano en los esteticistas         | 27   |
| 4.3 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO                                                                     | 29   |
| 4.3.1 Diseño visual                                                                                 | 30   |
| 5. ANÁLISIS DEL USO ACTUAL                                                                          | 34   |
| 5.1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN.                                       | 34   |
| 5.2 ESTUDIO DE LAS POSTURAS ASUMIDAS POR LA MUÑECA EN LA ACTIVIDAD DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN | 38   |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN EN FUNCIÓN DEL AGARRE | 39 |
| 5.4 ESTUDIO DEL USO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO                              | 41 |
| 5.5 ESTUDIO DE LOS ATRIBUTOS DEL CABEZAL DE APLICACIÓN                             | 42 |
| 6. REQUERIMIENTOS                                                                  | 44 |
| 6.1 REQUERIMIENTOS DE USO                                                          | 44 |
| 6.2 REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN                                                      | 45 |
| 6.3 REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS                                                     | 46 |
| 6.4 REQUERIMIENTOS DE ESTRUCTURA                                                   | 47 |
| 6.5 REQUERIMIENTOS TÉCNICO PRODUCTIVOS                                             | 47 |
| 6.6 REQUERIMIENTOS DE MERCADO                                                      | 48 |
| 6.7 REQUERIMIENTOS FORMAL ESTÉTICOS                                                | 48 |
| 7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO                                                        | 50 |
| 7.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS                                                        | 51 |
| 7.1.1 Arquitectura de la información                                               | 52 |
| 7.1.2 Bocetación y diseño conceptual de la interfaz gráfica de usuario             | 52 |
| 7.2 DISEÑO EN DETALLE                                                              | 54 |
| 7.3 ARQUITECTURA Y VERIFICACIÓN                                                    | 54 |
| 7.4 FABRICACIÓN Y MERCADO                                                          | 55 |
| 7.5 VALIDACIÓN                                                                     | 56 |
| 8. RESULTADOS DEL PROCESO DE DISEÑO                                                | 57 |
| 8.1 ANÁLISIS COMPETITIVO.                                                          | 57 |
| 8.1.1 Arquitectura de la información                                               | 59 |
| 8.2 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN                                                       | 60 |
| 8.2.1 Cabezal de aplicación                                                        | 60 |
| 8.2.2 Diseño conceptual de la interfaz gráfica de usuario                          | 66 |
| 8.2.3 Evaluación a partir de cardsorting                                           | 71 |
| 8.3 DISEÑO EN DETALLE                                                              | 74 |
| 8.3.1 Diagrama de soluciones                                                       | 74 |
| 8.3.2 Señal de funcionamiento del cabezal                                          | 75 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.3.3 Recursos gráficos                                                                           | 77  |
| 8.3.4 Mapeo de clicks                                                                             | 78  |
| 8.4 ARQUITECTURA Y VERIFICACIÓN.                                                                  | 79  |
| 8.4.1 Alternativa de cabezal e interfaz                                                           | 79  |
| 8.4.2 Codificación de la interfaz gráfica final                                                   | 81  |
| 8.5 FABRICACIÓN Y MERCADEO                                                                        | 82  |
| 8.5.1 Planos                                                                                      | 82  |
| 8.5.2 Ensamble                                                                                    | 84  |
| 8.5.3 Prueba de ensamble                                                                          | 85  |
| 8.5.4 Análisis del producto (fabricación y el montaje)                                            | 86  |
| 8.5.5 Mercadeo                                                                                    | 90  |
| 8.6 VALIDACIÓN                                                                                    | 94  |
| 8.6.1 Evaluación por RULA para el riesgo postural                                                 | 94  |
| 8.6.2 Análisis elementos finitos de las piezas por medio de la aplicación y análisis de esfuerzos | 96  |
| 8.6.3 Validación de la interfaz                                                                   | 98  |
| 9. CONCLUSIONES                                                                                   | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA                                                                                      | 102 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                                                        | 108 |
| ANEXOS                                                                                            | 114 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                         | <b>Pág.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Cabezal de aplicación.                                                                                                                                        | 22          |
| Figura 2. Cavitación a nivel microscópico.                                                                                                                              | 23          |
| Figura 3. Resultados de la cavitación                                                                                                                                   | 24          |
| Figura 4 - Zonas adecuadas e inadecuadas de aplicación de la cavitación. Zonas verdes: zonas indicadas; Zonas rojas: Zonas prohibidas.                                  | 24          |
| Figura 5. Aplicación del cabezal de aplicación                                                                                                                          | 26          |
| Figura 6. Agarre de fuerza                                                                                                                                              | 28          |
| Figura 7. Rangos de la muñeca.                                                                                                                                          | 29          |
| Figura 8. Jerarquía visual                                                                                                                                              | 30          |
| Figura 9 - Dimensiones para zonas de activación en pantallas táctiles.                                                                                                  | 31          |
| Figura 10. Porcentaje de la población de esteticistas en función de los problemas percibidos, cuando se usa el cabezal para cavitación.                                 | 36          |
| Figura 11. Selección aleatoria de las imágenes del video durante la aplicación del tratamiento con el cabezal del cavitador.                                            | 37          |
| Figura 12. Relación del tipo de agarre cuando está en contacto y no en contacto con la piel del paciente, en función del tiempo (tiempo de observación, $t = 286$ seg). | 40          |
| Figura 13. Resultados modelo KANO                                                                                                                                       | 43          |
| Figura 14. Árbol de funciones                                                                                                                                           | 50          |
| Figura 15. Arquitectura de la información                                                                                                                               | 59          |
| Figura 16. Alternativa de cabezal 1                                                                                                                                     | 60          |
| Figura 17. Alternativa de cabezal 2                                                                                                                                     | 61          |
| Figura 18. Alternativa de cabezal 3.                                                                                                                                    | 62          |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 19. Encuesta por formato escrito.                                        | 64 |
| Figura 20. Mejoras del cabezal.                                                 | 66 |
| Figura 21. Tipografía                                                           | 67 |
| Figura 22. Diagramación alternativa 1                                           | 68 |
| Figura 23. Alternativa 1 interfaz gráfica de usuario                            | 68 |
| Figura 24. Diagramación alternativa 2                                           | 69 |
| Figura 25. Alternativa 2 Interfaz gráfica de usuario.                           | 69 |
| Figura 26. Diagramación alternativa 3                                           | 70 |
| Figura 27. Alternativa 3 interfaz gráfica de usuario.                           | 70 |
| Figura 28. Aplicación de cardsorting.                                           | 74 |
| Figura 29. Cinta LED                                                            | 76 |
| Figura 30. Sensor táctil                                                        | 76 |
| Figura 31. Íconos universales.                                                  | 77 |
| Figura 32. Iconos específicos.                                                  | 78 |
| Figura 33. Mapeo de clicks.                                                     | 79 |
| Figura 34. Modelado por deposición fundida.                                     | 80 |
| Figura 35. Componentes de funcionamiento.                                       | 81 |
| Figura 36. Codificación de la interfaz.                                         | 82 |
| Figura 37. Planos del cabezal de aplicación.                                    | 83 |
| Figura 38. Ensamble de los componentes                                          | 84 |
| Figura 39. Registro pruebas de ensamble y funcionamiento                        | 85 |
| Figura 40. Identidad del cavitador senior de la empresa Vacusonic Biotech Ltda. | 91 |
| Figura 41. Empaque                                                              | 93 |
| Figura 42. Imágenes para la evaluación por el método RULA                       | 94 |
| Figura 43. Método RULA rediseño del cabezal.                                    | 95 |
| Figura 44. Método RULA para el cabezal de Vacusonic Biotech Ltda.               | 95 |
| Figura 45. Tensiones                                                            | 97 |
| Figura 46. Desplazamiento                                                       | 97 |
| Figura 47. Validación interfaz gráfica de usuario.                              | 98 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                          | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1. Matriz DOFA interfaz gráfica de usuario.                                                        | 16          |
| Tabla 2. Caracteres (ángulo de visión y distancia de lectura del usuario).                               | 32          |
| Tabla 3. Color en aplicaciones médicas.                                                                  | 33          |
| Tabla 4. Porcentaje de la población de esteticistas en función de los aspectos negativos de la interfaz. | 36          |
| Tabla 5. Promedio ángulos de la muñeca                                                                   | 39          |
| Tabla 6. Análisis competitivo.                                                                           | 58          |
| Tabla 7. Evaluación postural                                                                             | 63          |
| Tabla 8. Encuesta para la evaluación de los cabezales                                                    | 64          |
| Tabla 9. Evaluación de cabezales por requerimientos                                                      | 65          |
| Tabla 10. Atributos alternativas de la interfaz gráfica de usuario                                       | 71          |
| Tabla 11. Resultados cardsorting.                                                                        | 72          |
| Tabla 12. Resultados Cardsorting según escala.                                                           | 73          |
| Tabla 13. Diagrama de soluciones.                                                                        | 74          |
| Tabla 14. Análisis de alimentación para cada componente.                                                 | 87          |
| Tabla 15. Análisis de montaje.                                                                           | 88          |
| Tabla 16. Validación interfaz.                                                                           | 99          |



## LISTA DE ANEXOS

|                                            | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------|-------------|
| ANEXO A. Indagación inicial                | 114         |
| ANEXO B. Encuesta para la metodología Kano | 115         |
| ANEXO C. Metodología KANO                  | 116         |
| ANEXO D. Evaluación postural               | 118         |
| ANEXO E. Cardsorting                       | 119         |
| ANEXO F. Metodología Lucas                 | 120         |
| ANEXO G. Especificaciones del equipo       | 121         |
| ANEXO H. Certificado técnico               | 122         |

## RESUMEN

**TITULO:** REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO Y EL MODELO ESTRUCTURAL DEL CABEZAL DE APLICACIÓN PARA EL EQUIPO DE CAVITACIÓN DE LA EMPRESA VACUSONIC BIOTECH LTDA.<sup>1\*</sup>

**AUTOR:** Jenny Katherine Rodríguez García\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Riesgos laborales, equipos de estética, cavitación, mano, ingeniería humana.

### DESCRIPCIÓN

Con el propósito de mitigar el factor de riesgo postural y el tiempo para la generación de un correcto modelo mental de uso, este proyecto busca proponer un nuevo diseño del cabezal de aplicación e interfaz gráfica de usuario del cavitador senior para la empresa Vacusonic Biotech Ltda.

Para esto se aplicó la metodología centrada en el usuario con el área de producción y comercial de la empresa; y 15 esteticistas de Bucaramanga registrando su trabajo por medio de videos y fotografías con el cabezal de aplicación actual, los propuestos y el final. Estos fueron analizados con el software KINOVEA para obtener ángulos de movimiento de la muñeca, caracterizar los agarres en función de las demandas del tratamiento y evaluar los ángulos al usar cada uno de los cabezales. Por otro lado, se realizaron encuestas, cardsorting cerrados y mapeo de clicks los cuales sirvieron para evaluar la interfaz gráfica de usuario.

De esto se consiguió plantear una propuesta de diseño dando como resultado la disminución del movimiento articular analizado cuando el cabezal está sobre la piel, pues es la postura de mayor riesgo; pasando de 70° a 4° en flexión/extensión y de 50° a 3° en desviación en la muñeca. Por otro lado, el ajuste del sistema por medio de la interfaz gráfica de usuario mejoró la experiencia, la cual era confusa en un 68% y ahora es aceptada por un 90%.

De esta manera, la propuesta de diseño para el equipo de cavitación, ayuda a mitigar la incidencia negativa y la fatiga de la extremidad superior previniendo la posible aparición de enfermedades laborales como el SCC al mitigar el factor de riesgo postural. De igual manera, se mejoró la interacción de la interfaz a partir del estudio del modelo mental de uso del usuario y no del diseñador.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director Maria Fernanda Maradei García. Esp. Ergonomía y fisiología. Esp. Ergonomía y fisiología. M.Sc. Ergonomía y cambios tecnológicos. Ph.D Ingeniería línea ergonomía.

## ABSTRACT

**TITLE:** REDISEGN AND CONSTRUCTION OF GRAPHIC INTERACTION INTERFACE AND STRUCTURAL MODEL HAND DEVICE FOR CAVITATION EQUIPMENT FOR VACUSONIC BIOTECH LTDA COMPANY<sup>\*</sup>

**AUTHOR:** Jenny Katherine Rodríguez García<sup>\*\*</sup>

**KEYWORDS:** Occupational risk, aesthetic equipment, cavitation, hand, Human Engineering.

### DESCRIPTION

In order to mitigate the factor postural risk and time for generation the correct mental model use, this project aims propose a new hand device and interface design for cavitation equipment for Vacusonic Biotech Ltda Company.

The user centered design was the method with production and commercial company area, and 15 beauticians of metropolitan area of Bucaramanga (Colombia). Their work was recorded and analyzed with KINOVEA free software whit old and redesign hand device to obtain the angles of wrist joint and characterize the grips depending on the specific requirements of treatment. At the same time, were conducted surveys, close cardsorting and click maps to evaluate the interface. Finally it was possible obtain a design proposal. The results show decrease of joint movement when the hand device is on the skin because this is the greater risk position from 70° to 4° in flexion and 50° to 3° wrist deviation.

On the other hand, the system setting trough the interface being accepted by 90%. Thus, the hand device and interface redesign for cavitation help mitigate the negative impact and fatigue of upper extremity preventing the possible occurrence of illnesses such a SCC decreasing postural risk. Similarly, the interface was improved from the user mental model and no for the designer.

---

<sup>\*</sup> Graduation Project.

<sup>\*\*</sup> Physic- Mechanical Engineer Faculty. Industrial design school. Director Maria Fernanda Maradei García. Esp. Ergonomía y fisiología. Esp. Ergonomic and physiology. M.Sc. Ergonomic and Technological changes.. Ph.D Engineer Ergonomic line.

## INTRODUCCIÓN

Los profesionales en estética en Colombia han incrementado su demanda en formación y en ofrecer aplicación de tratamientos estéticos debido a los estereotipos de la figura y el cuerpo humano que se han promovido; la práctica de operaciones quirúrgicas como la liposucción para moldear el cuerpo y la técnica no invasiva como es la cavitación estética que través de ondas de ultrasonido (US) elimina las células grasas a través de la orina. A raíz de esto, Colombia se ha posicionado como una de las potencias en aplicación de tratamientos y desarrollo de aparatología estética para la aplicación de éste y otros tratamientos.

La importancia que ha tomado esta profesión en el país evidencia, a través de un estudio observacional realizado en las etapas iniciales de este proyecto, que es necesario realizar un estudio desde el diseño y la ergonomía que permita evidenciar los riesgos posturales a los cuales se ven expuestos al maniobrar el cabezal de aplicación de sus equipos de trabajo. Es así como el diseño de una alternativa para aplicar correctamente el tratamiento de cavitación con fines estéticos, permitirá disminuir el riesgo de la aparición del Síndrome del Túnel Carpiano en el usuario primario y no afectar los órganos vitales de los pacientes. De igual manera el proyecto espera que la propuesta de diseño ofrezca un instrumento de trabajo integral, generando competencia en el mercado de aparatología estética debido a sus características y desarrollo.

## **1. CONTEXTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 VACUSONIC BIOTECH LTDA**

La empresa cuenta con certificación de Condiciones Sanitarias Dispositivos Médicos con Radicado INVIMA No. 2010033544 desde el 2010 para fabricación y envase de equipos de estética. Lleva en el sector Colombiano 10 años y dispone de una alta calidad en su portafolio de productos, servicios y equipos de última generación por medio del diseño, fabricación, importación y reparación de equipos para aplicación médica, estética e industrial.

Brinda bienestar a través de sus equipos y productos para el cuidado del cuerpo humano, apoyados con el desarrollo tecnológico y el talento humano de ingenieros químicos, fisioterapeutas, ingenieros electrónicos y diseño con presencia en 8 ciudades colombianas, Chile y Perú donde se ofrece todo su portafolio de productos cosméticos y equipos electromédicos para tratamientos que mejoran el aspecto físico e imagen de las personas. A partir de esto, se realizó la matriz DOFA (Tabla 1) de la empresa, la cual demuestra que el mejoramiento de los equipos se debe realizar con base al usuario, a su comodidad y satisfacción.

**Tabla 1. Matriz DOFA interfaz gráfica de usuario.**

| <b>Fortalezas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Debilidades</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Líder en el mercado nacional.</li> <li>- Propiedad de patentes y tecnología.</li> <li>- Planta de producción y equipos.</li> <li>- Reconocimiento en el mercado Nacional y Suramericano.</li> <li>- Desarrolladores de software y componentes electrónicos.</li> <li>- Portafolio completos de productos estéticos y aparatología estética.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de desarrollo visual.</li> <li>- Desarrollo de productos sin comprobaciones ergonómicas de uso y copia a otros desarrollos.</li> <li>- Grandes inversiones monetarias y de producción en desarrollos inviables.</li> </ul> |
| <b>Oportunidades</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Amenazas</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pocos competidores en el mercado con pantallas táctiles y patentes usadas.</li> <li>- Recursos para desarrollo a bajo costo.</li> <li>- Acompañamiento de las áreas de producción y diseño.</li> </ul>                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos chinos.</li> <li>- Costos de competidores y distribuidores.</li> </ul>                                                                                                                                                 |

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO**

Los tratamientos estéticos no invasivos que mejoran la apariencia física en mujeres y hombres han ido en aumento en los últimos años lo cual ha hecho de Colombia una potencia en cirugías y procedimientos estéticos no invasivos debido a la variedad de tecnología que se ha desarrollado en el país y la flexibilidad económica en la aplicación de estos. Uno de los principales tratamientos estéticos no invasivos es la cavitación debido a que es el tratamiento alternativo a la liposucción por medio de aparatología estética de ultrasonido emitido por el cabezal de aplicación y maniobrado por profesionales en estética en reducción de adiposidades localizadas en los pacientes. La aplicación de este tratamiento ha desencadenado, por parte de los profesionales en estética, sintomatologías asociadas a al Síndrome del Túnel Carpiano debido a factores de riesgo posturales. Asimismo se observa riesgos para los pacientes debido a la aplicación errónea de este tratamiento lo que conlleva a efectos sobre la salud del paciente y su apariencia física (1).

Un estudio realizado por la Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo, afirma que el mercado de la aparatología movió en Colombia en el 2012 aproximadamente \$7423.355.186 (2), cifra que revela un porcentaje muy alto en Colombia para la inversión en tratamientos estéticos generando, según cifras de esta misma fuente (2), más de 100.000 empleados que prestan servicios con este tipo de aparatos empleados en centros de belleza, estética, gimnasios y demás. Tales crecimientos económicos y apertura de este mercado en Colombia, han hecho que sea uno de los países de Suramérica y del mundo más concienciados con la estética (3). Esto conlleva a afirmar que los profesionales en estética han ido incrementando su demanda tanto de formación académica como apertura de sus propios negocios para ejercer su profesión.

Con base en esto, es necesario realizar estudios desde el diseño y la ergonomía que permitan evidenciar el riesgo postural al cual es sometido un profesional en estética. El agarre y la posición de la muñeca en el uso del cabezal de aplicación genera posibles trastornos de trauma acumulativo (TTA); estas actividades repetidas y prolongadas aumentan la presión de los fluidos alrededor de los nervios y pueden causar daño sobre ellos (4). Esta situación que puede conllevar a problemas a largo plazo en manos, hombros, codos, muñecas y tronco; al igual, causando fatiga y el bajo rendimiento en el área laboral (5).

Respecto a un análisis global de los padecimientos de enfermedades laborales en profesionales de estética y profesionales que maniobran equipos de ultrasonido y cavitación, se encuentra que en un centro que presta estos servicios con 4 y 18 profesionales para aplicar tratamientos a pacientes que lo requieran, el 78% de ellos presentan dolor musculoesquelético continuos en donde relacionan su aparición en horas laborales o en el desempeño de las labores (6).

Ahora bien desde el punto de vista del paciente, la aplicación del cabezal debe hacerse correctamente sobre la epidermis a tratar por medio de un correcto lenguaje de uso. En un estudio observacional realizado en el marco de este proyecto en la ciudad de Bucaramanga, la aplicación de este cabezal sobre la piel es realizado de manera paralela trayendo a largo plazo problemas de salud en dichos pacientes; esto debido a que las ondas del cavitador son de 40 KHz, las cuales al penetrar los tejidos del organismo atraviesan de 3 a 4 cm como valor mínimo de profundidad el cuerpo humano (7) lesionando órganos sensibles. Por otro lado el comportamiento y atenuación de esta onda a nivel corporal acarrea riesgos de daños auditivos por la generación de vibraciones de frecuencias audibles que generan vibración en los huesos cocleares.



Además el estudio observacional mostró problemas de lenguaje de uso al interactuar con él. Como parte complementaria del cabezal de aplicación, el equipo de cavitación debe poseer sistema de interfaz gráfica de usuario la cual facilite la aplicación del tratamiento y maneje lenguaje universal para su configuración. El tiempo de relación con el sistema siempre es mayor a los 3 minutos y el número de errores es recurrente al realizar la configuración por lo cual es muy importante la comprensión del número de variables en los componentes del sistema: objetos, máquinas y espacio físico.

Con base en lo anterior, el proyecto busca mejorar la maniobrabilidad del cabezal de aplicación del equipo de cavitación de la empresa Vacusonic Biotech LTDA, para reducir los factores de riesgo que favorecen la aparición del Síndrome del Túnel Carpiano. Además generar un lenguaje de uso correcto de éste en la aplicación del tratamiento a sus pacientes, sin desencadenarles daño de órganos intra abdominales debido a una incorrecta ubicación del cabezal sobre la epidermis, para brindar un sistema de relación, entre los componentes y los elementos de control, adecuado para los profesionales en estética. Se espera que la propuesta de diseño ofrezca un instrumento de trabajo integral, generando un cambio competitivo en el mercado de aparatología estética debido a sus características y desarrollo.

Con base en lo anterior, el proyecto, busca responder a la siguiente pregunta de diseño: ¿En qué medida el rediseño del cabezal de aplicación del cavitador mitiga el factor de riesgo postural y el tiempo para la generación de un correcto modelo mental de uso?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo funcional estructural del cabezal de aplicación del cavitador que reduzca el factor de riesgo postural e integre los componentes electrónicos junto a la simulación de interfaz gráfica de usuario mediante la generación del correcto modelo mental de uso para la aplicación del tratamiento de cavitación sin desencadenar problemas biológicos a largo plazo en los pacientes.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar el lenguaje de uso del cabezal de aplicación y la interfaz gráfica, con base en la ubicación adecuada de éste con la epidermis, procurando no generar problemas fisiológicos secundarios.
2. Comparar diferentes propuestas de modelos de cabezal de aplicación e interfaz gráfica de usuario, diseñados con base en el lenguaje de uso y la interfaz gráfica determinadas en el proyecto.
3. Determinar la alternativa más viable en función de los requerimientos de diseño propuestos.

4. Comprobar si la propuesta de cabezal de aplicación y la interfaz gráfica de usuario reducen el factor de riesgo postural y genera el correcto modelo mental de uso y aplicación del tratamiento en los pacientes.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 CAVITACIÓN ESTÉTICA

La cavitación estética se aplica mediante un cabezal de aplicación (Figura 1) que emite ondas ultrasónicas en una banda de frecuencia (40 KHz) las cuales generan micro burbujas que colapsan e implosionan las células grasas y las elimina de forma natural.

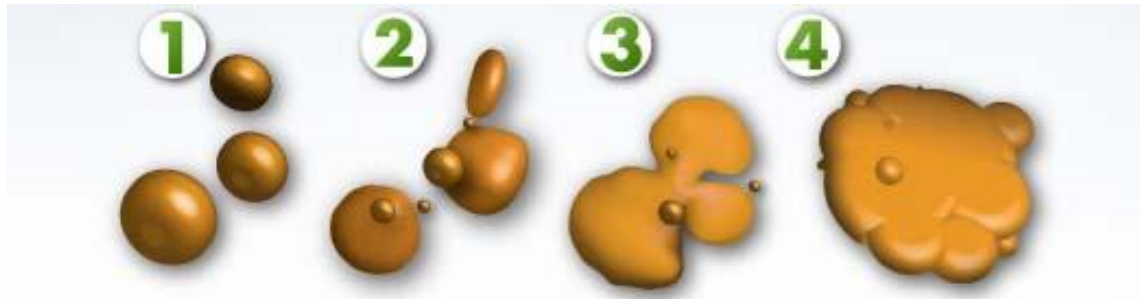
**Figura 1. Cabezal de aplicación.**



Fuente: [www.stetik.es](http://www.stetik.es)

Las ondas producen exclusivamente la cavitación del tejido graso debido a la relación que existe entre la densidad, el tejido y la velocidad de transmisión; siendo focalizadas y de alta intensidad con frecuencias de mayor profundidad, capacidad de compresión y menor efecto térmico (Figura 2) sin dañar estructuras vecinas (8) (9) (10).

**Figura 2. Cavitación a nivel microscópico.**



1. Estructura básica del tejido graso. 2. Durante el tratamiento 3. Licuefacción célula grasa básica. 4. Grasa licuada por rotura de las membranas en células.  
Fuente: [www.cavistar.com](http://www.cavistar.com)

#### **4.1.1 Efectos biológicos de la cavitación.**

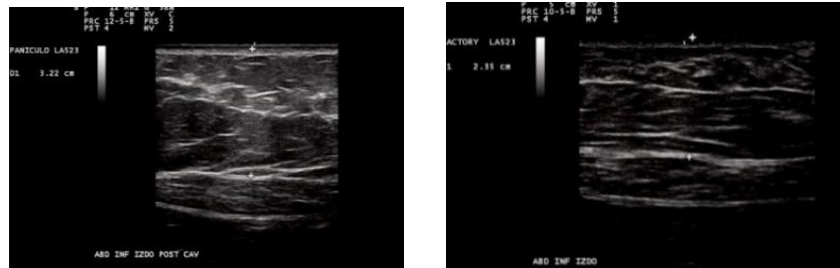
- Efecto micro mecánico: presión que genera cambios en la estructura de las proteínas, permeabilidad de la membrana celular y la eliminación de las fibras de colágeno reduciendo la adhesión entre las células (11).
- Efectos térmicos: foco de calor en la zona donde se realiza el tratamiento.
- Efectos químicos: aceleración de los tejidos modificando su composición química.

La cavitación debe entenderse como un tratamiento que ayuda a eliminar la grasa acumulada (Figura 3), es de gran ayuda para las zonas específicas que no se pueden tratar con dietas ni ejercicios.

**Figura 3. Resultados de la cavitación**

A – Antes (3,22

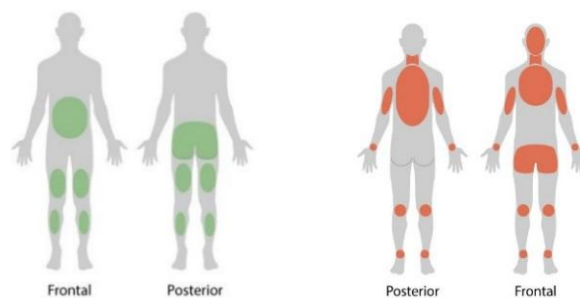
B- Después (2,35 cm)



Reducción del espesor de panículo adiposo tratado con cavitación. *Fuente: Techniques for the treatment of localized fat without surgery*

**4.1.2 Aplicaciones de la cavitación.** Este tratamiento es corporal y debe ser aplicada en el abdomen, cintura, piernas, muslos, abductores, pantorrillas, brazos y espalda sin aplicarlo en la caja torácica del cuerpo, cabeza cara o cuello, senos, antebrazos, articulaciones, genitales, tobillos y ganglios (Figura 4).

**Figura 4 - Zonas adecuadas e inadecuadas de aplicación de la cavitación. Zonas verdes: zonas indicadas; Zonas rojas: Zonas prohibidas.**



Hay que tener en cuenta que no se puede generalizar la cantidad de aplicaciones necesarias para obtener los resultados deseados, debido a la diferencia de estructura corporal y pesos de los pacientes. Cada una de las sesiones tiene una

duración entre 15 a 35 minutos y esta debe ser aplicada cada 4 días sin llegar a afectar el funcionamiento del cuerpo. Se calcula una mínima de 6 a 12 sesiones aproximadamente y también se deben tener en cuenta la cantidad de zonas a tratar y el estado del cuerpo del paciente.

Las tareas para el tratamiento de cavitación son los siguientes:

**Preparación.**

- Acomodar de la camilla.
- Acomodar cuerpo del paciente.
- Colocar guantes.
- Limpiar el cabezal de aplicación.
- Aplicar el gel conductor en el paciente.
- Postura de pie.

**Configuración.**

- Encender el equipo.
- Iniciar el panel de configuración.
- Ajustar el tiempo.
- Ajustar la potencia.
- Iniciar.

**Aplicación del tratamiento.**

- Coger el cabezal.
- Crear el pliegue en la epidermis del paciente.
- Posicionar el cabezal perpendicular a la epidermis.
- Deslizar el cabezal sobre la epidermis.
- Ejercer presión sobre la epidermis. Aplicación de ultrasonido con el cabezal de aplicación por movimientos repetitivos sobre la epidermis con leves (Figura 5).

**Figura 5. Aplicación del cabezal de aplicación**



- Limpieza del cabezal, humectación de la zona tratada, sellamiento del tratamiento por medio de una venda y papel osmótico.

## **4.2 CABEZAL DE APLICACIÓN**

Es necesario establecer criterios basados en información clara y contundente que guíe el desarrollo del proyecto para cumplir con los objetivos propuestos a través la ejecución de nuevas propuestas y rediseñar el cabezal de aplicación con base en los siguientes datos.

**4.2.1 Riesgos biológicos resultados de una mala ubicación del cabezal de aplicación del cavitador.** Un estudio biológico realizado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (12) hace énfasis sobre las emisiones de ultrasonido puesto que lesionan órganos muy sensibles como los son el corazón, riñones, hígado, pulmones, estómago, bazo, intestinos, ojos, oídos, ovarios, testículos, cerebro y médula espinal.



Por tal razón, la Sociedad Científica Colombiana de Medicina estética recomienda en la segunda edición de su revista (13), una forma de evitar esta alta penetración de ondas en el organismo plegando el tejido subcutáneo para poder aplicar el cabezal del equipo en forma perpendicular al organismo y que la onda no lo traspase.

Cabe señalar que al ser un proceso donde se modifican componentes del cuerpo humano, en este caso adiposidades localizadas sobre órganos del cuerpo, el incorrecto uso del cabezal de aplicación trae consigo consecuencias secundarias que conllevan a daños en órganos sensibles y de vital importancia.

**4.2.2 Factor de riesgo postural asociado al síndrome del túnel carpiano en los esteticistas.** Es evidente que el ámbito laboral cada vez aqueja más a los trabajadores, no solo en el estrés sino al maniobrar implementos con los que desarrollan sus labores desencadenando patologías causadas por situaciones que tienen que ver con la adecuación del trabajo o los elementos de trabajo a la fisionomía humana. En los profesionales en estética, el Síndrome del Túnel Carpiano (STC) es la patología que más los afecta debido a que requieren fuerza en sus manos conllevando al factor de riesgo postural al ejercer presión sobre la epidermis de los pacientes, movimientos repetitivos de muñeca y hombros (fuerza manual excesiva) durante periodos de tiempo, posturas forzadas generando producción de lesiones por sobrecarga, trabajar de pie (14), manipulación de cabezales de aplicación que pesan alrededor de 800 gr a 1 Kg, interfaz gráfica de usuario, mala maniobrabilidad de los elementos de trabajo y ritmos de trabajo inadecuados (15).

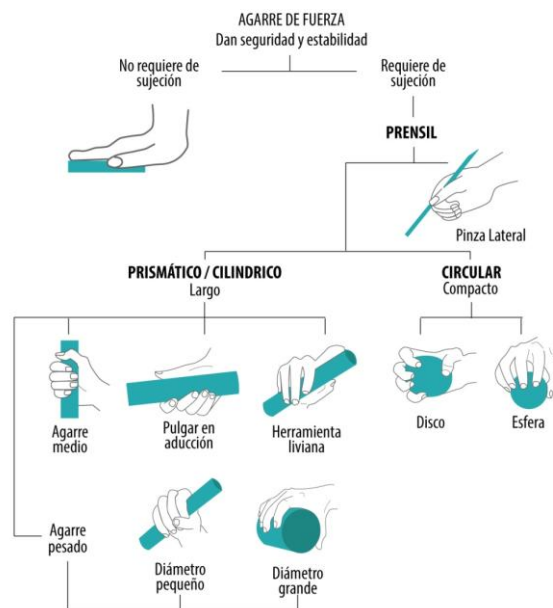
#### ***Posiciones de la mano.***

Cada una de las tareas para realizar los tratamientos estéticos requiere de ciertas características para realizar las funciones específicas, ya sea por el tamaño, peso, forma u otras características que las herramientas brindan. Por tal motivo, fue

necesario revisar la literatura acerca de esto para poder desarrollar y proponer un nuevo diseño mostrado a continuación:

**Agarres.** De acuerdo a la necesidad de ejercer presión y fuerza en la ejecución de la tarea es necesario enfocarse en los agarres de fuerza o potencia. Napier se refiere a estos como agarres que se distinguen por grandes zonas de contacto entre el objeto captado y las superficies de los dedos y la palma; por poca o ninguna capacidad para impartir movimientos con los dedos. Los diferentes agarres de potencia se muestran en la Figura 6.

**Figura 6. Agarre de fuerza**



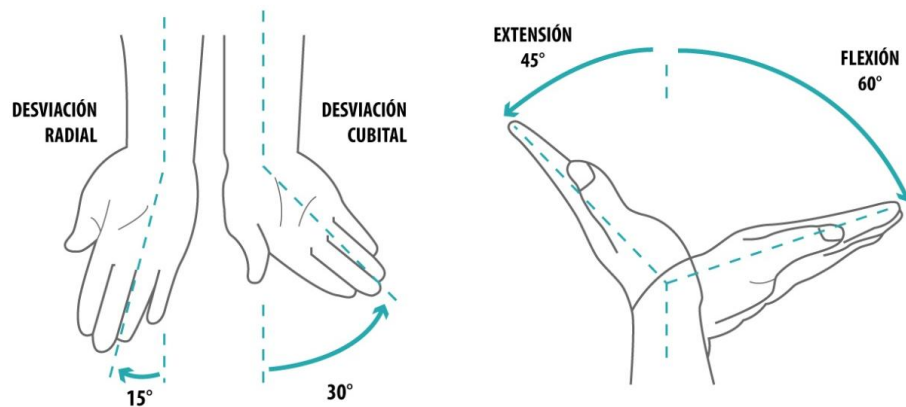
Fuente: Mark R. Cutkosky (16). Modificada por el autor.

Las dimensiones para cada uno de estos agarres deben elegirse de acuerdo a las especificaciones técnicas y la clase de tarea a ejecutar; para esto se ha definido dimensión de 6.4 cm de diámetro (17) y de 5 a 6 cm (18).

**Rangos de movimiento.** Para el caso de estudio se considera la muñeca la cual posee dos grados de libertad o movimientos en dos planos rectangulares. Movimiento de flexión y extensión en el plano sagital; aducción y abducción en el plano frontal.

La postura neutra del conjunto de muñeca y mano es considerado como el origen para la medición de los ángulos que se alcanzan en cada posición y el rango de cada movimiento alcanzan ángulos en extensión o dorsiflexión: 45°, flexión: 60°; Desviación radial: 15°, desviación cubital: 30° (19).

**Figura 7. Rangos de la muñeca.**



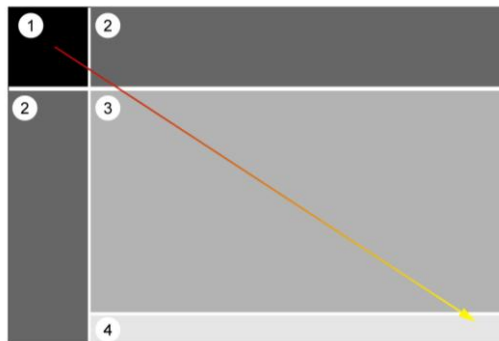
#### 4.3 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Los factores humanos estriban en conseguir una efectividad funcional de cualquier equipamiento o ayuda física al ser usado manteniendo y mejorando el bienestar humano (cosas tales como la salud, la seguridad y la satisfacción). Los siguientes datos servirán de guía para el desarrollo de conceptos.

**4.3.1 Diseño visual.** Antes de desarrollar diferentes propuestas de estilo y diseño visual, es necesario ceñirse por los siguientes parámetros que hacen de estas propuestas viables.

Niveles: estos con el fin de proveer al usuario el fácil acceso al accionamiento en la posición que se encuentren, según la funcionalidad de la información dentro de ésta y la manera en que se opera cada uno de los botones. Para la jerarquía visual de estos, representada en la Figura 8, se puede organizar el contenido situando en la pantalla la información más importante en la zona superior izquierda y las menos relevantes en la parte inferior (20).

**Figura 8. Jerarquía visual**

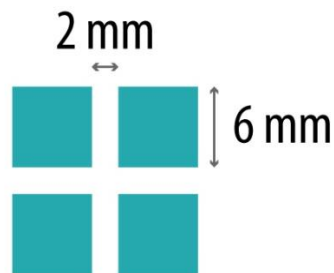


- Como la interfaz es de tareas sencillas y cortas, se puede estructurar de manera lineal donde el orden predeterminado obliga a los usuarios a leer información y realizar tareas en un orden fijo, siendo posible ir hacia adelante o hacia atrás; o estructurar de manera ramificada en donde da la opción de acceder rápidamente a la información pertinente y de control.
- Representación de los datos: los datos deben estar simplificados de tal manera que sea universal y de fácil reconocimiento. Por tal motivo, las palabras usadas en esta deben ser cortas y universales y en algunos casos pueden estar

apoyados en íconos (21) siendo estos subjetivos, sujetos a la interpretación personal a partir de la experiencia, por esta razón no es recomendable usarlos en operaciones críticas (22).

- Pantalla Táctil: la pantalla táctil del equipo requiere de ciertos parámetros para poder realizar las funciones específicas, en este caso es la de presionar botones para ejecutar las diferentes tareas. El tamaño de cada uno de estos debe tener al menos 6 mm y un espaciado de centros ideal no menos de 20 mm y debe estar evaluada desde la importancia de la tarea (23), como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9 - Dimensiones para zonas de activación en pantallas táctiles.**



Fuente: AAMI, Human factors. Modificada por el autor.

- Tipografía y caracteres: es necesario definir estilos sencillos y claros, de baja complejidad de lectura, atributos de las tipografías sin serifas. En la Tabla 2, se relaciona información para seleccionar el tamaño de la fuente con la altura de los caracteres de ésta.

**Tabla 2. Caracteres (ángulo de visión y distancia de lectura del usuario).**

|                             | Altura de los caracteres (cm) | Distancia de lectura (cm) | Ángulo de visión (cm) | Tamaño de la fuente |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| Límite superior del tamaño  | 0.4267                        | 60.96                     | 24                    | 12                  |
|                             | 0.63754                       | 91.44                     | 24                    | 18                  |
| Preferido (límite superior) | 0.39116                       | 60.96                     | 22                    | 11                  |
|                             | 0.5842                        | 91.44                     | 22                    | 16.5                |
| Adecuada (límite superior)  | 0.32004                       | 60.96                     | 18                    | 9                   |
|                             | 0.47752                       | 91.44                     | 18                    | 13.5                |
| Preferido (límite inferior) | 0.3556                        | 60.96                     | 20                    | 10                  |
|                             | 0.53086                       | 91.44                     | 20                    | 15                  |
| Adecuada (límite inferior)  | 0.28448                       | 60.96                     | 16                    | 8                   |
|                             | 0.42672                       | 91.44                     | 16                    | 12                  |
| Adecuada (límite inferior)  | 0.21336                       | 60.96                     | 12                    | 6                   |
|                             | 0.32004                       | 91.44                     | 12                    | 9                   |

Fuente: AAMI, Human factors Engineering-Design of Medical Devices. Modificado por el autor.

- Color: el significado de los colores en un equipo electromédico influye en la percepción y visualización de los diferentes componentes que ofrece el equipo (Ver tabla 3).

**Tabla 3. Color en aplicaciones médicas.**

| COLOR    | SIGNIFICADO                                         |
|----------|-----------------------------------------------------|
| Blanco   | Información primaria o en fondo negro.              |
| Rojo     | Alarma, peligro, OFF, calor.                        |
| Naranja  | Alarma prioridad media, peligro.                    |
| Amarillo | Alarma prioridad baja, precaución, lento.           |
| Verde    | ON, power, go, ok, bien.                            |
| Azul     | Información secundaria o fondo blanco, frío.        |
| Cyan     | Alarma baja prioridad.                              |
| Gris     | Información no disponible, gas: Dióxido de Carbono. |
| Marrón   | Gas: helio.                                         |
| Negro    | Información primaria o en fondo blanco              |

Fuente: AAMI, Human factors Engineering-Design of Medical Devices. Modificado por el autor.

## **5. ANÁLISIS DEL USO ACTUAL**

### **EQUIPO DE CAVITACIÓN DE LA EMPRESA VACUSONIC BIOTECH LTDA**

Para desarrollar las actividades que se desglosan de cada uno de los objetivos específicos y dar respuesta a la pregunta de diseño: *¿En qué medida el rediseño del cabezal de aplicación del cavitador mitiga el factor de riesgo postural y el tiempo para la generación de un correcto modelo mental de uso?*, se ha determinado una metodología sustentada por el modelo User Centered Design Process de Chunlun Lee desarrollado en el Instituto de Tecnología de Illinois, los métodos de diseño de Nigel Cross y los métodos de diseño y usabilidad del informe APEI sobre usabilidad (24).

Los siguientes métodos serán usados para definir, delimitar y clarificar los atributos de calidad de la interfaz gráfica de usuario que mayor impactan la satisfacción del usuario y aceptación del producto y evaluar en qué manera el rediseño del cabezal de aplicación mitiga el factor de riesgo postural donde la eficacia, eficiencia y satisfacción del usuario pueda lograr objetivos específicos en contextos específicos (25).

### **5.1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN.**

Por medio de entrevistas y encuestas a 15 esteticistas de la Corporación Educativa de Colombia, Centro de estética aliado a la empresa Vacusonic Biotech Ltda y el SPA Body Armonic Stetic de Bucaramanga con conocimiento técnico en fisioterapia, cosmetología, estética integral o quiropraxia, edad promedio de 24 a 45 años y una experiencia profesional de 2 años, por medio de dos estrategias:



Encuesta escrita y entrevista oral: El objetivo general fue identificar las problemáticas principales al usar el cabezal de aplicación y la interfaz gráfica de usuario del equipo de cavitación de la empresa Vacusonic Biotech Ltda. Los objetivos específicos fueron:

- Analizar la incidencia percibida en la mano de la aplicación del tratamiento de cavitación y la maniobrabilidad del cabezal e interfaz gráfica de usuario.
- Determinar el tiempo mínimo y máximo para la aplicación del tratamiento de cavitación y la maniobrabilidad del cabezal de aplicación.
- Identificar los problemas relacionados al uso del cabezal de aplicación y la interfaz gráfica de usuario.

Primero se realizó una introducción del proyecto, lugar de estudio y objetivos de la encuesta y posterior a esto se aplicó de manera guiada el formato impreso con las preguntas (Anexo A).

Los resultados obtenidos indican que los tiempos tanto mínimos (10 minutos) como máximos (30 minutos) se encuentran en el rango límite de lo permitido (26) con un 64% y 46% respectivamente; evidenciando la necesidad de ejercer un mayor control en éste ítem pues el tiempo en que la onda penetra en el cuerpo humano causa efectos secundarios en los pacientes. Al analizar la percepción del equipo se encontró (ver Figura 10) que la mayoría de los problemas percibidos cuando se usa el cabezal, están asociados a dolores en las manos que requiere de constantes pausas activas.

**Figura 10. Porcentaje de la población de esteticistas en función de los problemas percibidos, cuando se usa el cabezal para cavitación.**



También se observa problemas derivados de los esfuerzos, de las posturas incómodas asumidas y al peso del cabezal de cavitación. Por otro lado, la interfaz gráfica de usuario es percibida por un 68% confusa y especificaron aspectos negativos mostrados en la Tabla 4.

**Tabla 4. Porcentaje de la población de esteticistas en función de los aspectos negativos de la interfaz.**

| OPINIÓN DE LOS USUARIOS                           | VALOR |
|---------------------------------------------------|-------|
| Con la práctica se aprende a usar                 | 90%   |
| Toma varios minutos para su aprehensión.          | 63%   |
| Confusión con algunos botones llevando al desuso. | 15%   |
| Dificultad al ajustar la potencia.                | 37%   |
| Podría ser mas elegante y bonita.                 | 15%   |
| Los botones son muy pequeños.                     | 21%   |
| El encendido no es visible.                       | 47%   |

El punto considerado de alta complejidad es en el ajuste de la potencia, la cual es la principal configuración del sistema y que puede desencadenar quemaduras en los pacientes al no tolerar alta potencia de la onda sobre la epidermis.

1. Demostración de uso del equipo: El objetivo general fue identificar los patrones posturales, clasificar los agarres, los movimientos de acuerdo a su repetición y el tiempo de configuración de la interfaz a través de estudio observacional cuya variable independiente fue el diseño del cabezal y como variables dependientes el tiempo, la postura de la mano y el número de errores. Se definió la tarea de “plegar el tejido subcutáneo” para el análisis; esta se realiza de forma perpendicular al organismo, al ser una de las posturas más críticas observadas inicialmente. Después de realizar una pequeña inducción al esteticista para buscar plantear el método de trabajo en una de sesión de 10 minutos. Durante este tiempo se realizó el registro de video en forma continua.

A partir del video, se estudió cada una de las posiciones de la muñeca y del agarre del cabezal. Para esto utilizó el software libre KINOVEA 0.8.15 (Kinovea organisation, Francia) y obtener los ángulos de flexión-extensión, y desviación radial-cubital. Para el análisis fue necesario seleccionar aleatoriamente imágenes estáticas del video que reflejaban las posturas asumidas (ver Figura 11.)

**Figura 11. Selección aleatoria de las imágenes del video durante la aplicación del tratamiento con el cabezal del cavitador.**



Con base a los resultados de la Figura 10, se determinó que la tarea que generaba más riesgos para los esteticistas era la aplicación del tratamiento propiamente dicho. Al coger el cabezal, el riesgo de uso está asociado con la fuerza. Es indispensable que la maniobra sea realizada correctamente por el esteticista para reducir los riesgos en el paciente. Este determinante de la actividad condiciona las tareas a ejecutar a posteriori:

- -El posicionamiento del cabezal de aplicación que debe estar perpendicular a la epidermis.
- -El deslizamiento del cabezal sobre la epidermis.
- La presión que debe ejercer la esteticista sobre la epidermis.

## **5.2 ESTUDIO DE LAS POSTURAS ASUMIDAS POR LA MUÑECA EN LA ACTIVIDAD DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN**

Se encontró que la muñeca realiza movimientos en sus 2 grados de libertad, es decir, se realizan movimientos de extensión, flexión, desviación radial y desviación cubital. También se encontró que los mayores ángulos de extensión, flexión y desviación radial se encuentran cuando se está en contacto con la piel del paciente, es decir cuando se ejerce fuerza para realizar el tratamiento de cavitación (ver Tabla 5).

**Tabla 5. Promedio ángulos de la muñeca**

| Posición de la muñeca | Contacto | No contacto |
|-----------------------|----------|-------------|
| Extensión             | 70°      | 39.7°       |
| Flexión               | 42.25°   |             |
| Desviación radial     | 50°      | 42.5°       |
| Desviación cubital    |          | 25.5°       |

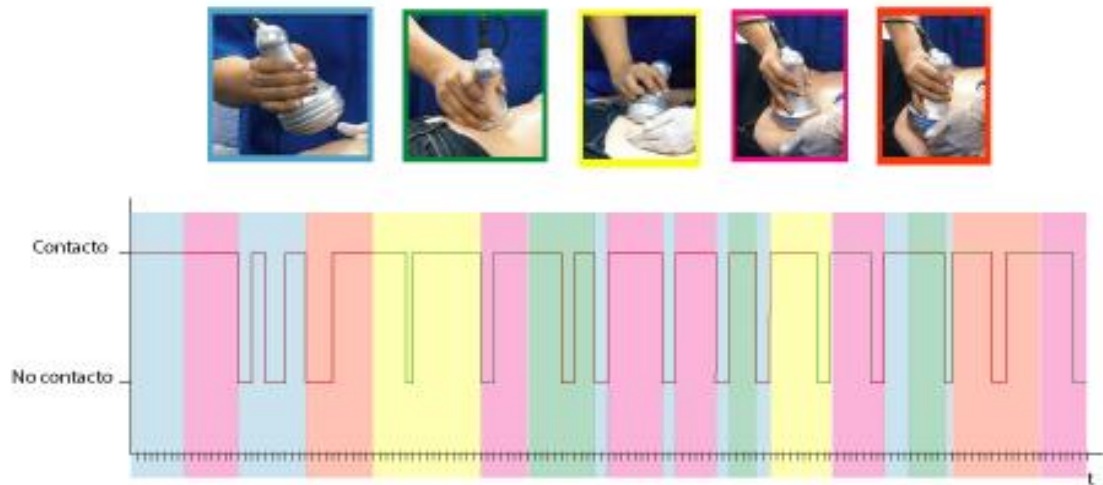
De igual manera se encontró que en un 51% del tiempo, el cabezal está en contacto con la epidermis en flexión y extensión, mientras que en un 31%, el cabezal está en desviación radial y cubital. Por otro lado, cuando está en no contacto con la epidermis, se encontró que el 15% del tiempo está en extensión y flexión y el 4% del tiempo en desviación radial y cubital.

### **5.3 ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DE USO DEL CABEZAL DE APLICACIÓN EN FUNCIÓN DEL AGARRE**

En el orden de riesgo de uso, se evidenció como el más importante el agarre al momento de coger el cabezal. Esto conlleva a un riesgo de postura asociado con la fuerza que se le ejerce a la epidermis al momento de aplicar el tratamiento.

Para el análisis de esto, se relacionaron cada uno de los agarres con el tiempo de contacto y no contacto del cabezal en la epidermis mostrado en la Figura 12.

**Figura 12. Relación del tipo de agarre cuando está en contacto y no en contacto con la piel del paciente, en función del tiempo (tiempo de observación, t= 286 seg).**



Se encontró 5 tipos diferentes de agarres evidenciados en los videos, estos fueron relacionados por medio de colores sobre la gráfica de la posición del cabezal en la epidermis versus el tiempo, para determinar cuáles son los agarres con mayor incidencia en la mala postura y fatiga de la muñeca.

-Agarre azul (Agarre 1): corresponde a un agarre a mano llena de fuerza, en donde la palma y los dedos se encuentran ejerciendo control sobre el cabezal de aplicación. En el tiempo total de análisis, este agarre fue ejercido en 56 segundos.

-Agarre verde (Agarre 2): corresponde a un agarre con 4 dedos a mano llena y con el dedo índice que ejerce control de los movimientos. El total del tiempo ejerciendo este tipo de agarre fue de 40 segundos.

-Agarre amarillo (Agarre 3): se encuentran los dedos anular y meñique en pinza palmar ejerciendo la fuerza; el dedo índice y medio realizan el control de los movimientos. El tiempo ejerciendo este agarre en el análisis fue 52 segundos.

-Agarre fucsia (Agarre 4): se encuentran los dedos anular y meñique sobre el cabezal de aplicación ejerciendo la fuerza. El dedo índice y medio realizan el control de los movimientos, en este caso, todos los dedos están en abducción. El tiempo en el cual se ejerció este agarre fue de 88 segundos, siendo el de mayor tiempo en todo el tratamiento.

-Agarre rojo (Agarre 5): realiza la aprehensión del cabezal de aplicación con todos los dedos menos el meñique, quien ejerce el control de los movimientos con mayor precisión. El tiempo ejerciendo este agarre en el análisis fue 50 segundos.

El estudio encontró que el agarre en donde se encuentran los dedos anular y meñique sobre el cabezal de aplicación es realizado con fuerza. Asimismo, en este agarre el dedo índice y medio realizan el control de los movimientos y todos los dedos se encuentran en abducción (Agarre 4. Fucsia). Con base en esto y al considerar el tiempo de aplicación, se puede deducir como resultado, que este agarre es el principal factor de riesgo en el uso del cabezal de aplicación, por las demandas biomecánicas que exige y por el tiempo (88 segundos) de mayor prolongación en comparación con los otros agarres.

#### **5.4 ESTUDIO DEL USO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO**

El 60% de los encuestados coincidió en que el tutorial de la interfaz gráfica de usuario no es el adecuado con el tratamiento de cavitación pues solo muestra sus componentes y especificaciones técnicas, el 100% de los esteticistas tenía que

recurrir a reiniciar el equipo completamente al darle la opción “regresar” de la interfaz para ver el tutorial de aplicación.

Al configurar el tiempo y la potencia de la interfaz, el 70% de las esteticistas dudaron en introducir la potencia para el paciente asignado, (esto, porque no analizaron con anterioridad la adiposidad de las pacientes y el equipo no cuenta con una ayuda para configurar el equipo) tomando esto entre 20 y 25 segundos.

## **5.5 ESTUDIO DE LOS ATRIBUTOS DEL CABEZAL DE APLICACIÓN**

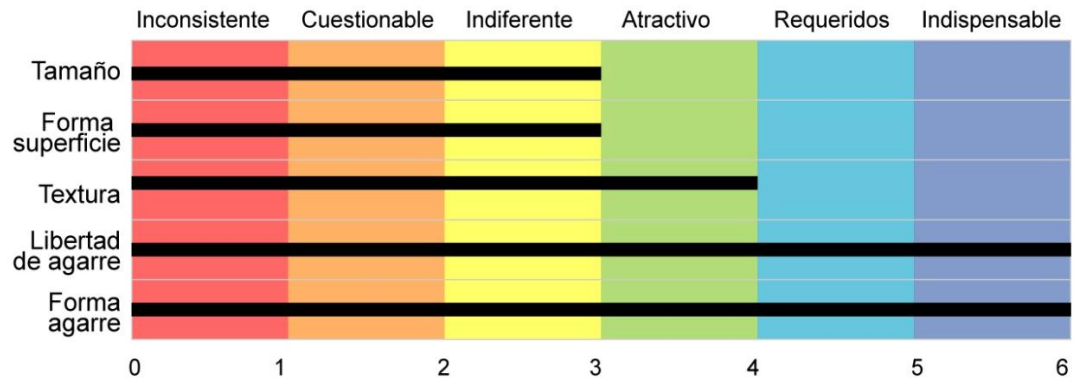
La evaluación de los atributos del cabezal de aplicación se desarrolló a partir del modelo KANO, que es una teoría para conocer la satisfacción del cliente con el producto a partir de los atributos que le ofrece. Esto con el principal objetivo de definir los requerimientos del proyecto. Por tal motivo, se definieron los siguientes atributos:

1. Dimensión de la superficie que expande la onda de ultrasonido.
2. Forma compacta y completamente sellada.
3. Superficie lisa que facilita la limpieza.
4. Posibilidad de agarre de diferentes formas.
5. Agarre con forma convexa.

Para evaluar cada uno de estos atributos se llevó a cabo una encuesta (Anexo B) con preguntas funcionales y no funcionales con el objetivo de saber cómo se siente el usuario con y sin el atributo.



**Figura 13. Resultados modelo KANO**



Los resultados (Anexo C) (Figura 13) determinaron que el tamaño de la superficie donde se expande la onda de ultrasonido y la forma compacta y completamente sellada, son atributos neutros (N) donde su presencia o ausencia no contribuye a aumentar o disminuir la satisfacción del usuario. Por otro lado, la superficie lisa es atractivo (I), el cual no disminuye la satisfacción del cliente cuando no está funcionando, pero la aumentan mucho y rápidamente cuando si la presenta. Por último, la posibilidad de agarre en diferentes formas y el agarre en forma convexa, son atributos indispensables (E), pues son aquellos que la satisfacción está relacionada directamente proporcional con la funcionalidad del mismo. Por tal motivo, son el eje principal para el desarrollo de los requerimientos en el proyecto.

## 6. REQUERIMIENTOS

Para iniciar la etapa de generación de alternativas de solución y posterior comprobación, se establecieron los siguientes requerimientos con base en los anteriores datos y diferentes análisis previos realizados a la interfaz gráfica de usuario y cabezal de aplicación. Estos, se clasificaron de igual manera por la escala de importancia en taxativos (T), deseable (D) u opcional (O).

### 6.1 REQUERIMIENTOS DE USO

#### ***General***

- Debe tener manual de usuario el equipo. (T)
- Mostrar las precauciones del equipo en lugares visibles. (D)

#### ***Cabezal de aplicación***

- Permitir la aplicación de las ondas de US en adiposidades medias y grandes. (T)
- **Parámetro:** El cable de conexión debe ser igual o mayor a 1.45 metros. (27).

#### ***Interfaz gráfica de usuario***

- Debe simplificar la tarea para disminuir tiempos y errores. (T)
- Mostrar la información desglosada en forma progresiva y jerárquica para lograr un alto nivel de abstracción. (T)
- Determinar los actos posibles en cada momento. (D)
- Mostrar los textos claros y simples de comprensión. (T)
- Tener modos preestablecidos de uso. (O)

- Generar señales de retroalimentación en las funciones principales. (O)
- Proveer asesoría en el manejo del cabezal sobre el cuerpo de manera clara y sencilla. (D)
- **Parámetro:** Debe tener amplitud del menú en un rango de 3 a 12 opciones. (23)
- **Parámetro:** Debe tener profundidad de navegación máximo de 3 opciones. (D) (23).
- Como la interfaz es de tareas sencillas y cortas, se puede estructurar de manera lineal donde el orden predeterminado obliga a los usuarios a leer información y realizar tareas en un orden fijo, siendo posible ir hacia adelante o hacia atrás; o estructurar de manera ramificada en donde da la opción de acceder rápidamente a la información pertinente y de control.

## 6.2 REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN

### ***Cabezal de aplicación***

- Debe mostrar lenguaje de uso correcto de aplicación
- **Parámetro:** perpendicular a la piel. (T)
- Debe proveer señal del funcionamiento del cabezal en el tiempo de la aplicación del tratamiento. (T)
- Mantener la ventilación adecuada de los componentes electrónicos. (T)
- **Parámetro:** Su estructura debe dejar libre los puntos de soldadura entre los cables y el piezoeléctrico con una distancia mínima de 1 cm.

### ***Interfaz gráfica de usuario.***

- La operatividad del sistema debe ser a través del teclado touchscreen.(T)
- Indicar el tiempo.(T)
- Indicar la potencia. (T)
- Debe tener el control de tiempo y potencia con diferentes opciones. (T)

- La interfaz gráfica de usuario debe facilitar al equipo médico la reversibilidad de las acciones, lo cual le permite anular fácilmente el resultado proveyendo la libre exploración y prueba sin miedo a cometer errores irreversibles. (T)
- **Parámetro:** La profundidad del menú debe ser corto, de preferiblemente dos niveles y no más de 3 niveles para llegar al contenido.

### 6.3 REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS

#### ***Cabezal de aplicación***

- La estructura formal debe disminuir el ángulo en la extensión y desviación radial de la muñeca al ejercer presión sobre la piel. (T)
- El agarre debe tener una superficie convexa. (D)
- Debe tener una superficie de agarre antideslizante ligeramente suave y compresible. (D)
- Facilitar diferentes clases de agarre. (D)
- La estructura formal del agarre debe estar en el rango de diámetro de uso con guantes. (T)
- Debe tener bordes redondeados para evitar lesiones. (T)
- **Parámetro:** Peso del cabezal menor a los 2 kg. (D)
- **Parámetro:** Diámetro máximo para el agarre de fuerza de 6.4 cm (17).
- **Parámetro:** Ángulos máximos de flexión de la muñeca de 70°, extensión de 65°, desviación radial de 20° y desviación cubital de 30°. (28)

#### ***Interfaz gráfica de usuario.***

- Usar símbolos y lenguaje universal. (T)
- Debe usar tipografías de alta visibilidad en cuanto a configuración y tamaño sin serifas. (T)
- Visibilidad de la información por medio de categorías. (D)

- La distribución de la información debe ser jerárquica. (T)
- **Parámetro:** El tamaño de los mandos (botones) debe estar en un rango de 10 a 19 mm de diámetro. (T) (23)

## 6.4 REQUERIMIENTOS DE ESTRUCTURA

### **General**

- Debe tener espacio para ubicar los dispositivos y cables sin interferir entre ellos. (D)

### **Cabezal de aplicación**

- Su estructura debe ser acoplada de manera precisa. (T)
- La superficie de expansión de la onda tiene que ser plana. (T)
- Debe tener superficie lisa sin grietas ni huecos. (T)
- **Parámetro:** Su estructura debe contener los componentes electrónicos de dimensiones 5cm de diámetro x 4 cm (T)

### **Interfaz gráfica de usuario.**

- La superficie de la pantalla de visualización debe ser plana. (T)
- La resolución de la pantalla deber ser de alto contraste e iluminación. (D)

## 6.5 REQUERIMIENTOS TÉCNICO PRODUCTIVOS

### **Cabezal de aplicación**

- Debe ofrecer el acceso para el mantenimiento de sus componentes. (T)

- El material de la estructura debe ser aislante al calor y no conductivo eléctricamente. (T)
- Material resistente a golpes y agentes químicos. (T)
- Debe tener solo una entrada de conexión al sistema general de operación. (T)
- La estructura debe ser compacta y completamente sellada donde los componentes electrónicos solo tengan acceso los técnicos de la empresa para garantías o cambios del cabezal. (T)

#### ***Interfaz gráfica de usuario***

- **Parámetro:** Pantalla LCD con área mínima visible de 95 x 53.9 mm y resolución de 480 x 272 (H\*V). (D).

### **6.6 REQUERIMIENTOS DE MERCADO**

#### ***General***

- Debe tener el número de lote, código de producto, la serie, nombre genérico y marca, fabricante, registro de funcionamiento. (D)
- Usar la identidad de la empresa en la configuración del estilo del producto. (D)

### **6.7 REQUERIMIENTOS FORMAL ESTÉTICOS**

#### ***General***

- Articular la identidad visual de la empresa junto a los componentes del sistema, tanto para el cabezal de aplicación como para la interfaz gráfica de usuario. (D)

### ***Interfaz gráfica de usuario***

- Mantener consistencia estética en todos los componentes del sistema. (D)

### ***Cabecal de aplicación***

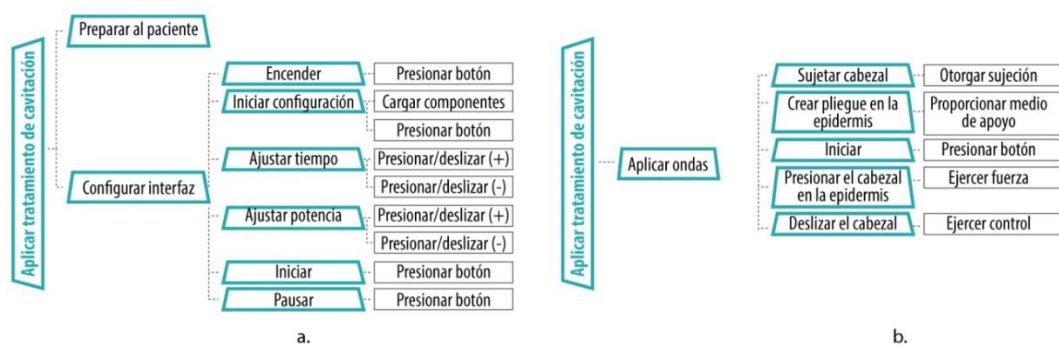
- Mantener coherencia con el contexto de la medicina estética. (D)
- Debe mostrar visualmente completa asepsia, descontaminado y libre de grietas. (T).

## 7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Al terminar de realizar la fase investigativa y el análisis, debido a que el proyecto es el rediseño del cabezal de aplicación e interfaz gráfica de usuario, se empieza a plantear diferentes propuestas de solución en la fase 3 del proyecto denominado diseño de concepto.

A continuación se presentará solamente el procedimiento que se llevó a cabo para la ejecución del proyecto. Para empezar a generar conceptos fue necesario realizar el árbol de funciones (ver Figura 14) el cual representa las funciones que se deben realizar en el tratamiento de cavitación por medio de la manipulación del cabezal de aplicación y la interfaz gráfica de usuario, teniendo en cuenta cada una de las funciones secundarias y los medios para desarrollar la función principal. Esto con el objetivo de conocer cada uno de los aspectos del proyecto.

**Figura 14. Árbol de funciones**





La validación de este árbol de funciones y de su correcto planteamiento se realiza a partir del binomio cómo-para-qué, de las funciones secundarias, las tareas y la función principal.

Con base en estas tareas se trabajará a partir del siguiente procedimiento lo cual conllevará a desarrollar una alternativa final del cabezal de aplicación como de la interfaz gráfica de usuario. Para su desarrollo se trabajó a través de procedimientos englobados bajo el marco metodológico del diseño centrado en el usuario (29) estructurado de la siguiente manera:

## **7.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS**

Para empezar esta etapa se determinará, por medio del análisis competitivo, cada uno de los atributos del equipo de cavitación de la empresa Vacusonic Biotech Ltda, Cavistar, Avatar y Lipomax RF; debido a que estos son los que se encuentran en las diferentes estéticas y spa que ofrecen este servicio en Bucaramanga. Esto con el fin de hallar y evaluar soluciones ya existentes relacionadas con el tema de estudio.

Cada uno de estos equipos será evaluado en un cuadro comparativo dividido en equipo de conexión, cabezal de aplicación y módulo de visualización.

Posteriormente, se indagará en las diferentes alternativas de los componentes electrónicos que ofrece la empresa Vacusonic Biotech LTDA, las cuales se deben tener en cuenta en cada una de las alternativas de diseño generadas. Esto se hará por medio de un cuadro comparativo donde se ilustra cada una de las características que estas ofrecen.

**7.1.1 Arquitectura de la información.** Definido como el arte y la ciencia de organizar espacios de información con el fin de ayudar a los usuarios a satisfacer sus necesidades de indagación. Esto a través de la estructuración, clasificación y rotulado de los contenidos (30). Para esto se realizará un mapa de funcionamiento tanto de la interfaz gráfica de usuario como del cabezal de aplicación, con el fin de empezar a bocetar posibles maneras de solución.

**7.1.2 Bocetación y diseño conceptual de la interfaz gráfica de usuario.** Con el fin de explorar la forma y la expresión del diseño proyectado, se empezará a bocetar bidimensionalmente 3 propuestas de solución de acuerdo a las especificaciones del proyecto. Estos se trazarán en curvas para crear los perfiles y posteriormente realizar modelos de comprobación de forma con características propias como lo es el peso, color, textura y superficies de contacto. Para la selección de una de estas alternativas, se realizó una evaluación por requerimientos y evaluación por riesgo postural en el momento de hacer contacto sobre la epidermis de la piel con 10 esteticistas y un paciente con adiposidad media. Esta evaluación se realizó a partir de una interacción con los modelos de las alternativas planteadas y una encuesta que tuvo como objetivo principal evaluarlas para el rediseño del cabezal de aplicación.

Los objetivos específicos son:

- Determinar los ángulos que forma la muñeca al usar cada alternativa separándolos por el movimiento de flexión, extensión, desviación radial y desviación cubital.
- Analizar los diferentes ángulos que forma la muñeca con cada alternativa para calcular promedios y compararlos con los ángulos establecidos del cabezal a rediseñar.
- Evaluar las características estructurales de cada propuesta por satisfacción o insatisfacción.

El protocolo de esta evaluación se realizó al proponer el uso de cada alternativa por 2 minutos de la manera en que cada una de las encuestadas lo usaría de acuerdo a las características formales y estructurales de cada modelo. Mientras cada una de las encuestadas realiza la prueba, se tomarán videos de la muñeca para después seccionarlos por fotografías y sustraer los ángulos en el programa KINOVEA.

Por otro lado, a partir de las tareas relacionadas en los puntos anteriores, se realizará la maquetación de la interfaz gráfica de usuario con cada uno de los pasos por medio de pantallas, los cuales generaron las diferentes variables que se podrían ubicar en cada una de ellas. Se desarrolló 3 alternativas las cuales fueron sometidas a juicio por medio de una evaluación heurística con el área de mercadeo, producción y diseño de la empresa, por medio de cardsorting cerrado y reunión con conclusiones generales. Se hizo una tabla comparativa de atributos para cada una de las alternativas y así evaluarlas con un test a usuario.

El objetivo general de la evaluación fue proponer y seleccionar los recursos gráficos; y siendo los siguientes los objetivos generales:

- Disponer 3 propuestas formales de interfaz gráfica de usuario con características específicas cada una.

Determinar los botones para el accionamiento del equipo.

Identificar generalidades en la aplicación del tratamiento de cavitación en donde se relacionaran el tiempo y la potencia del equipo.

Para esta evaluación se realizó una reunión con cada una de las personas en las áreas de producción y comercial en la cual se explicó el objetivo general. Posterior a esto, se realizó, por medio de modelos tridimensionales y material impreso de cada una de las alternativas propuestas, una encuesta para evaluar. Cada una de las preguntas se llenaron en un formato (Anexo D) y de igual manera se indagó un poco más por medio de experiencias que los mismos encuestados decidían libremente expresar, se recopiló esta información en un cuaderno de notas.

## **7.2 DISEÑO EN DETALLE**

Con base en las propuestas anteriores se seleccionó una alternativa para la interfaz y el cabezal de aplicación; para cada una de ellas se propuso características formales y estructurales que fueron evaluadas a partir de los requerimientos y producción (evaluado con el área de producción de la empresa).

Para la interfaz gráfica de usuario, fue necesario realizar un segundo cardsorting cerrado con 5 esteticistas y 5 personas del área comercial donde se definió los recursos gráficos finales con los que éste contará y características que sean necesarias cambiar. Complementario a esto, se realizará un mapeo de clics con un montaje de la interfaz en flash en la cual deberán configurarla para una persona con adiposidad media por medio de la configuración manual y predeterminada siendo evaluada por el número de intentos y errores para desarrollar cada tarea.

Cada una de estas evaluaciones se hicieron por medio de una encuesta y entrevista para tomar nota de cada uno de ellos y llegar a una propuesta final (Anexo E).

## **7.3 ARQUITECTURA Y VERIFICACIÓN**

En esta fase del proyecto se definió concretamente una alternativa viable para la propuesta final. Se trabajó con el método de marco de referencia lógico propuesto por Nigel Cross (31) que incluye las siguientes etapas:

- Desarrollo del modelo estructural del cabezal de aplicación a escala 1:1 con todos los componentes propuestos.
- Planteamiento de la propuesta final y codificación de esta en el modelo final de interfaz gráfica de usuario para una posterior comprobación.
- Especificación y caracterización de los sonidos, botones y recursos gráficos de accionamiento en la pantalla y del cabezal de aplicación.

## **7.4 FABRICACIÓN Y MERCADO**

De acuerdo a la alternativa seleccionada para propuesta final se desarrollarán las características estructurales en los siguientes pasos:

- a. Creación de modelados 3D y planos.
- b. Adaptación de sistemas de sellado, botones y características necesarias para la producción de la alternativa de acuerdo a parámetros en aparatología estética y de producción de la empresa Vacusonic Biotech LTDA.
- c. Realización de una prueba de ensamble por medio de observación donde se ultimarán los detalles pertinentes que se requieran en el proceso de fabricación.
- d. Por medio de la metodología de diseño orientado a la fabricación y el montaje (DFMA) en ABB (32), realizar la secuencia de análisis del método Lucas (Anexo F) y especificar el análisis funcional, análisis de alimentación y análisis de montaje de las piezas con los valores y porcentajes de cada uno.
- e. Calcular el costo de producción de cada componente por medio del índice de costo propuesta por el Método Lucas (33) en un margen de 1000 cabezales (Ventas en el 2013 del equipo de la empresa Vacusonic Biotech Ltda).
- f. Mercadeo: Generación de la identidad del equipo: manual de usuario, certificado técnico y empaque.

## 7.5 VALIDACIÓN

- La validación se realizó con la construcción de modelo final, ensamblando los componentes en su estructura. Para esto se recurrió a procesos de prototipado 3d; se desarrolló por medio de la evaluación de la propuesta usando la herramienta RULA por medio de ángulos y la aplicación del tratamiento por 10 minutos.
- Análisis de elementos finitos de las piezas por medio de la aplicación y análisis de esfuerzos.
- Por otro lado, para mejorar el rendimiento del usuario en la interacción-eficacia-facilidad de aprendizaje, para intentar resolver el problema estratégico de la utilidad del producto para hacer placentero su uso (34); se evaluó por medio del montaje y codificación de la interfaz gráfica de usuario el modelo mental, que son las representaciones internas por la experiencia de uso del producto, por medio del desempeño mental (35) y el desarrollo consensuado y creación de nuevos significados midiéndolo por el tiempo de ejecución en el sistema real, número de errores, cantidad de clicks en cada pantalla y entrevista.

## **8. RESULTADOS DEL PROCESO DE DISEÑO**

Los equipos de cavitación generan ondas de ultrasonido a 4 MHZ y RF a 6 MHZ.; permite la visualización de la interfaz gráfica de usuario en un módulo de visualización al igual que los conectores a la energía eléctrica y al cabezal de aplicación.

Por tal motivo, hay un sinnúmero de equipos que ofrecen estas especificaciones y características para aplicar el tratamiento de cavitación y que se encuentran en el mercado como competidores y es necesario partir de ellos para proponer el rediseño del mismo.

### **8.1 ANÁLISIS COMPETITIVO.**

En la Tabla 6, se determinó cada uno de los atributos para realizar un análisis paralelo entre el equipo de cavitación de la empresa Vacusonic Biotech Ltda, Cavistar, Avatar y Lipomax RF; debido a que estos son los que se encuentran en las diferentes estéticas y spa que ofrecen este servicio en Bucaramanga.

Una de las principales características de los cabezales de aplicación es el ABS como material de fabricación que mantiene mayor control de los agentes químicos al que el cabezal es expuesto sin deteriorarlo, siendo más liviano y con una alta resistencia al impacto (36). Por otro lado, los agarres en forma cilíndrica y convexa son los más adecuados para desarrollar estas tareas debido a que tiene mayor contacto con la superficie de la mano y con el que pueden conseguirse fuerzas elevadas de agarre sin generar molestias (37). Por último, las pantallas táctiles

son otra característica diferenciadora entre cada uno de los equipos debido a que ofrecen una mayor flexibilidad al mostrar íconos, colores, botones, figuras, entre otros; haciendo de la interfaz gráfica de usuario una herramienta con infinidad de atributos gráficos posibles.

**Tabla 6. Análisis competitivo.**

|                                      | EQUIPO DE CONEXIÓN                                                                                                                                                                                                                                                     | CABEZAL DE APLICACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | MÓDULO DE VISUALIZACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cavitador senior (vacusonic)</b>  |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: ABS</li> <li>- Proceso: Termoformado</li> <li>- Color: blanco</li> <li>- Equipo portátil</li> <li>- Conexión universal</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacto</li> <li>- Material: Aluminio Anionizado</li> <li>- Superficie lisa</li> <li>- Peso: 800g</li> <li>- Forma cóncava</li> <li>- Diámetro: 4x6 cm</li> <li>- Potencia: 4W/cm2</li> </ul>            |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pantalla touchscreen 480x272 px</li> <li>- Baja legibilidad y contraste con los botones para accionar el equipo.</li> <li>- Carencia de manual de uso</li> </ul> |
| <b>Cavitador Starbene</b>            |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso: 29 kg.</li> <li>- Color: Blanco y gris</li> <li>- Material: ABS</li> <li>- Equipo no desmontable de pedestal.</li> </ul>             |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma convexa</li> <li>- Material: ABS y Aluminio</li> <li>- Superficie lisa</li> <li>- Peso: 900g</li> <li>- Diámetro menor: 5cm</li> <li>- Diámetro mayor: 6 cm</li> <li>- Potencia: 3W/cm2</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pantalla Touchscreen 17"</li> <li>- Tutorial de uso.</li> <li>- Posición vertical</li> <li>- Alto contraste</li> </ul>                                          |
| <b>Cavitador Avatar (KLD Brazil)</b> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Polisulfuro de vinilo.</li> <li>- Color: Azul</li> <li>- Equipo portátil</li> <li>- Peso: 6 kg</li> </ul>                       |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacto</li> <li>- Material: Polisulfuro de vinilo y Aluminio.</li> <li>- Peso: 700g.</li> <li>- Dimensión: 5x4 cm</li> <li>- Potencia: 4,5 W/cm2</li> </ul>                                           |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pantalla cristal líquido azul y pulsadores.</li> <li>- Dimensión: 6x2 cm</li> </ul>                                                                            |
| <b>Lipomax (Estetique USA)</b>       |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Policarbonato</li> <li>- Color: Gris</li> <li>- Tamaño: 58x58x167 cm</li> </ul>                                                 |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Policarbonato y Aluminio</li> <li>- Peso: 800 g</li> <li>- Dimensión: 5x5.2 cm</li> <li>- Potencia: 3W/cm2</li> <li>- Inalámbrico y con cable</li> </ul>                                      |  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pantalla Touchscreen y pulsadores</li> <li>- Iconos y letras grises</li> </ul>                                                                                 |

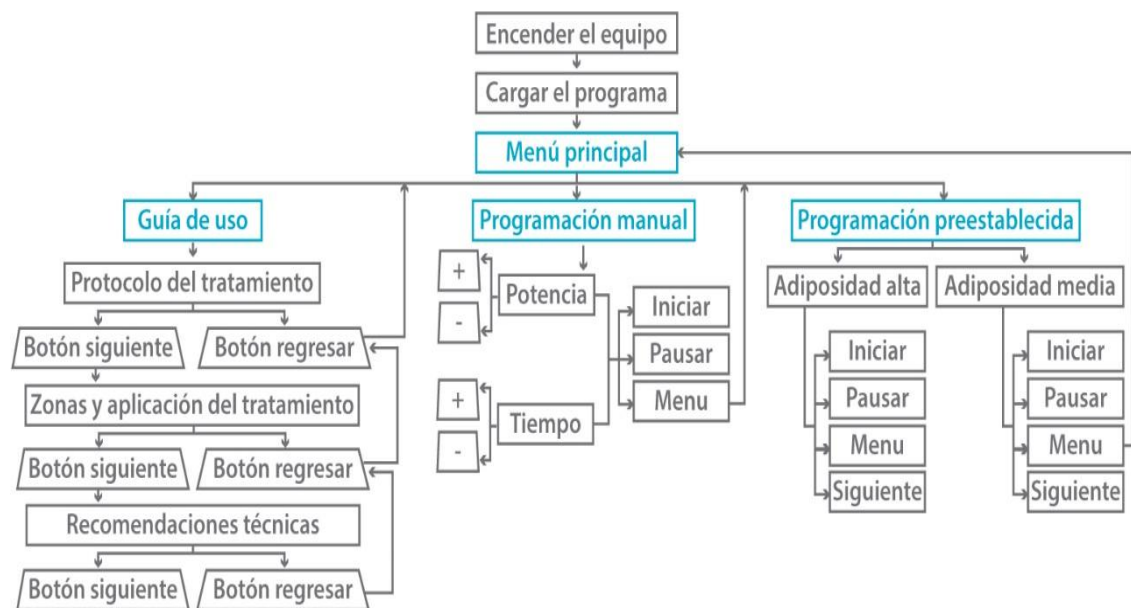
Fuente de las imágenes: <http://www.drluisaobregon.com/web/index.php/lipomax-rf>

<http://www.americanfisio.com.br;>



**8.1.1 Arquitectura de la información.** En la Figura 15, se estableció por medio de una estructura en red las tareas específicas de la interfaz gráfica de usuario para el funcionamiento del equipo con las cuales se desarrollan las diferentes alternativas de diseño para esta.

**Figura 15. Arquitectura de la información**



Por otro lado, el desarrollo del cabezal de aplicación, la manera de codificación y accionamiento de los componentes de éste hacen parte de las reservas de la empresa para su producción en el mercado. Por tal motivo no se especifica la arquitectura de la codificación y ensamble de su funcionamiento y la red de la tarjeta electrónica con la que se trabaja.

## 8.2 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

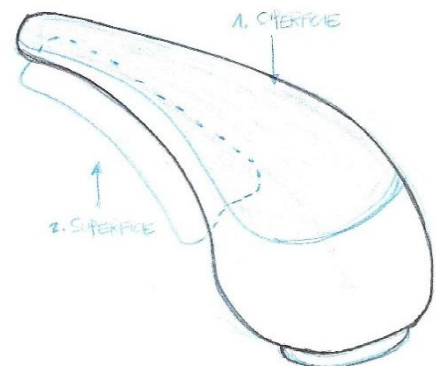
El inicio del proceso creativo es la generación de diferentes alternativas por medio de bocetos. Para cada uno de los componentes, cabezal de aplicación e interfaz gráfica de usuario, se desarrollaron 3 alternativas con diferentes variables las cuales se evaluaron y seleccionaron de acuerdo a la metodología planteada en el proyecto.

### 8.2.1 Cabezal de aplicación

#### Alternativa 1

Basado en el agarre cilíndrico de peso con diámetro pequeño, el cual tiene una superficie completamente lisa. La aprehensión se da por la oposición de los dedos a la palma de la mano o por medio de agarre a mano llena. La superficie de agarre cuenta con un espacio en gris el cual indica donde se debe dar el mayor punto de apoyo para su agarre.

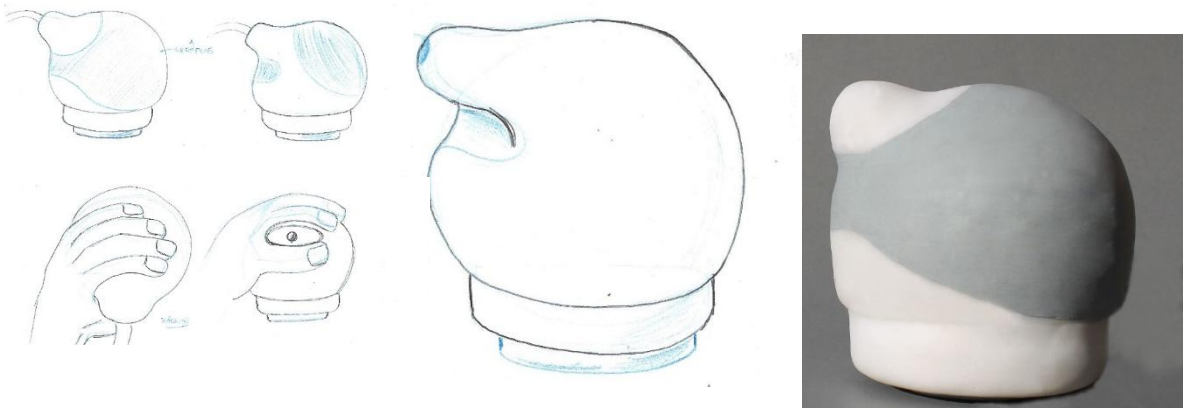
**Figura 16. Alternativa de cabezal 1**



### **Alternativa 2**

Esta alternativa se basa en el agarre circular de forma compacta esférica, el cual deja que el cabezal de aplicación tenga la posibilidad de sujetarse en diferentes posiciones. Por tal motivo, consta de una superficie esférica de 6.4 cm (38), mostrado en la Figura 17, en la cual los dedos pueden rodear el cabezal propuesto y el dedo pulgar se opone para actuar de contrafuerte. De igual manera, facilita el agarre en compresión palmar de acuerdo al paciente que se requiere tratar.

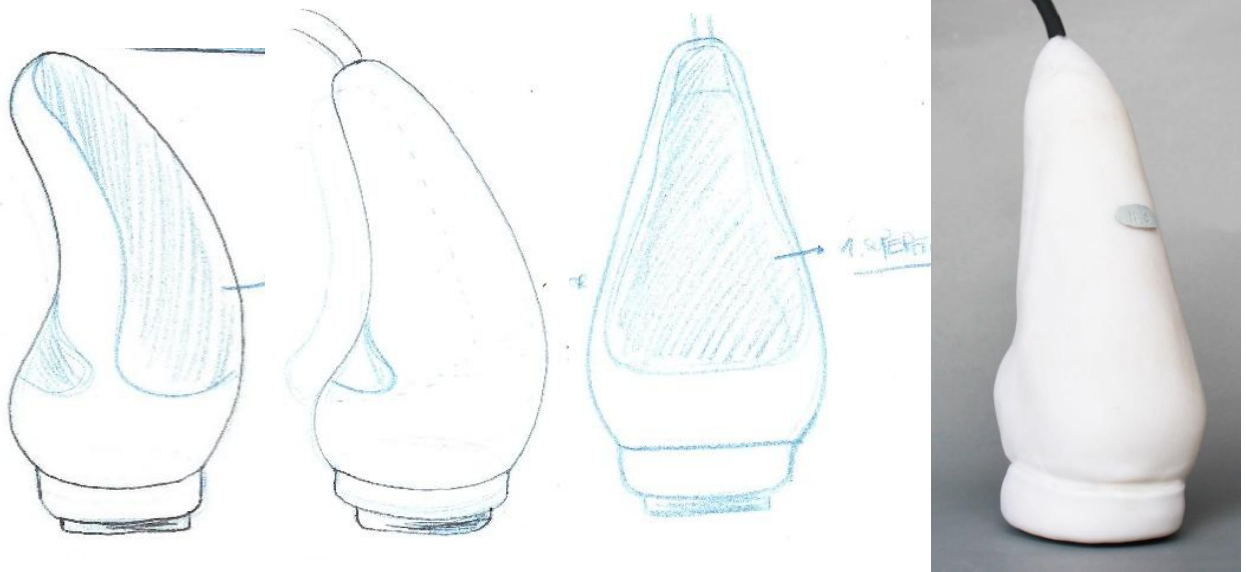
**Figura 17. Alternativa de cabezal 2**



### **Alternativa 3**

Esta alternativa se basa en el agarre cilíndrico de herramientas pesadas con diámetro grande. Se sujeta por medio de aprehensión palmar, la cual es intercambiable con otro tipo de agarre a mano llena para aplicación del tratamiento en adiposidades grandes.

**Figura 18. Alternativa de cabezal 3.**

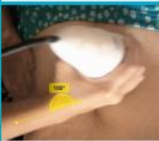


### **Evaluación de alternativas a partir de un estudio por postura**

En la Tabla 7, se determinaron cada uno de los ángulos adoptados en posiciones como la flexión, extensión, desviación radial y cubital de la muñeca por parte de las encuestadas.

Cabe resaltar que cada una de las alternativas se realizó con la simulación del peso de los componentes electrónicos en su interior para poder analizarlos estructuralmente y postural en paralelo a un modelo real.

**Tabla 7. Evaluación postural**

|                       |                                                                                     | FLEXIÓN                                                                                  | EXTENSIÓN                                                                                  | DESVIACIÓN RADIAL                                                                          | DESVIACIÓN CUBITAL                                                                          |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTERNATIVA 1         |    | <br>5°  | <br>8°   | <br>9°  | <br>16°  |
| ALTERNATIVA 2         |    | <br>15° | <br>19°  | <br>14° | <br>19°  |
| ALTERNATIVA 3         |   | <br>6° | <br>11° | <br>8° | <br>10° |
| ALTERNATIVA EXISTENTE |  | 42°                                                                                      | 70°                                                                                        | 50°                                                                                        | 25°                                                                                         |

\*Los datos posturales de la alternativa existente se encuentran condensados en la página 32.

Como se observa en la tabla 7 las alternativas 1 y 3 demandan posturas más neutrales. Sin embargo, la alternativa 1, fue seleccionada por los usuarios al ser cómoda, segura y fácil de manejar al realizar la tarea. Al iniciar la prueba, el 90% de la muestra eligió el agarre de este cabezal, por tanto tiene un lenguaje de uso adecuado.

Para complementar esta evaluación, se llevó a cabo una pequeña encuesta con 10 usuarios (Anexo D) la cual tenía preguntas concretas a cerca de aspectos generales de estructuras para cada cabezal. Estos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 8. Encuesta para la evaluación de los cabezales**

|                                                                                | ALTERNATIVA 1 |     | ALTERNATIVA 2 |      | ALTERNATIVA 3 |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|---------------|------|---------------|-----|
|                                                                                | SI            | NO  | SI            | NO   | SI            | NO  |
| ¿La longitud del mango le parece el adecuado?                                  | 100%          | 0%  | 0%            | 100% | 67%           | 33% |
| ¿ El diámetro del mango le parece el adecuado?                                 | 100%          | 0%  | 33%           | 67%  | 50%           | 50% |
| ¿ El peso de la herramienta le parece el adecuado?                             | 84%           | 16% | 34%           | 66%  | 67%           | 33% |
| ¿ El cabezal puede ser usado con cualquier mano?                               | 100%          | 0%  | 42%           | 58%  | 100%          | 0%  |
| ¿ Los referentes grises indicaron donde posicionar los dedos sobre el cabezal? | 80%           | 20% | 70%           | 30%  | 100%          | 0%  |

**Figura 19. Encuesta por formato escrito.**





## Evaluación de alternativas a partir de los requerimientos

Cada una de las alternativas ha sido evaluada de acuerdo a los requerimientos propuestos, siendo el soporte para la elección del cabezal de aplicación final en el rediseño del proyecto mostrado en la Tabla 9.

**Tabla 9. Evaluación de cabezales por requerimientos**

|                |                                                                                         | Prioridad<br>usuario | ALTERNATIVA 1<br>Calificación |    | ALTERNATIVA 2<br>Calificación |    | ALTERNATIVA 3<br>Calificación |    |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|----|-------------------------------|----|
| REQUERIMIENTOS | Permitir la aplicación de las ondas de U.S en adiposidades medias y altas.              | 5                    | 7                             | 35 | 7                             | 35 | 5                             | 25 |
|                | Debe mostrar lenguaje de uso correcto de aplicación.                                    | 4                    | 10                            | 40 | 5                             | 20 | 7                             | 28 |
|                | Mantener la ventilación adecuada de los componentes electrónicos.                       | 2                    | 7                             | 14 | 7                             | 14 | 10                            | 20 |
|                | La estructura debe disminuir los ángulos de la muñeca al ejercer presión sobre la piel. | 5                    | 7                             | 35 | 5                             | 25 | 7                             | 35 |
|                | El agarre debe tener superficie convexa.                                                | 4                    | 10                            | 40 | 7                             | 28 | 10                            | 40 |
|                | Facilitar diferentes clases de agarres.                                                 | 4                    | 7                             | 28 | 7                             | 28 | 7                             | 28 |
|                | Debe tener bordes redondeados para evitar lesiones.                                     | 3                    | 10                            | 30 | 10                            | 30 | 10                            | 30 |
|                | La superficie de expansión de onda tiene que ser plana.                                 | 5                    | 10                            | 50 | 10                            | 50 | 10                            | 50 |
|                | Mantener coherencia con el contexto de la medicina estética.                            | 2                    | 10                            | 20 | 5                             | 10 | 10                            | 20 |
|                | Debe mostrar visualmente completa asepsia, descontaminado y libre de grietas.           | 3                    | 10                            | 30 | 10                            | 30 | 7                             | 21 |
| TOTAL          |                                                                                         |                      | 322                           |    | 270                           |    | 297                           |    |

\*Calificación 0: Nulo 3: Bajo 5: Medio 7: Sobresaliente 10: Alto

\* Prioridad del usuario evaluada de 1 a 5, siendo 1 bajo y 5 alto.

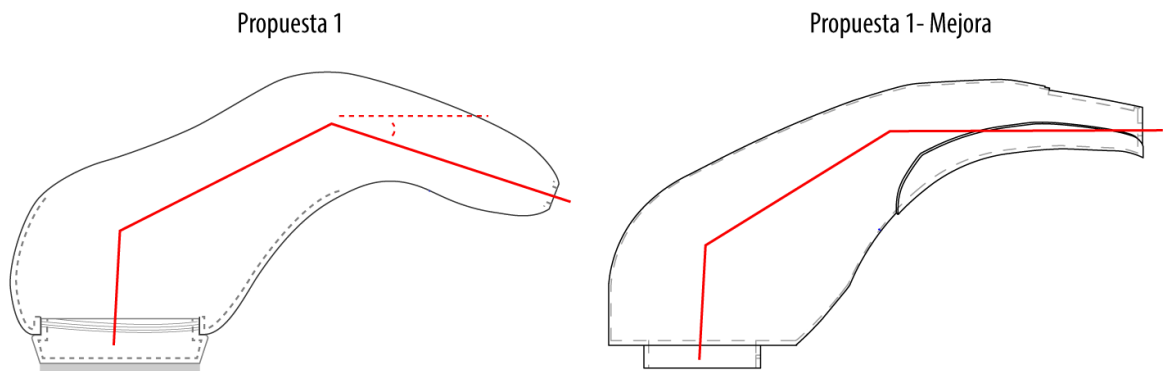
De acuerdo a los resultados obtenidos en esta evaluación, la Alternativa 1 es la que cumple los requerimientos planteados con los puntajes más altos. Uno de los aspectos por mejorar es la ventilación de los componentes electrónicos debido a

que el espacio es estrecho pero no tiene contacto con estos, lo cual la hace una alternativa viable de desarrollo.

### Mejoras

Debido a que la alternativa 1 de cabezal fue la que presentó las mejores características de manipulación; se analizó más a fondo sus aspectos formales donde se debió mejorar el ángulo de agarre siendo este mas recto; y el lenguaje de uso por medio de espacios en otro color para orientar al usuario en la aprehensión de este.

**Figura 20. Mejoras del cabezal.**



**8.2.2 Diseño conceptual de la interfaz gráfica de usuario.** Para cada una de las alternativas se realizó una maqueta, dando posibilidades de organizar los botones de manera diferente al igual que la forma de accionamiento para cada una de las tareas.

La tipografía elegida para cada una de las alternativas es Roboto Bold y Roboto Light (Figura 21) y se estableció por medio de entrevista a esteticistas (N= 8) y el área comercial (N= 5) (Anexo E); al mismo tiempo que es una herramienta



tipográfica creada específicamente para las necesidades de las pantallas de interfaz de usuario y alta resolución ofreciendo siluetas delgadas, ligeras, regular y negrita (39).

**Figura 21. Tipografía**

**Black**  
**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn Ññ Oo Pp Qq**  
**Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz / 1 2 3 4 5 6 7 8 9 - . / < >**

**Regular**  
**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn Ññ Oo Pp Qq**  
**Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz / 1 2 3 4 5 6 7 8 9 - . / < >**

**Light**  
**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn Ññ Oo Pp Qq**  
**Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz / 1 2 3 4 5 6 7 8 9 - . / < >**

Para iniciar el planteamiento de alternativas, se dio enfoque a cada una de las actividades que estas debían mostrar por lo cual los botones de funcionamiento están señalados en recuadros de color verde, los gráficos estáticos en blanco y gris; los textos estáticos en gris y los textos con función en verde; y así poder mantener las funciones principales en cada una de las alternativas a plantear.

### **Alternativa 1**

Esta alternativa se caracteriza por tener un menú único con el cual se trabajan todos los equipos de la empresa y el uso obligatorio de botones “siguiente” y “atrás” para ejecutar una tarea posterior. El color gris se encuentra en la mayoría de los bordes de las cajas que componen el equipo, por tal motivo se usó para esta propuesta. De igual manera se complementó con las variantes de azules y verdes con las que trabaja la identidad visual de la empresa.

Figura 22. Diagramación alternativa 1

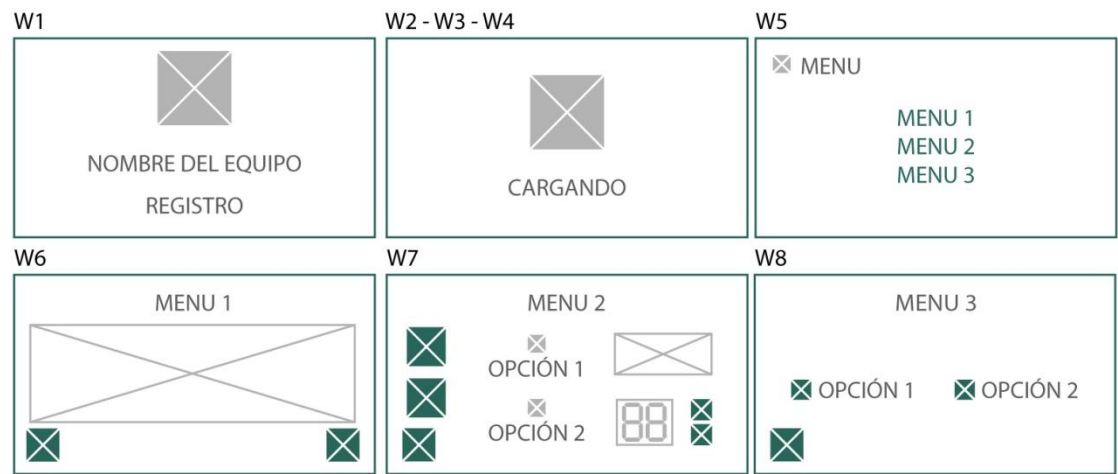
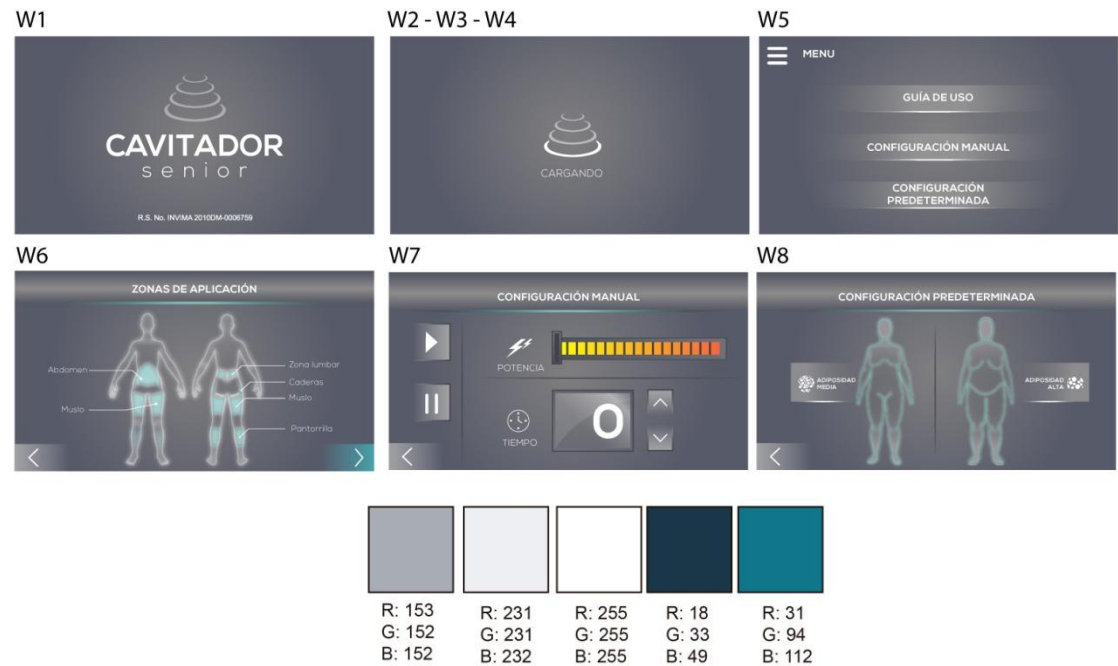


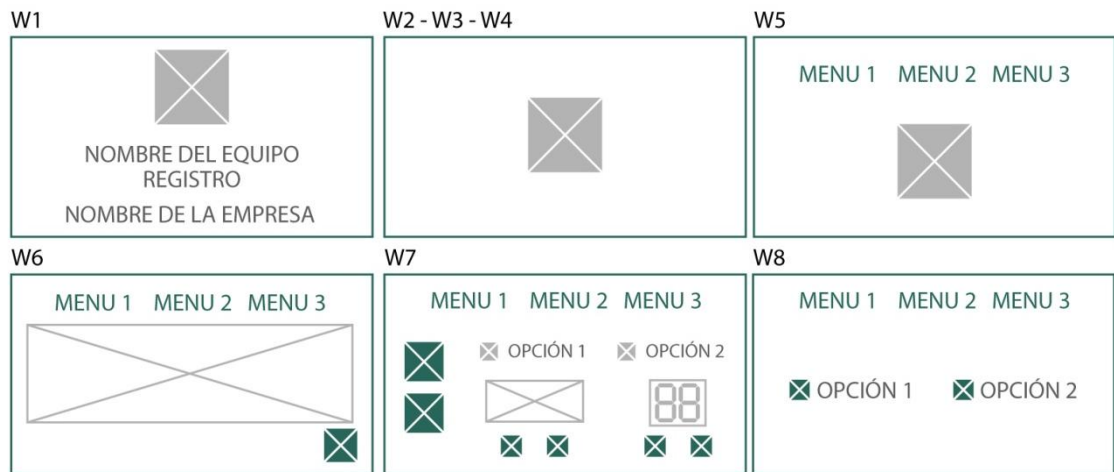
Figura 23. Alternativa 1 interfaz gráfica de usuario



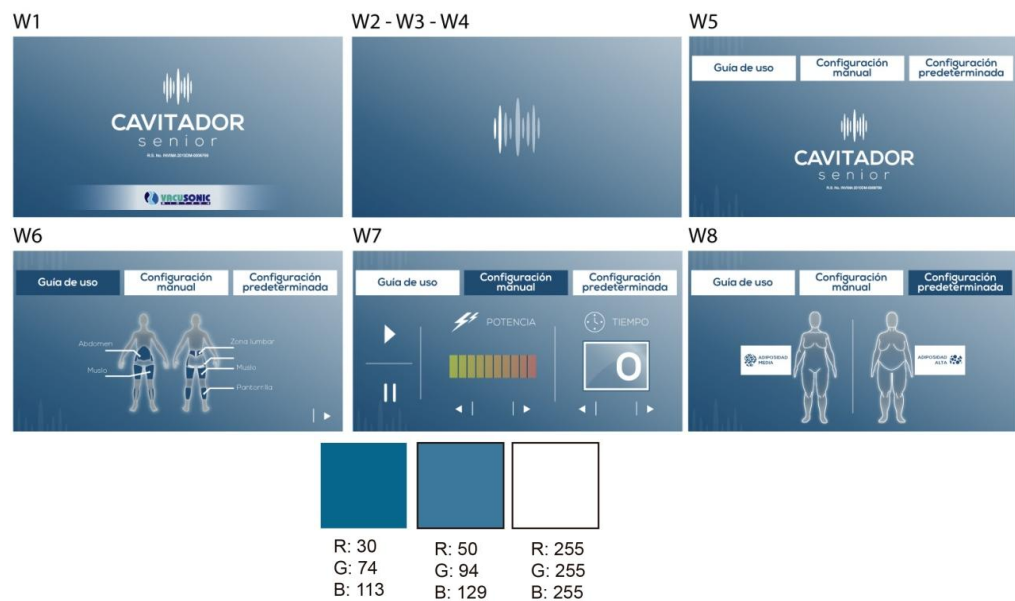
## Alternativa 2

Esta alternativa se caracteriza por tener un menú general, el cual aparece en todos los wireframe de la interfaz eliminando algunos botones para seguir o retroceder en algunas tareas a ejecutar.

**Figura 24. Diagramación alternativa 2**



**Figura 25. Alternativa 2 Interfaz gráfica de usuario.**



Alternativa 3

Esta alternativa es una variación de colores de la alternativa 1 y del logotipo sacado de la alternativa 2.

Figura 26. Diagramación alternativa 3

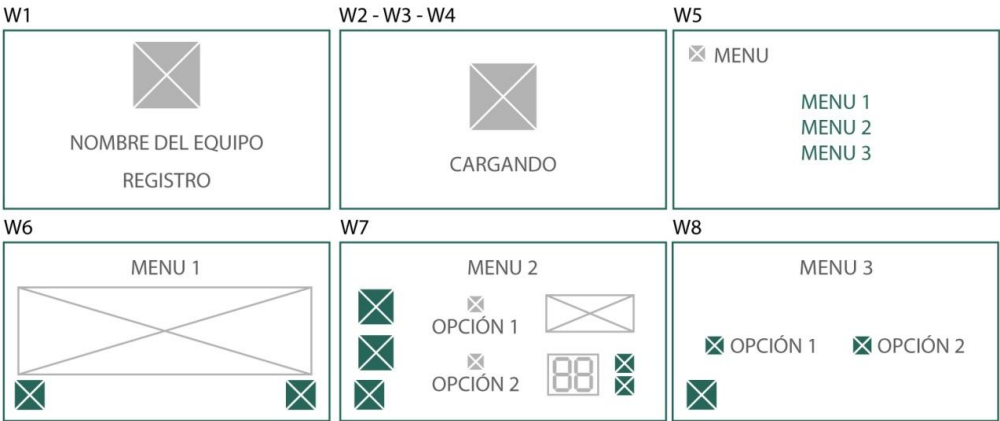
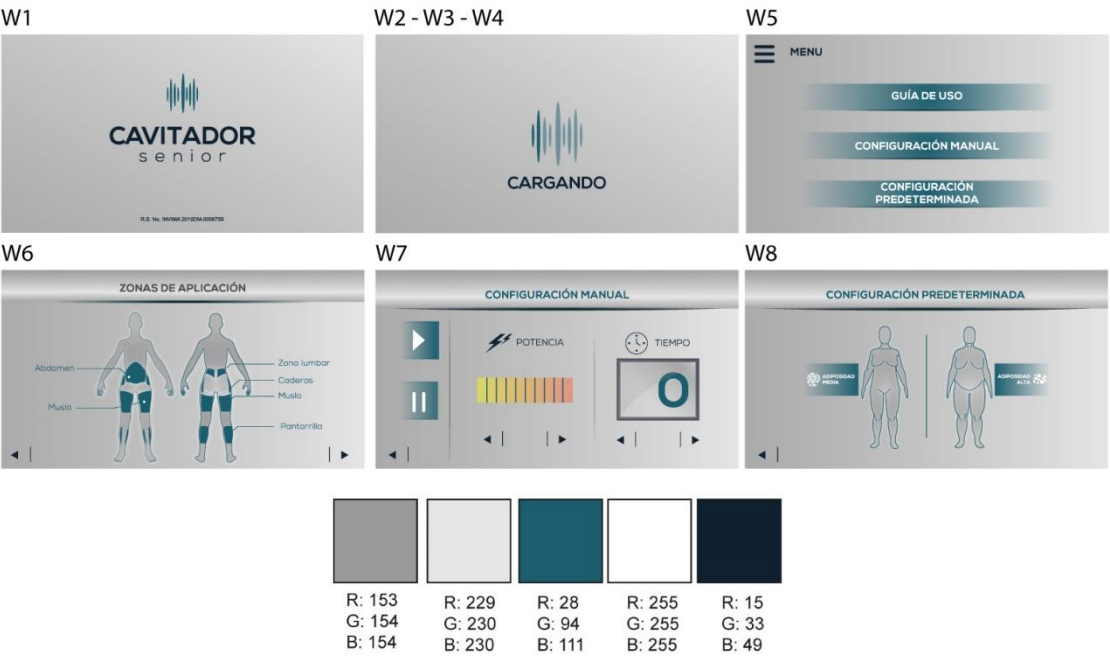


Figura 27. Alternativa 3 interfaz gráfica de usuario.



### Tabla comparativa de atributos entre las alternativas de interfaz gráfica de usuario

En la Tabla 10, se muestran cada una de las características formales que componen la interfaz gráfica a plantear, donde las diferentes soluciones que se proponen están abiertas a ser variadas para llegar a una propuesta final altamente aceptada por los usuarios.

**Tabla 10. Atributos alternativas de la interfaz gráfica de usuario**

|                         | Alternativa 1                                       | Alternativa 2                                    | Alternativa 3                                  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Color de fondo          | Gris oscuro                                         | Azul                                             | Gris claro                                     |
| Logo institucional      | Segunda pantalla                                    | Pantalla compartida                              | Primera pantalla                               |
| Logo cavitación         | Ondas circulares y en gradación de tamaño.          | Ondas intensidad espacial blanco.                | Ondas intensidad espacial azul                 |
| Cargando sistemas       | Gradación color del con texto de apoyo              | Gradación color del logotipo                     | Gradación color del logotipo                   |
| Menú                    | En pantalla exclusiva en todo el espacio.           | Menú en todas las pantallas.                     | En pantalla exclusiva en todo el espacio       |
| Botón siguiente y atrás | En cuadro delimitador blanco                        | Sin cuadro delimitador. Línea y señalador blanco | Sin cuadro delimitador. Línea y señalador azul |
| Botón play y pausa      | En cuadro delimitador blanco                        | Sin cuadro delimitador. Ícono blanco             | En cuadro delimitador azul                     |
| Ajuste de potencia      | Niveles de colores con barra deslizante para ajuste | Niveles de colores con botón para ajuste. Blanco | Niveles de colores con botón para ajuste. Azul |
| Íconos                  | blanco                                              | blanco                                           | azul                                           |

**8.2.3 Evaluación a partir de cardsorting.** De acuerdo a las alternativas y la evaluación por medio de una encuesta (N= 13) (Anexo E), se llegaron a las siguientes conclusiones mostradas en la Tabla 11.

**Tabla 11. Resultados cardsorting.**

|                       | ALTERNATIVA 1                                                                                               | ALTERNATIVA 2                                                                                                | ALTERNATIVA 3                                                                                                              |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOGO                  |  55%                       |  45%                        |                                                                                                                            |
| COLOR                 |  25%                       |  60%                        |  15%                                    |
| POSICIÓN LOGO EMPRESA |  5%                        |  40%                        |  55%                                    |
| MENU                  |  18%<br>Pantalla exclusiva |  36%<br>Pantalla compartida |  Pantalla compartida y exclusiva<br>46% |

De acuerdo a estos resultados, se definieron los recursos gráficos con los cuales se elaborará la propuesta final para la validación mostrados en la Tabla 12, en donde el ultrasonido por medio de la transmisión de ondas definió el logo propuesto, el color azul proporcionaba el mejor contraste con textos e imágenes y la aparición del menú en todas las pantallas facilita la interacción entre el usuario y la interfaz. Para obtener resultados en los recursos gráficos, se estableció a partir de una escala de 1 a 3 donde 1: mala, 2: media, 3: alta; se definieron los botones para cada una de las tareas. El único resultado que no se pudo establecer como propuesta viable es el ajuste de potencia por medio del deslizamiento, debido a que al deslizar en la pantalla para ajustar, el desgaste de esta es mayor que al presionar.

Por otro lado, y por medio de una entrevista abierta a cada uno de los usuarios se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La guía de uso debe aparecer en la opción final del menú

- El tamaño de los botones en la configuración predeterminada hace que estos no sean legibles por parte de los usuarios.
- El logo de la empresa debe aparecer como pantalla principal al encender el equipo.
- Hacer que el menú no se vea tan pesado y recargado al estar presente en todas las pantallas.
- Los colores tanto de los botones como del fondo son muy apagados, se recomienda agregar más colores para que sea atractivo al usuario.

**Tabla 12. Resultados Cardsorting según escala.**

|                       | ALTERNATIVA 1                                                                       |     |     |     | ALTERNATIVA 2                                                                        |     |     |     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                       |                                                                                     | 1   | 2   | 3   |                                                                                      | 1   | 2   | 3   |
| CONTINUAR<br>REGRESAR |  | 32% | 19% | 5%  |  | 7%  | 7%  | 30% |
| MENU                  |  | 18% | 7%  | 39% |  | 17% | 10% | 9%  |
| PLAY<br>PAUSA         |  | 12% | 6%  | 7%  |  | 19% | 6%  | 50% |
| AJUSTE<br>POTENCIA    |  | 25% | 5%  | 9%  |  | 18% | 0%  | 43% |
| AJUSTE<br>TIEMPO      |  | 31% | 18% | 31% |  | 10% | 7%  | 3%  |



Figura 28. Aplicación de cardsorting.



8.3 DISEÑO EN DETALLE

**8.3.1 Diagrama de soluciones.** De acuerdo al árbol de funciones mostrado en la Figura 14, se especifica en la Tabla 13 el diagrama morfológico para cada una de las tareas. Esta tabla complementa a la evaluación de cada una de las alternativas lo cual conlleva al desarrollo del proyecto con varias posibilidades de solución y posibles ejecuciones.

Tabla 13. Diagrama de soluciones.

| TAREA                           | POSIBLE SOLUCIÓN 1                                                                                                               | POSIBLE SOLUCIÓN 2                                                                                                             | POSIBLE SOLUCIÓN 3                                                                                 |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sujetar el cabezal              | Agarre a mano llena (fuerza)                                                                                                     | Agarre a mano llena con control en dedo pulgar.                                                                                | Agarre a compresión palmar                                                                         |
| Ajuste componentes electrónicos | Roscado con 4 partes, todas por separado.<br> | Roscado con 2 partes, unida al cabezal.<br> | A presión<br> |
| Pausar el flujo de ondas        | Por medio de la interfaz                                                                                                         | Botón en el cabezal                                                                                                            | Pedal                                                                                              |
| Aplicar onda                    | Superficie de 4 cm de diámetro                                                                                                   | Superficie de 5 cm de diámetro                                                                                                 |                                                                                                    |



Por recomendaciones del área de producción de la empresa, se propone trabajar el ajuste de los componentes como la posible solución 2 y 3 (roscado y presión) debido a que reduce piezas de ensamblaje y reparación. Por otro lado, la manera de pausar el flujo de onda actualmente se realiza por medio de la interfaz gráfica de usuario y la propuesta 2 (botón) sería innovación en los productos de la empresa.

Por tal motivo se empezó a desarrollar la alternativa con la solución 2 de ajuste de componentes electrónicos debido a que tiene menos procesos de maquinado pues no cuenta con rosca para su ensamble, al igual que requiere de menos precisión y es más fácil el ensamblaje para los operarios al momento de ajustar los componentes con los que cuenta el modelo.

**8.3.2 Señal de funcionamiento del cabezal.** Uno de los principales inconvenientes para saber si el cabezal de aplicación estaba funcionando era que no emitía ninguna señal para que éste fuera percibido. Por tal motivo se le adaptó una luz en cinta LED mostrada en la Figura 29, de 12 V con reverso en adhesivo 3M de instalación rápida (40). La selección de este tipo de iluminación se debe a que está recubierta por una capa de silicona la cual la hace impermeable, no necesita mantenimiento ni una instalación con componentes adicionales de protección. De igual manera la luz led tiene una vida útil entre 50.000 a 80.000 horas (41) con un bajo costo y consumo de electricidad para los transformadores y capacitores del equipo de cavitación. Tiene dimensión de 8x3 mm.

**Figura 29. Cinta LED**

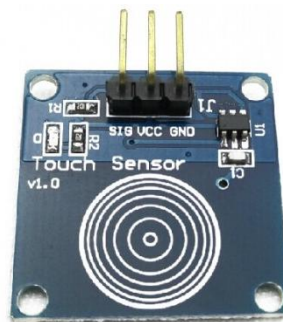


Fuente: [www.primeled.en.hisupplier.com](http://www.primeled.en.hisupplier.com)

Debido a que es necesario que la luz se refracte en una superficie para que no se observe puntual, se desarrolló una base protectora la cual es propuesta por medio de resina traslúcida insertada en la parte exterior y ensamblada a presión.

Por otro lado, se agregó un sensor táctil digital para arduino mostrado en la Figura 30, el cual servirá para pausar y dar inicio al cabezal del aplicador sin necesidad de tocar la pantalla touch de la interfaz y prolongar su vida útil (esto debido a que la pantalla es una de las pocas partes del equipo a las cuales no se da garantía).

**Figura 30. Sensor táctil**



Para establecer estos nuevos componentes en el sistema, fue necesaria la apertura de dos puertos los cuales se encuentran en las tarjetas de codificación usadas y por tal motivo es viable el desarrollo de esto.

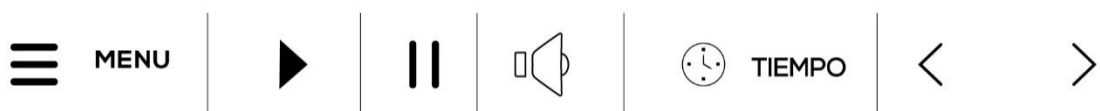
Este botón irá demarcado en la carcasa estructural exterior por medio de un ícono universal que indique play y pausa (un toque), y stop (toque por 2 segundos) del tratamiento que irá con el mismo estilo gráfico desarrollado para la interfaz gráfica de usuario.

**8.3.3 Recursos gráficos.** A continuación se especifican los íconos a usar en la interfaz divididos en dos grupos: íconos universales los cuales estuvieron sujetos a las tareas que desarrollarán y los íconos específicos del tratamiento de cavitación.

#### **Iconos universales.**

En la Figura 31, se especifican los íconos propuestos la interfaz final, los cuales fueron evaluados anteriormente por medio de evaluación heurística.

**Figura 31. Íconos universales.**



1. Menú. 2. Play. 3. Pausa. 4. Sonido. 5. Tiempo. 6. Anterior y siguiente.

Para tener una retroalimentación en la aplicación del tratamiento, se propone añadirle sonidos desde el momento que empieza a emitir las ondas el cabezal de aplicación al presionar play, debido a que en este tiempo no se tiene noción de lo que sucede en la pantalla. Por otro lado, implementar un sonido al finalizar el

tratamiento para así poder retirar el cabezal de la epidermis del paciente y controlar el tiempo de la aplicación del tratamiento.

### ***Iconos específicos.***

En algunos de los íconos propuestos para la aplicación del tratamiento de cavitación fue necesario que se apoyaran en textos debido a la complejidad y especificación de la tarea. En la Figura 32, se muestran los diferentes íconos propuestos para desarrollar la interfaz final.

**Figura 32. Iconos específicos.**

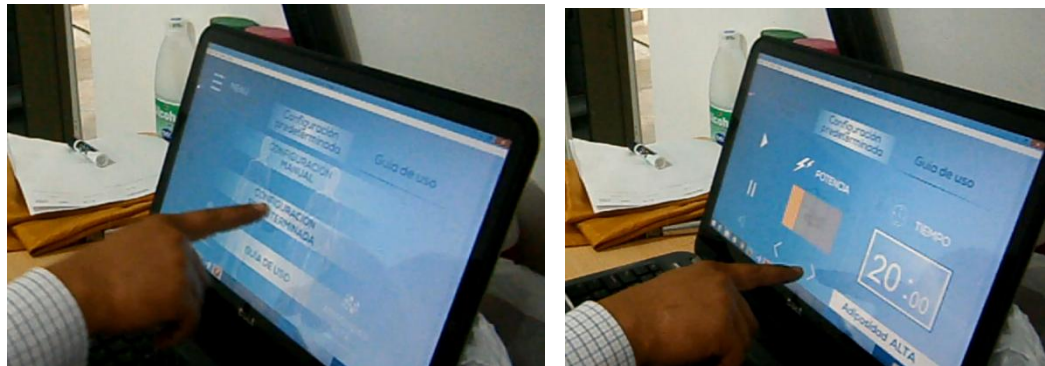


**8.3.4 Mapeo de clicks.** Al realizar la prueba con cada una de los participantes (N= 13) (Figura 33) se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Es necesario que en el menú principal el ítem de “manual de uso” se encuentre de última debido a que esta no es una tarea principal ni primordial en la interfaz. Solo informa mas no especifica una función.
- Los estímulos son necesarios para retroalimentar.
- En el ítem de “configuración predeterminada” es necesario que en cada una de ellas muestre que tipo de adiposidad se va a tratar.
- El tiempo de la configuración predeterminada debe estar estipulada en la interfaz, debido a que las potencias altas generan mayores ondas causando posibles lesiones en el organismo.

- Los botones para aumentar y disminuir el tiempo en la configuración predeterminada no son necesarios puesto que estos no se pueden configurar.
- No es necesario tener la alternativa de subir o bajar el volumen de los sonidos debido a que la tendencia fue quitar o dejar el sonido.

**Figura 33. Mapeo de clicks.**



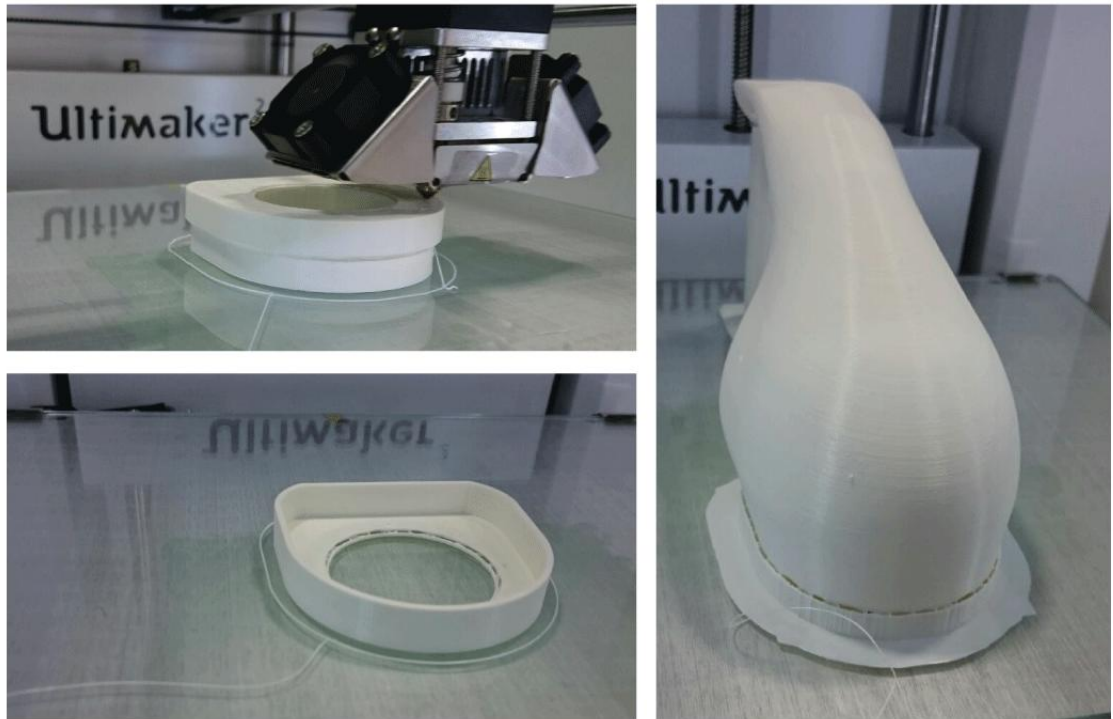
## **8.4 ARQUITECTURA Y VERIFICACIÓN.**

**8.4.1 Alternativa de cabezal e interfaz.** Para la fabricación de cada una de las piezas en el modelo estructural se seleccionó el material PLA Estándar debido a que tiene propiedades similares al material habitualmente usado en el proceso de producción de bienes mediante inyección de moldes (ABS). El PLA tiene una resistencia a temperaturas de hasta 85°C y unas propiedades mecánicas que permiten utilizar estos prototipos en muchas pruebas y ensayos funcionales completos (42).

El desarrollo del modelo estructural concurre a partir del modelado por deposición fundida (FDM) con especificaciones de espesor mínima de pared de 1 mm, detalle mínimo de 0.3mm y espesor de capa de 70 micras (0.07 mm). Por tal motivo se

desarrolló el modelado CAD a partir de paredes de 1.5 mm para reforzar la estructura, cada pieza completamente hueca para poder insertar los componentes de funcionamiento de este (Figura 34).

**Figura 34. Modelado por deposición fundida.**



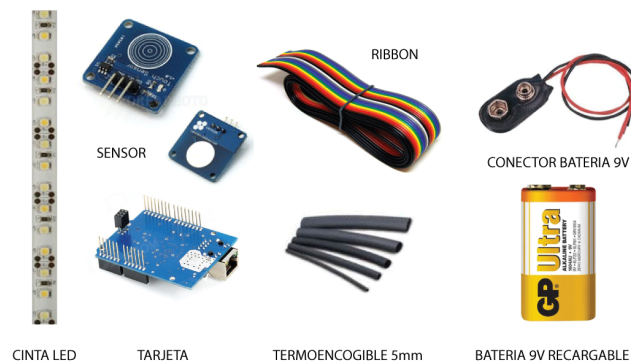
La elección de cada uno de estos parámetros para el desarrollo del modelo estructural, se llevó a cabo con el proveedor de la empresa el cual se encarga del desarrollo de productos a nivel de producción.

El cabezal de aplicación desarrollado cuenta con las siguientes características tanto estructurales como funcionales (Figura 35):

- Pared de 15 mm.

- Ajuste al encajar a presión.
- Diámetro de agarre menor: 30 mm.
- Diámetro de agarre mayor: 50 mm
- Superficie de indicación para agarre con espesor de 1 mm.
- Sensor táctil digital.
- Superficie de expansión de onda de Ultrasonido.
- Cable 3x10 encauchetado.
- Cinta de luz LED.

**Figura 35. Componentes de funcionamiento.**

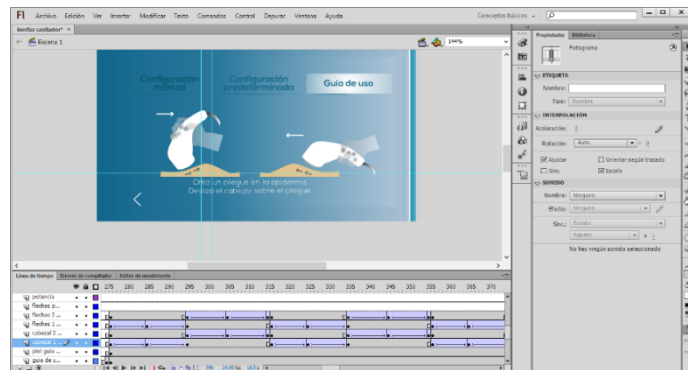


**8.4.2 Codificación de la interfaz gráfica final.** De acuerdo al mapeo de clics realizado en el punto anterior, la interfaz gráfica de usuario que simula a una interfaz gráfica real en pantalla touch, fue exitosa y se empezó a codificar cada una de las pantallas con tiempo e íconos reales en Adobe Flash Player. Para que se ejecute en los dispositivos móviles es necesario codificar los archivos en Adobe Air y la extensión SWF para animación de gráficos vectoriales.

Por otro lado, la retroalimentación se agregó por medio de sonidos agudos, los cuales son sibilantes incrementando la respuesta de 6 a 10 Khz característico en los equipos médicos. Se utilizaron dos sonidos: al momento de aplicar el

tratamiento y al momento de finalizarlo. El volumen de estos sonidos no podrá ser variado, debido a que la evaluación por mapeo de clics arrojó que este ajuste es innecesario puesto que los usuarios tienden a quitar el sonido por completo o dejarlo en todo el tratamiento.

**Figura 36. Codificación de la interfaz.**

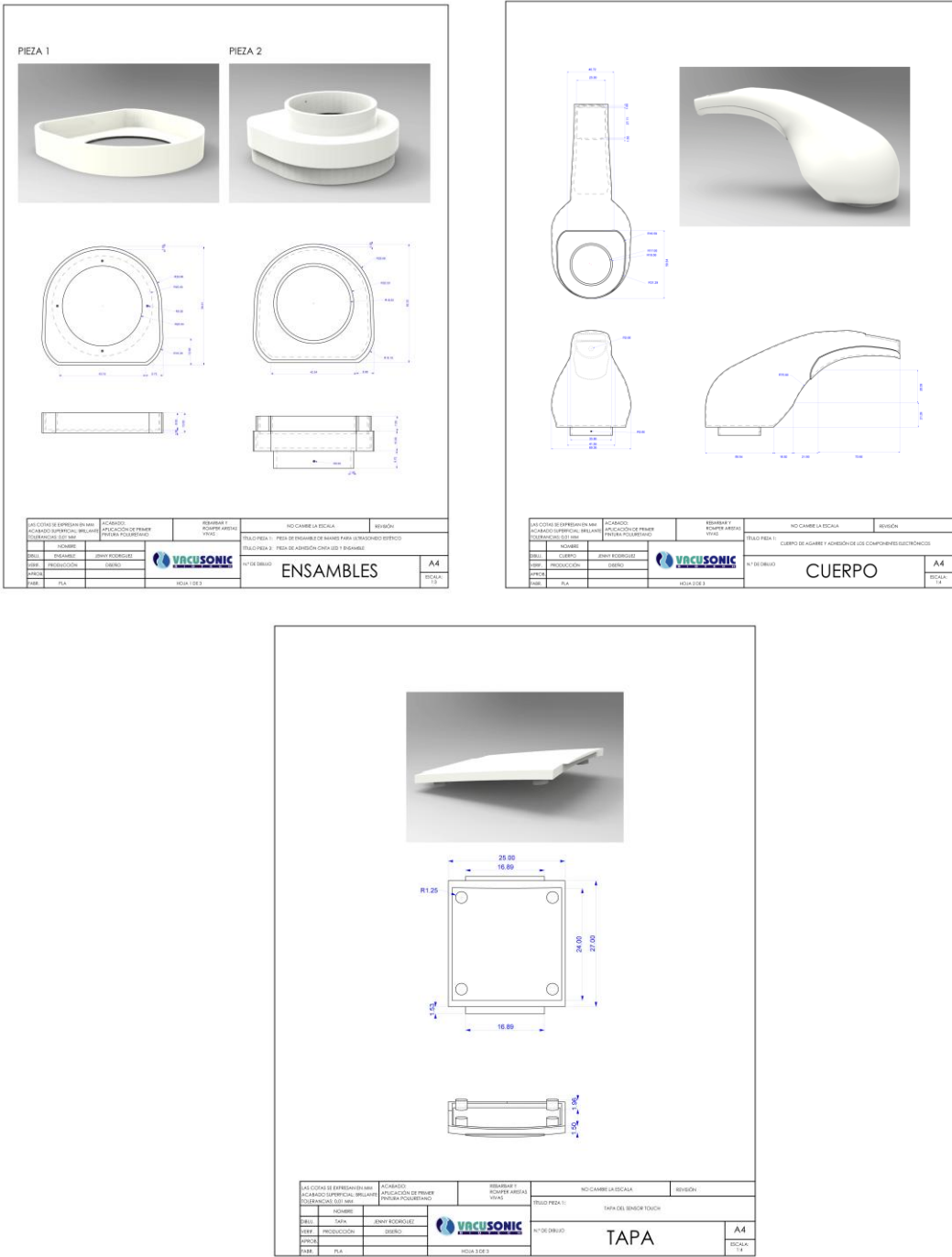


## 8.5 FABRICACIÓN Y MERCADEO

**8.5.1 Planos.** El modelado de cada una de las piezas que componen el cabezal se desarrolló en el programa Rhinoceros los cuales se exportaron posteriormente a Solidworks para el ajuste de algunas medidas y tolerancias a trabajar (Figura 37).



Figura 37. Planos del cabezal de aplicación.

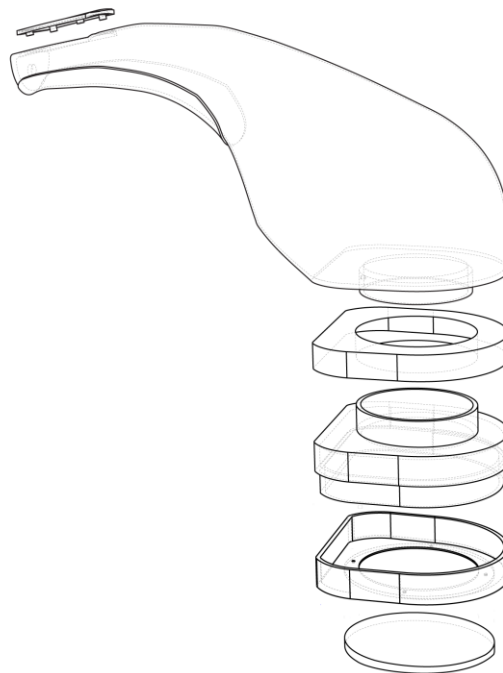


**8.5.2 Ensamble.** Los ensambles son realizados a presión y concéntricos con los cuales las partes quedan fijas para ser usado. En la Figura 38 se muestra la manera de ensamble de cada una de las partes que componen todo el sistema.

Por otro lado, los componentes electrónicos van insertados en diferentes ejes exactos para ser acoplados. La superficie de este es completamente plana debido a que esta superficie debe estar soportada en el sensor táctil digital.

Los otros componentes electrónicos se encuentran soldados exactamente en los puntos de contacto y el cable de abastecimiento principal soportado por un pasacable de goma para componentes microelectrónicos.

**Figura 38. Ensamble de los componentes**



**8.5.3 Prueba de ensamble.** El departamento de producción tiene en uno de sus pasos del pre ensamble y ensamble de las piezas por lo cual se realizó el siguiente procedimiento con el fin de estandarizarlo y hacer de este un proceso sencillo y que cumplan los requerimientos de los registros Invima a los cuales están sujetos al igual que a la norma técnica Colombiana NTC 3475 (43). Para esto es necesario llevar un registro el cual se muestra en la Figura 39.

**Figura 39. Registro pruebas de ensamble y funcionamiento**

REGISTRO DE PRUEBAS DE ENSAMBLAJE DEL  
CABEZAL DE APLICACIÓN PARA EL CAVITADOR.  
CONTROL OPERATIVO



Nombre quien entrega: \_\_\_\_\_  
Número de lote: \_\_\_\_\_

Fecha de aplicación: \_\_/\_\_/\_\_\_\_  
Modelo del equipo: \_\_\_\_\_

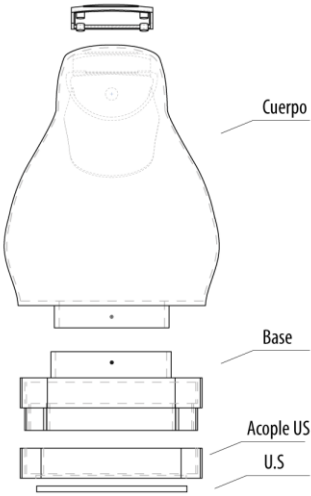
Tapa

Cuerpo

Base

Acople US

U.S



|                    | MECANIZADA | APROBADA | LISTA | RECHAZADA |
|--------------------|------------|----------|-------|-----------|
| <b>TAPA</b>        |            |          |       |           |
| Estado superficie  |            |          |       |           |
| Estado bordes      |            |          |       |           |
| Observación:       |            |          |       |           |
| <b>CUERPO</b>      |            |          |       |           |
| Estado superficie  |            |          |       |           |
| Estado bordes      |            |          |       |           |
| Orificios          |            |          |       |           |
| Observación:       |            |          |       |           |
| <b>BASE</b>        |            |          |       |           |
| Estado superficie  |            |          |       |           |
| Estado bordes      |            |          |       |           |
| Orificios          |            |          |       |           |
| Observación:       |            |          |       |           |
| <b>ACOPLE</b>      |            |          |       |           |
| Estado superficie  |            |          |       |           |
| Estado bordes      |            |          |       |           |
| Orificios          |            |          |       |           |
| Observación:       |            |          |       |           |
| <b>ULTRASONIDO</b> |            |          |       |           |
| Estado superficie  |            |          |       |           |
| Estado bordes      |            |          |       |           |
| Orificios          |            |          |       |           |
| Observación:       |            |          |       |           |

**8.5.4 Análisis del producto (fabricación y el montaje).** Los análisis que permite optimizar el producto, con miras a una eficiente fabricación y montaje, fueron realizados a partir del método LUCAS. A continuación se desarrolla cada uno de sus apartes:

**Análisis funcional.**

En este análisis los componentes son detallados sólo por su función en dos grupos: Grupo A – esenciales; Grupo B – No esenciales. Estos son evaluados por medio de la eficiencia funcional del diseño calculada por medio de la ecuación  $A/(A+B) \times 100\%$ .

Grupo A: Cuerpo, tapa del botón, tapa de inserción del ultrasonido, tapa de pared para sujeción de la luz LED.

Grupo B: Tapa de expansión de la luz.

Reemplazados en la fórmula:  $4/(4+1) \times 100\% = 80\%$

De acuerdo a esto, el diseño seleccionado presenta una eficiencia en el diseño de un 80% que supera el mínimo preestablecido que es el 60% puesto que logró la disminución de las piezas, la eliminación de partes roscadas en procesos de mayor precisión por procesos de ensamble a presión con los mismos resultados y la aplicación de un material de construcción mucho más barato y fácil de manejar.

**Análisis de alimentación.**

En este análisis se examinan las partes y los tiempos de inserción dándole puntajes a cada uno de estos de acuerdo a la tabla establecida en esta metodología (Anexo F). Si el resultado de este índice para cada uno de los componentes en cada ítem es mayor que 1,5 es necesario considerar el rediseño.

Todos los componentes deben cumplir las siguiente relación de alimentación definida por:  $\text{Fitting ratio} = \text{Total Feeding Index} / \text{Number of Essential Components}$ ; mostrada en la Tabla 14.

**Tabla 14. Análisis de alimentación para cada componente.**

|                                       | CUERPO                                           | TAPA BOTÓN                                   | ULTRASONIDO                                      | PARED LED                         |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Tamaño y peso del componente          | Solo manos<br>1                                  | Solo manos<br>1                              | Solo manos<br>1                                  | Solo manos<br>1                   |
| Problemas de manipulación             | Delicado 0.4<br>Abrasive 0.3<br>TOTAL 0.7        | Delicado 0.4<br>Resbaladizo 0.2<br>TOTAL 0.6 | No hay dificultades<br>de manejo                 | Resbaladizo<br>0.2                |
| Orientación del componente            | De extremo a<br>extremo fácil<br>de ver 0.1      | De extremo a<br>extremo fácil<br>de ver 0.1  | De extremo a<br>extremo fácil<br>de ver 0.1      | Un extremo a<br>otro, no visible. |
| Orientación rotacional del componente | Orientación<br>rotacional<br>fácil de ver<br>0.2 | Simetría<br>rotacional<br>0                  | Orientación<br>rotacional<br>fácil de ver<br>0.2 | Simetría<br>rotacional.           |
|                                       | 2/4 = 0.5                                        | 1.7/4 = 0.425                                | 1.3/4 = 0.325                                    | 1.2/4 = 0.3                       |

Índice total de alimentación =  $1+1+1+1+0.7+0.6+0.2+0.1+0.1+0.1+0.2+0.2 = 6.2$  **Fitting ratio** =  $6.2/4 = 1.5$

El índice total debe estar en el rango ideal establecido por la metodología el cual va de 1 a 2.5. De acuerdo a esto el proceso de ensamblado y mecanizado en la planta de producción de la empresa tiene unos tiempos mínimos haciendo el proceso más sencillo de ejecutar.

### Análisis de montaje

El análisis de montaje se calcula de manera similar al análisis de alimentación. Sin embargo esto no genera mayor variación en cada uno de los componentes para su diseño. Los rangos se establecen de la misma manera.

Todos los componentes deben cumplir la siguiente relación mostrada en la Tabla 15.

Fitting ratio= Índice de montaje total / Número de componentes esenciales.

**Tabla 15. Análisis de montaje.**

|                              | CUERPO                        | TAPA BOTÓN                    | ULTRASONIDO                   | PARED LED                                |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| Colocación: parte y fijación | Orientación<br>1              | Remachado<br>4                | Atornillar<br>4               | Orientación<br>1                         |
| Acceso y/o visión            | Directo<br>0                  | Directo<br>0                  | Directo<br>0                  | Directo<br>0                             |
| Dirección de procesos        | Línea recta desde arriba<br>0 | Línea recta desde arriba<br>0 | Línea recta desde arriba<br>0 | No en línea recta desde arriba<br>0.1    |
| Alineación                   | Fácil de alinear<br>0         | Fácil de alinear<br>0         | Fácil de alinear<br>0         | Difícil de alinear<br>0.7                |
| Inserción                    | Solo<br>0                     | Solo<br>0                     | Múltiples inserciones<br>0.7  | Múltiples inserciones simultáneas<br>1.2 |
| Fuerza de inserción          | No resistencia<br>0           | No resistencia<br>0           | No resistencia<br>0           | No resistencia<br>0                      |
|                              | 1/4 = 0.25                    | 4/4 = 1                       | 4.7/4 = 1.175                 | 3/4 = 0.75                               |

$$\text{Fittin ratio} = (0.25+1+1.175+0.75)/4 = \mathbf{0.79}$$

Este valor es el momento ideal de montaje, donde este es de 0.79 segundos lo cual se traduce en tiempos mínimos de ensamble muy cortos, el acceso de montaje de las piezas son directos, visibles y con una alineación automática.

### **Análisis de manufactura.**

Como último ítem de la metodología de Lucas, es calcular el coste de fabricación de cada componente dando una medida relativa del coste de fabricación. En este caso se realizará la cotización por medio de los proveedores de la empresa Vacusonic Biotech Ltda, por medio de la fabricación de 3 piezas en moldes a

presión y el cuerpo estructural en moldeo por aire comprimido de la siguiente manera para 1000 cabezales:

- Moldes para moldeo por presión (Tapa botón, tapa pared del led y tapa de sujeción del US)

Tapa botón: \$ 300.000

Tapa pared del LED: \$ 542.300

Tapa de sujeción del US: \$ 235.420

- Moldes para el moldeo por aire comprimido:

Cuerpo: \$ 4.532.400

---

**\$ 5. 120.120**

---

- PRODUCCION PARA CADA COMPONENTE (POR MIL UNIDADES)

Tapa del botón: (713 mm<sup>2</sup>) \$ 5430

Tapa pared del LED: (9644 mm<sup>2</sup>) \$20.541

Tapa de sujeción del US: (4583 mm<sup>2</sup>) \$ 12400

Cuerpo: (23055 mm<sup>2</sup>)\$ 87320

---

**\$ 125.691**

---

- Tapa acrílica:

4300

- Componentes electrónicos

68.000

10.000

- Pintura

3.200

- Vida útil de los moldes (10 años)  $5.120.120 / 10 = 512.000$

Producción al año 1000

$512000/1000= 1024$

---

**COSTO \$ 207.915**

---

Debido a que es necesario empezar el desarrollo de producto desde cero, se debe hacer una inversión inicial elevada de dinero. Esta se traduce para la empresa en empezar a manejar no solo patentes electrónicas y diseño de cajas sino implementar una nueva línea propia con diferenciación en el mercado.

Actualmente el cabezal que distribuye la empresa tiene un costo aproximado de \$400.000. Esto en comparación con el nuevo desarrollo anticipa un margen de ganancia inicial mínimo, puesto que la producción inicial mínima es de 1000 cabezales al año, los gastos de operación y envío con los proveedores son a nivel internacional y la mano de obra de la empresa es de planta fija lo cual necesita de un plan de mercadeo especial para su desarrollo y aplicación.

Una de las propuestas para esto es empezar a comercializar el cabezal como producto aparte del equipo, el cual pueda ser programable con otras referencias de cavitadores.

**8.5.5 Mercadeo.** Se desarrolló una imagen propia para el cavitador senior de la empresa Vacusonic Biotech Ltda debido a que cada equipo no tiene una identidad con la cual sean reconocibles en el mercado. Por tal motivo se desarrollaron los siguientes ítems:

**Identidad.**

La identidad se desarrolló para construir la personalidad corporativa del equipo cavitador senior dentro de la línea de aparatología estética de la empresa. Por este motivo se desarrolló un estilo gráfico que indica el paso de la transmisión de la onda a través de la epidermis para implosionar las células grasas mostrada en la Figura 40.



**Figura 40. Identidad del cavitador senior de la empresa Vacusonic Biotech Ltda.**



La tipografía seleccionada es Roboto Bold y Roboto regular la cual se usó en mayúscula en el nombre del equipo y minúscula para la referencia comercial del mismo.

### **Manual de usuario.**

Para la venta y comercialización de la aparatología estética es necesario proporcionar al usuario un manual en el cual se encuentren las especificaciones generales del equipo y todo lo que este debe saber para poder usarlo y tener garantía del mismo (Anexo G).

Por tal motivo se propuso un manual con los siguientes ítems:

- Introducción: se hace un pequeño resumen de lo que contiene la compra realizada y su función.
- Recomendaciones generales: son las recomendaciones principales para mantener el cabezal de aplicación en las condiciones óptimas para su funcionamiento. Cabe resaltar que son necesarias otras clases de recomendaciones como lo son el tipo de enchufe necesario para la energía eléctrica de funcionamiento, direcciones en cada ciudad, entre otras; pero estas

se pasan por generales o trabajo de los asesores al momento de vender el producto.

- Especificaciones técnicas: Parámetros con los que cuenta el cabezal y el equipo al que va conectado y la advertencia principal de la frecuencia del cavitador.
- Contraindicaciones: se advierten los tipos de pacientes a los cuales no se les puede aplicar el tratamiento de cavitación.
- Modo de uso: Al igual que en la interfaz gráfica, se muestra la manera correcta de deslizar el cabezal sobre la piel del paciente. De igual manera se muestran las nuevas funciones del cabezal por medio del sensor táctil.
- Contacto; información de la empresa, página web, dirección, teléfonos de contacto y la ciudad principal y de fabricación de los equipos.

### **Certificado técnico.**

Debido a que los manuales y adhesivos impresos de cada uno de los equipos son realizados por medio de impresiones en grandes cantidades, el certificado técnico se realizó de manera genérica, en donde tiene la posibilidad de llenar cada una de las casillas en el momento deseado para la garantía. Cuenta con información general, el serial, la fecha de compra, el número de factura y el nombre del vendedor sirviendo para validar en el sistema interno de la empresa la veracidad de los datos (Anexo H).

### **Empaque.**

El desarrollo del empaque se realizó a partir de que el utillaje necesita que la superficie se mantenga en perfectas condiciones ya sea por traslado o al ser guardado. Por tanto se desarrolló un empaque EIN catalogado dentro de los empaques tipo inserto con la forma del contenido que hace que los componentes insertos se orienten, direccionen y organicen.

Para esto se desarrolló una plegadiza de sustrato 150 en cual se insertará el cabezal de aplicación, manual de uso y cd con todas las especificaciones del equipo.

Este contiene los elementos gráficos principales como lo son la información gráfica principal, secundaria, de atención y los diferentes grafismos que estos deben contener, mostrada en la Figura 41

**Figura 41. Empaque**



## 8.6 VALIDACIÓN

**8.6.1 Evaluación por RULA para el riesgo postural.** Para la evaluación, se seleccionaron las dos posturas más significativas al manejar el cabezal de aplicación por el hecho de presentar el mayor riesgo postural.

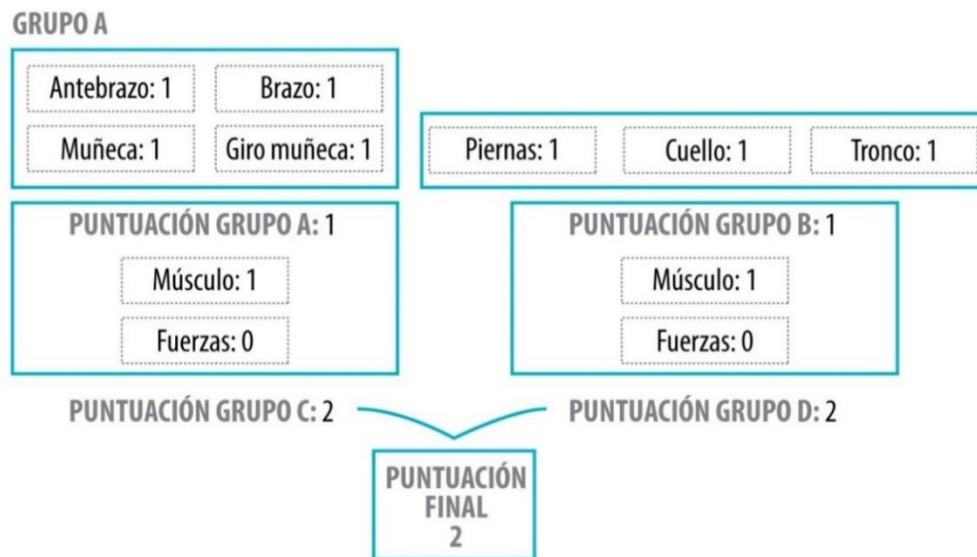
Para estas se midieron los ángulos en el software libre KINOVEA con una muestra de 10 esteticistas, donde el promedio en la desviación que adopta la muñeca en los usuarios es de 3°; flexión y extensión de 4° a 5°.

**Figura 42. Imágenes para la evaluación por el método RULA**



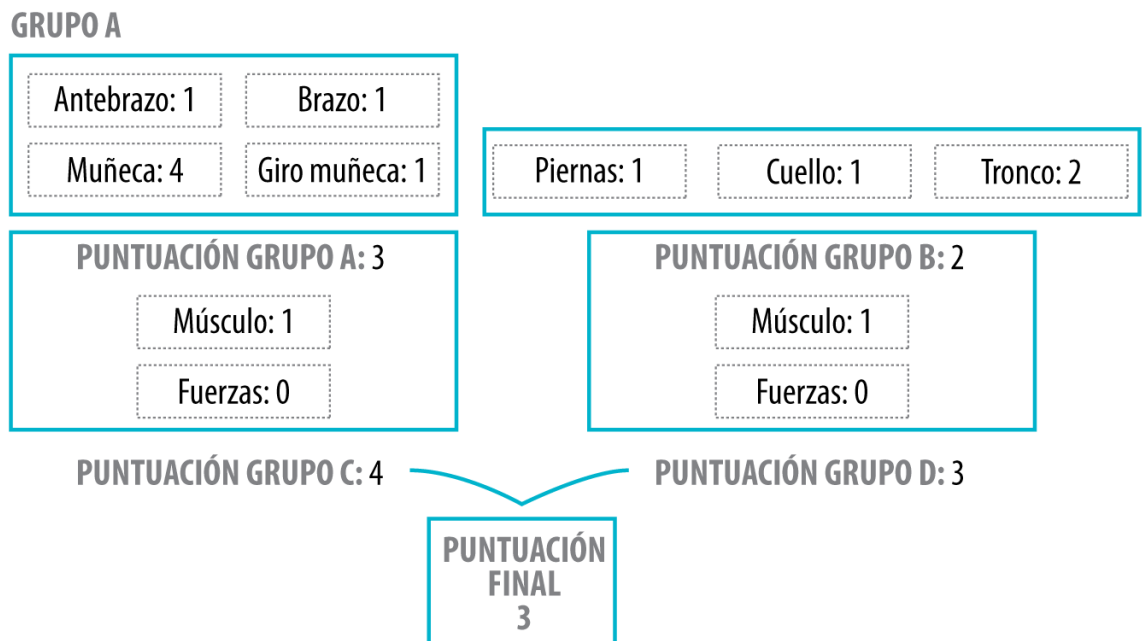
A continuación se presenta los resultados del análisis postural a partir del método RULA para el cabezal de aplicación rediseñado (ver figura 42) y el cabezal actual (Figura 1 pág. 17).

**Figura 43. Método RULA rediseño del cabezal.**



Tomado de: [ergonautas.upv.es](http://ergonautas.upv.es). Modificado por el autor.

**Figura 44. Método RULA para el cabezal de Vacusonic Biotech Ltda.**



Tomado de: [ergonautas.upv.es](http://ergonautas.upv.es). Modificado por el autor.

Las puntuaciones obtenidas de la evaluación por RULA del cabezal actual (ver Figura 44) de la empresa, arrojó que es necesaria una investigación más profunda y puede requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o el puesto de trabajo.

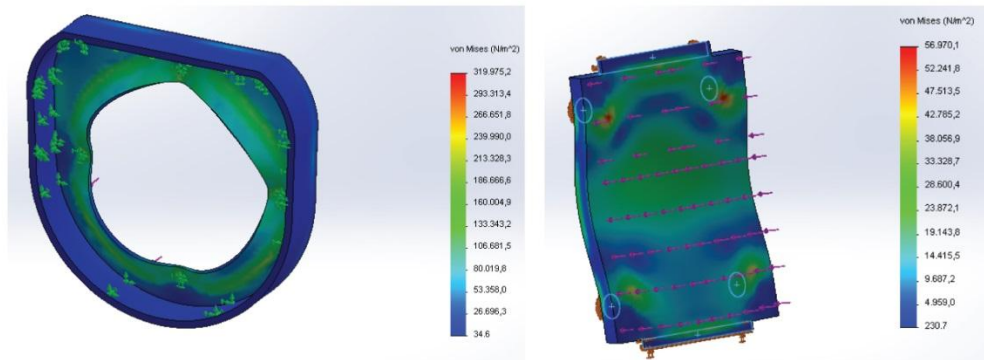
Así mismo, los resultados de la evaluación para el cabezal actual es de 2 puntos (ver Figura 43) para el rediseño del cabezal y 3 puntos para el cabezal de aplicación de la empresa; lo cual indica que las posturas mejoraron en el rediseño y es aceptable para realizar la tarea a ejecutar.

Además, al comparar los ángulos de las posturas con el cabezal de cavitación actual y el cabezal propuesto, estos disminuyeron significativamente adoptando una mejor postura (Figura 42). Este hallazgo permite evidenciar una reducción del factor de riesgo postural gracias al rediseño del cabezal.

**8.6.2 Análisis elementos finitos de las piezas por medio de la aplicación y análisis de esfuerzos.** El análisis se realiza con el objetivo de representar el escenario de los materiales que componen el cabezal con las cargas y las de cada uno. Para cada componente, se realizaron los análisis de las tensiones, deformaciones y desplazamientos los cuales a manera general, cuenta con las condiciones ideales para que las piezas sean seguras al ser usadas.

En la Figura 45, se muestran las piezas que debieron ser reforzadas para que fueran seguras y cumplieran sus funciones a cabalidad; esto debido a que la tensión que se producía en cada una de ellas podía llevar a que la intensidad de la fuerza fuese muy alta y conllevara a dañarlas.

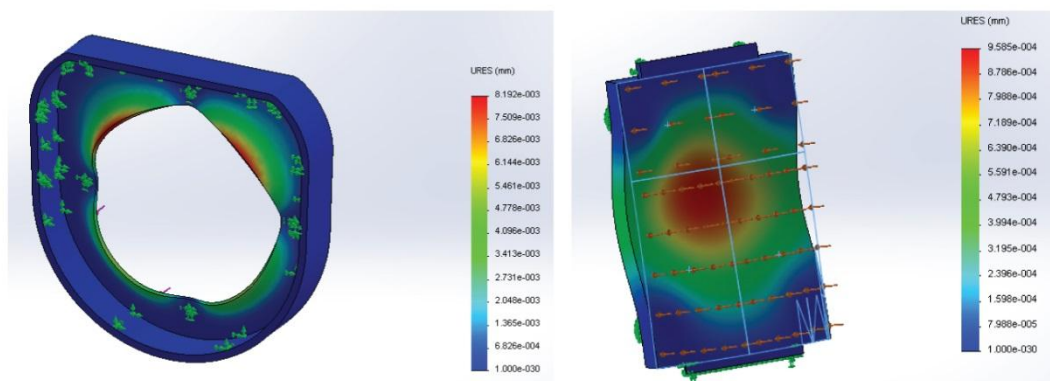
**Figura 45. Tensiones**



Para esto se aumentó el espesor de la pared, lo cual le proporciona una mayor estabilidad en su estructura, además lograron dar una mayor superficie de sujeción entre cada una de las piezas.

Por otro lado, estas mismas piezas presentaron un desplazamiento dando una deformación mínima que se muestra en la Figura 46. De igual manera, a partir del aumento del espesor de pared, dieron mayor apoyo a las piezas solucionando estas pequeñas cifras.

**Figura 46. Desplazamiento**

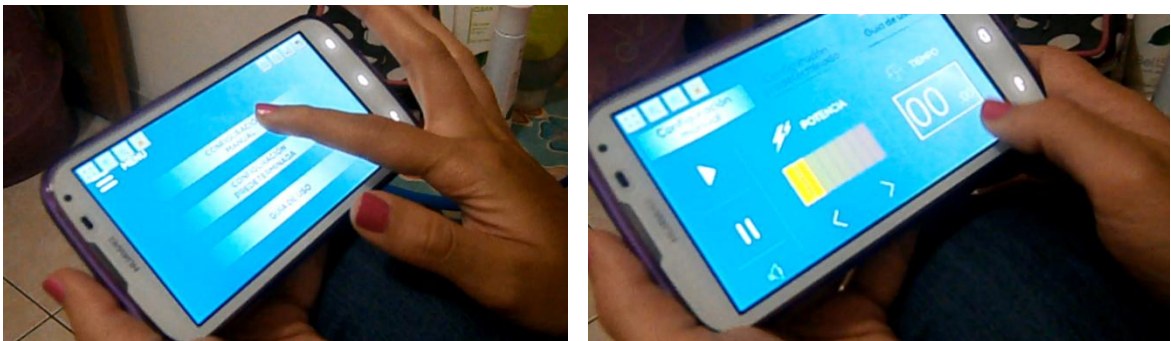


Las otras piezas como son la tapa acrílica, el cuerpo y la superficie de unión y pegado de la cinta LED no arrojaron cifras altas por lo cual no fue necesario realizar ajustes y por tal motivo no se citan.

**8.6.3 Validación de la interfaz.** La evaluación de la interfaz se llevó a cabo con 2 personas del área de producción de la empresa, 3 del área comercial y 8 esteticistas en donde se determinó configurar la interfaz para una persona con adiposidad alta, debido a que es la que presenta mayor riesgo puesto que en ellas usan las potencias máximas del sistema (población total para la validación= 13 usuarios).

El objetivo era evaluar la eficiencia del sistema, para esto se contabilizó el tiempo que tomaba cada uno de los usuarios al configurar la interfaz y el número de errores cometidos donde el promedio de tiempo para configurar manualmente el sistema fue de 12 segundos y de manera predeterminada de 6 segundos. Tiempo menor al compararlo con la interfaz gráfica de usuario actual; toma un promedio de 20 a 25 segundos (ver página 30, ítem 5.4). Por otro lado, no hubo errores al momento de ajustar cada uno de los modos de la interfaz debido a que los colores en el ajuste de la potencia ayudan a ver el rango mínimo y máximo en la que esta puede ser ajustada.

**Figura 47. Validación interfaz gráfica de usuario.**





A continuación, en la Tabla 16, se muestran las opiniones acerca de la propuesta, la cual al ser comparada con las opiniones dadas del anterior diseño (Ver página 26, Tabla 4) cambiaron de ser negativas a opiniones con mayor aceptación y percepción de ser fácil de usar. Esta comparación permite evidenciar una mayor aceptación de la interfaz gráfica de usuario gracias a su rediseño.

**Tabla 16. Validación interfaz.**

| OPINIÓN DE LOS USUARIOS                       | VALOR |
|-----------------------------------------------|-------|
| Es intuitiva                                  | 92%   |
| Rápido ajuste y ayuda a ajustar la potencia   | 76%   |
| Aceptación de la configuración predeterminada | 100%  |
| Bonita y coherente con el equipo              | 76%   |
| Los botones son muy pequeños                  | 15%   |
| Aumentar el tiempo con la potencia mas alta   | 15%   |

De igual manera, orienta a los usuarios a la hora de configurar el equipo en la configuración predeterminada (aceptación del 100%), al igual que deja libremente la configuración de esta en esteticistas con mayor experiencia.

## 9. CONCLUSIONES

- Se logró por medio del diseño, una propuesta formal para el cabezal de aplicación del cavitador de la empresa Vacusonic Biotech Ltda y la interfaz gráfica de usuario, que ayudan a la aplicación correcta (perpendicular a la piel) de éste y a la generación de un correcto modo de uso. Este diseño procura no generar problemas fisiológicos secundarios.
- El proyecto muestra a partir de las comprobaciones ergonómicas, que se logró reducir los ángulos de la muñeca en flexión, extensión y desviaciones en comparación al cabezal de aplicación de la empresa Vacusonic Biotech Ltda, como se demostró en la Tabla 7 de la evaluación postural (Ver página 52). Complementario a esto, se logró establecer diferentes recursos gráficos con los cuales la información de la interfaz gráfica de usuario es de menor complejidad de uso, al momento de determinar la configuración para los pacientes (Ver Figura 31 y 32).
- Por tal motivo, al realizar la correcta aplicación y disminuir los ángulos en la muñeca, se consiguió desarrollar la propuesta con mayor aceptación por parte de los usuarios (mostrado en la Tabla 8) y con mayores posibilidades de acuerdo a los requerimientos planteados (Ver Tabla 9). Sumado a esto, el desarrollo de la interfaz con base al cabezal de aplicación, reforzó y ayudó a aplicar el tratamiento en los tiempos y modos de potencia correcta.
- En conclusión, se logró desarrollar una propuesta de cabezal de aplicación e interfaz gráfica de usuario que reducen el factor de riesgo postural al comparar los ángulos de las posturas con el cabezal de cavitación actual y el cabezal propuesto (Figura 42). De igual manera, la interfaz gráfica de usuario

complementa a la generación del correcto modelo mental de uso al proveer una plataforma sencilla y en base a las características propias del equipo (Ver ítem 8.6.3).

- Sin embargo se sugiere estandarizar los componentes electrónicos usados en el interior del cabezal de aplicación, debido a que de esto depende su estructura. De igual manera parametrizar la potencia que genera el equipo, pues a pesar de que se advierte la magnitud y el peligro que esta crea al entrar directamente por la epidermis es la de mayor uso.

## BIBLIOGRAFÍA

AAMI. AAMI, Human factors. pág. Sección 18.3.2.2.2 página 275.

ACOSTA, René Alejandro Orozco. Modelo de intervención fisioterapéutica en desórdenes musculoesqueléticos. Universidad del Rosario. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Grupo de Investigación Salud, Cognición y Trabajo. Bogotá, D.C : Universidad del Rosario, 2008. pág. 40, Documento de investigación. ISSN: 1794-1318.

ANDI Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo de la ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Segundo informe de sostenibilidad. Industria de Cosmética y Aseo en Colombia. Responsabilidad social: Experiencias y retos para convertirse en un sector de clase mundial. Bogotá : ANDI, 2012.

ANDROID. Developers. [En línea] [Citado el: 15 de 12 de 2014.] <http://developer.android.com/intl/es/design/style/typography.html>.

BENBASAT, Izak, Peter Todd. *An experimental investigation of interface design alternatives: icon vs. text and direct manipulation vs. menus*. 1993, International Journal of Man-Machine Studies, págs. 369-402.

BROWN, Spencer. Ultrashape. [En línea] [http://www.finessebodylineclinic.nl/pdf/Brown\\_Clinical\\_Paper.pdf](http://www.finessebodylineclinic.nl/pdf/Brown_Clinical_Paper.pdf).

BUSTOS, Pedro Valdés, Arno Klenner Meixner. El LED y su mercado en Chile. s.l. : Universidad Academia de humanismo cristiano , 2014.

CAMERON, Michelle H. Physical Agents in Rehabilitation. 4° Edición. St. Louis : Elsevier Saunders, 2013. ISBN 978-4557-2848-0.

CHAN, Vincent, Filippo A. Salustri. DFA: The Lucas method. 2005.

CHARRIS, Mayerlys, Mayra Angel, Julieth Campo, Sindy Contreras, Jhoany Restrepo. *INFLUENCIA DE LA HIGIENE POSTURAL EN LAS ALTERACIONES OSTEOMUSCULARES DE LAS* . Valledupar : Ediciones Universidad de Santander, 2014.

CROEM. CROEM. [En línea] <http://www.croem.es/prevergo/formativo/3.pdf>.

CROSS, Nigel. *Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de productos*. Mexico : Limusa Wiley, 2008.

CUTKOSKY, Mark R. Modeling manufacturing grips and correlations with the design of robotic hand. Stanford University : IEEE, 1989. IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION. VOL 5. NO 3. págs. 269-279.

D+LED.Chile, DEMASLED. [En línea] <file:///C:/Users/CENTIC/Downloads/cinta-smd5060-interior-blanco-fro-x-1m-ip-20.pdf>.

FERNANDEZ, Maria Jesus Ruiz, José María Angós Ullate, José Antonio Salvador Oliván. *Interfaces de usuario: diseño de la visualización de la información como medio para mejorar la gestión del conocimiento y los resultados obtenidos por el usuario*. Alcalá : s.n., 2001.

GARNICA, Carlos Andrés. *Dispositivos médicos: un mercado con grandes oportunidades*. 2012, Tecnología del plástico, pág. 5.

GIRALDO, M. D Juan Carlos Salazar. Análisis crítico de la lipólisis con ultrasonido. 2011, Est-ética, págs. 8-15.

GIRALDO, M.D Juan Carlos Salazar. Análisis crítico de la lipólisis con ultrasonido. 2011, EST-ÉTICA ACICME, pág. 68.

GLOVER, Warren. Work- related Strain Injuries in Physiotherapists. 2002, Physioterapy, págs. 364-372.

HASSAN, Yusef, Francisco J. Martín Fernández y Ghzala Iazza. *Diseño Web centrado en el usuario: Usabilidad y arquitectura de la información*. 2007.

HERTZENBERG, H.T.E. Some contributions of applied physical antropology to human engenner Anal of NY academy of science. New York : s.n., págs. 616-629.

HERTZENBERG, H.T.E. *Some contributions of applied physical antropology to human engineer*. 63. New York : Anal of NY academy of science, 1955. págs. 616-629. Vol. 4.

*Human Computer Interaction*. 11 de 2013.

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. *Las dimensiones de la mano*. 2010, pág. Sección 4. Factores humanos para el desarrollo de productos.

Instituto de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. [www.icontec.org](http://www.icontec.org). [En línea] 27 de 11 de 1997. [Citado el: 05 de 01 de 2015.] <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3475.pdf>.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. 1998.

J. Moreno-Moraga\*, T. Valero-Altés, A. Martínez Riquelme, M.I. Isarria-Marcosy, J. Royo de la Torre. *Body Contouring by Non-Invasive Transdermal Focused Ultrasound. Lasers in Surgery and Medicine* . s.l. : Wiley-Liss, Inc., 2007, págs. 39:315–323 .

KARGOV, A., Pylatiuk , C., Martin, J. *Comparison of the grip force distribution in natural hands and in prosthetic hands*. Eggenstein : Taylor and Francis. Health sciences, 2004. págs. 705-711. Vol. 26.

LEÓN, Rafael Andrés Moreno, Elisa Coronado Bonilla. Análisis de la situación actual del sector de estética en la ciudad de Bogotá. Chía [En línea]: Universidad de la Sabana, 2006. Disponible en: <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/6865/1/125432.pdf>

MARADEI, Maria Fernanda. *Diseño de herramientas manuales*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2009.

MCCORMICK, Ernest J. *Ergonomía*. Barcelona : McGraw-Hill, 1980.

MONDELO, Pedro, Enrique, Gregori y Barrau, Pedro. *Ergonomía 1. Fundamentos* . Barcelona : Ediciones UPC, 2001.

MONTERO, Michael, Shad Roundy, Dan Odell, Sung-Hoon, Paul K. Wright. *Material Characterization of Fused Deposition Modeling (FDM) ABS by designed Experiments*. Berkeley, California : Society of Manufacturing Engineers, 2001.

MONTERO, Yusef Hassan, Sergio Ortega Santamaría. *Informe APEI sobre usabilidad*. s.l. : Asociación profesional de especialistas en información, 2009. pág. 67. ISBN 978-84-692-3782-3.

NORMAN, Donald. *Some observations on mental models*. New York : Psychology Press. Taylor and Francis Group. , 2014.

OTTO, Jacques. Non Invasive Ultrasonic Body Contouring – Initial Experience. *Plast. Reconst. Surg.* 2000, págs. 105: 436-446.

PALUCH, Kimmy. [En línea] 10 de 10 de 2006. [Citado el: 07 de 11 de 2014.] <http://www.montparnas.com/articles/what-is-user-experience-design/>.

PETROFSKY, U.S., Williams, C., Kamen, G., and Lind, A.R. *The effect of handgrip span on isometric exercise of performance ergonomics*. 11. s.l. : Taylor and Francis, 1980. págs. 1129-1135. Vol. 23.

PINILLA, Mario. Mecánica del cuerpo. [aut. libro] Kassani. *9 Posturas. Ergonomía en proceso*. Bogota : s.n., págs. 35-47.

PINILLA, Marta Elena Saravia. *Ergonomía de concepción, su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*.

PUPO, Julio C. Guerrero, Ileana Amell Muñoz, Ruben Cañedo Andalia. Salud ocupacional: nociones útiles para los profesionales de la información. *ACIMED*. [En línea] 2004. [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12\\_5\\_04/aci05504.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12_5_04/aci05504.htm).

RAGEH, Monira M. [En línea] 10 de 05 de 2012. [http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0904/289\\_9954life0904\\_1906\\_1912.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0904/289_9954life0904_1906_1912.pdf).



S, Toub. Argos associates. *Argos associates*. [En línea] 2000. [http://argus-acia.com/white\\_papers/evaluating\\_ia.html](http://argus-acia.com/white_papers/evaluating_ia.html).

Salud, Ministerio de. Resolución 2511. Bogota, Colombia : s.n., 11 de Julio de 1995

SHNEIDERMAN, B. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction (Vol. 2)*n. Reading, MA : Addison-Wesley, 1992.

TEITELBAUM, Steven A. PRSJournal. [En línea] 01 de 09 de 2007. [http://www.oregon.gov/OBCE/pdfs/zerona\\_7\\_mj\\_body\\_contouring.pdf](http://www.oregon.gov/OBCE/pdfs/zerona_7_mj_body_contouring.pdf).

TOMASZ Nowak, Marcin Chromniak, Robert Sekula, Lucas-Lu Gao. *La simplicidad recompensa. Diseño Orientado a la fabricación y el montaje (DFMA) en ABB*. 2006, Revista ABB, págs. 55-58.

TRACTINSKY, N., Katz, A.S., Ikar, O. *What a beautiful is usable. Interacting with computers*. 2000. págs. 127-145.

U.S FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. U.S Department of Health and Human Services. [En línea] [Citado el: 1 de 11 de 2014.] <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm115357.htm>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GIRALDO, M. D Juan Carlos Salazar. Análisis crítico de la lipólisis con ultrasonido. 2011, Est-ética, págs. 8-15.
2. ANDI Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo de la ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Segundo informe de sostenibilidad. Industria de Cosmética y Aseo en Colombia. Responsabilidad social: Experiencias y retos para convertirse en un sector de clase mundial. Bogotá : ANDI, 2012.
3. LEÓN, Rafael Andrés Moreno, Elisa Coronado Bonilla. Análisis de la situación actual del sector de estética en la ciudad de Bogotá. Chía [En línea]: Universidad de la Sabana, 2006. Disponible en: <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/6865/1/125432.pdf>
4. PUPO, Julio C. Guerrero, Ileana Amell Muñoz, Ruben Cañedo Andalia. Salud ocupacional: nociones útiles para los profesionales de la información. *ACIMED*. [En línea] 2004. [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12\\_5\\_04/aci05504.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12_5_04/aci05504.htm).
5. ACOSTA, René Alejandro Orozco. Modelo de intervención fisioterapéutica en desórdenes musculo-esqueléticos. Universidad del Rosario. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Grupo de Investigación Salud, Cognición y Trabajo. Bogotá, D.C : Universidad del Rosario, 2008. pág. 40, Documento de investigación. ISSN: 1794-1318.

6. CHARRIS, Mayerlys, Mayra Angel, Julieth Campo, Sindy Contreras, Jhoany Restrepo. *INFLUENCIA DE LA HIGIENE POSTURAL EN LAS ALTERACIONES OSTEOMUSCULARES DE LAS* . Valledupar : Ediciones Universidad de Santander, 2014.
7. CAMERON, Michelle H. *Physical Agents in Reahabilitation*. 4° Edición. St. Louis : Elsevier Saunders, 2013. ISBN 978-4557-2848-0.
8. TEITELBAUM, Steven A. PRSJournal. [En línea] 01 de 09 de 2007. [http://www.oregon.gov/OBCE/pdfs/zerona\\_7\\_mj\\_body\\_contouring.pdf](http://www.oregon.gov/OBCE/pdfs/zerona_7_mj_body_contouring.pdf).
9. OTTO, Jacques. Non Invasive Ultrasonic Body Contouring – Initial Experience. *Plast. Reconst. Surg.* 2000, págs. 105: 436-446.
10. J. Moreno-Moraga\*, T. Valero-Altés, A. Martínez Riquelme, M.I. Isarria-Marcosy, J. Royo de la Torre. *Body Contouring by Non-Invasive Transdermal Focused Ultrasound. Lasers in Surgery and Medicine* . s.l. : Wiley-Liss, Inc., 2007, págs. 39:315–323 .
11. RAGEH, Monira M. [En línea] 10 de 05 de 2012. [http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0904/289\\_9954life0904\\_1906\\_1912.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0904/289_9954life0904_1906_1912.pdf).
12. U.S FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. U.S Department of Health and Human Services. [En línea] [Citado el: 1 de 11 de 2014.] <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm115357.htm>.
13. GIRALDO, M.D Juan Carlos Salazar. Análisis crítico de la lipólisis con ultrasonido. 2011, EST-ÉTICA ACICME, pág. 68.

14. CROEM. CROEM. [En línea] <http://www.croem.es/prevergo/formativo/3.pdf>.
15. GLOVER, Warren. Work- related Strain Injuries in Physiotherapists. 2002, Physioterapy, págs. 364-372.
16. CUTKOSKY, Mark R. Modeling manufacturing grips and correlations with the design of robotic hand. Stanford University : IEEE, 1989. IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION. VOL 5. NO 3. págs. 269-279.
17. HERTZENBERG, H.T.E. *Some contributions of applied physical antropology to human engineer*. 63. New York : Anal of NY academy of science, 1955. págs. 616-629. Vol. 4.
18. PETROFSKY, U.S., Williams, C., Kamen, G., and Lind, A.R. *The effect of handgrip span on isometric exercise of performance ergonomics*. 11. s.l. : Taylor and Francis, 1980. págs. 1129-1135. Vol. 23.
19. INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. *Las dimensiones de la mano*. 2010, pág. Sección 4. Factores humanos para el desarrollo de productos.
20. SHNEIDERMAN, B. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction (Vol. 2)n*. Reading, MA : Addison-Wesley, 1992.
21. FERNANDEZ, Maria Jesus Ruiz, José María Angós Ullate, José Antonio Salvador Oliván. *Interfaces de usuario: diseño de la visualización de la información como medio para mejorar la gestión del conocimiento y los resultados obtenidos por el usuario*. Alcalá : s.n., 2001.

22. BENBASAT, Izak, Peter Todd. *An experimental investigation of interface design alternatives: icon vs. text and direct manipulation vs. menus*. 1993, International Journal of Man-Machine Studies, págs. 369-402.
23. AAMI. AAMI, Human factors. pág. Sección 18.3.2.2.2 página 275.
24. MONTERO, Yusef Hassan, Sergio Ortega Santamaría. *Informe APEI sobre usabilidad*. s.l. : Asociación profesional de especialistas en información, 2009. pág. 67. ISBN 978-84-692-3782-3.
25. ISO. International Organization for Standardization. ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. 1998.
26. BROWN, Spencer. Ultrashape. [En línea] [http://www.finessebodylineclinic.nl/pdf/Brown\\_Clinical\\_Paper.pdf](http://www.finessebodylineclinic.nl/pdf/Brown_Clinical_Paper.pdf).
27. MONDELO, Pedro, Enrique, Gregori y Barrau, Pedro. *Ergonomía 1. Fundamentos*. Barcelona : Ediciones UPC, 2001.
28. MCCORMIK, E.J. *Ergonomía*. Barcelona : McGraw - Hill, 1980.
29. HASSAN, Yusef, Francisco J. Martín Fernández y Ghzala Iazza. *Diseño Web centrado en el usuario: Usabilidad y arquitectura de la información*. 2007.
30. S, Toub. Argos associates. *Argos associates*. [En línea] 2000. [http://argus-acia.com/white\\_papers/evaluating\\_ia.html](http://argus-acia.com/white_papers/evaluating_ia.html).
31. CROSS, Nigel. *Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de productos*. Mexico : Limusa Wiley, 2008.

32. TOMASZ Nowak, Marcin Chromniak, Robert Sekula, Lucas-Lu Gao. *La simplicidad recompensa. Diseño Orientado a la fabricación y el montaje (DFMA) en ABB*. 2006, Revista ABB, págs. 55-58.
33. CHAN, Vincent, Filippo A. Salustri. *DFA: The Lucas method*. 2005.
34. PALUCH, Kimmy. [En línea] 10 de 10 de 2006. [Citado el: 07 de 11 de 2014.] <http://www.montparnas.com/articles/what-is-user-experience-design/>.
35. NORMAN, Donald. *Some observations on mental models*. New York : Psychology Press. Taylor and Francis Group. , 2014.
36. GARNICA, Carlos Andrés. *Dispositivos médicos: un mercado con grandes oportunidades*. 2012, Tecnología del plástico, pág. 5.
37. KARGOV, A., Pylatiuk , C., Martin, J. *Comparison of the grip force distribution in natural hands and in prosthetic hands*. Eggenstein : Taylor and Francis. Health sciences, 2004. págs. 705-711. Vol. 26.
38. HERTZENBERG, H.T.E. *Some contributions of applied physical anthropology to human engineering* Anal of NY academy of science. New York : s.n., págs. 616-629.
39. ANDROID. Developers. [En línea] [Citado el: 15 de 12 de 2014.] <http://developer.android.com/intl/es/design/style/typography.html>.
40. D+LED.Chile, DEMASLED. [En línea] <file:///C:/Users/CENTIC/Downloads/cinta-smd5060-interior-blanco-fro-x-1m-ip-20.pdf>.
41. BUSTOS, Pedro Valdés, Arno Klenner Meixner. *El LED y su mercado en Chile*. s.l. : Universidad Academia de humanismo cristiano , 2014.

42. MONTERO, Michael, Shad Roundy, Dan Odell, Sung-Hoon, Paul K. Wright. Material Characterization of Fused Desposition Modeling (FDM) ABS by designed Experiments. Berkeley, California : Society of Manufacturing Engineers, 2001.
43. Instituto de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. [www.icontec.org](http://www.icontec.org). [En línea] 27 de 11 de 1997. [Citado el: 05 de 01 de 2015.] <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3475.pdf>.
44. MARADEI, Maria Fernanda. *Diseño de herramientas manuales*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2009.
45. MCCORMICK, Ernest J. *Ergonomía*. Barcelona : McGraw-Hill, 1980.
46. PINILLA, Mario. Mecánica del cuerpo. [aut. libro] Kassani. 9 *Posturas. Ergonomía en proceso*. Bogota : s.n., págs. 35-47.
47. *Human Computer Interaction*. 11 de 2013.
48. PINILLA, Marta Elena Saravia. *Ergonomía de concepción, su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*.
49. AAMI. Human factors. pág. Sección 18.3.2.2.2 página 275.
50. TRACTINSKY, N., Katz, A.S., Ikar, O. *What a beautiful is usable. Interacting with computers*. 2000. págs. 127-145.
51. Salud, Ministerio de. Resolución 2511. Bogota, Colombia : s.n., 11 de Julio de 1995

## ANEXOS

### ANEXO A. Indagación inicial

#### Fase1. Buttom up. Encuesta usuarios.



Soy estudiante de la Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente me encuentro desarrollando mi proyecto de grado que tiene como título: Rediseño y construcción de la interfaz gráfica de usuario y el cabezal de aplicación para el equipo de cavitación; por tal motivo me sería de gran ayuda contar con su opinión y experiencia para tener mas claridad de lo que usted como usuario puede aportarme para el desarrollo de mi proyecto.

Centro de belleza: \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Centro de formación: \_\_\_\_\_

Horas diariasde trabajo: 6 ( ) 8 ( ) 10 ( ) 12 ( )

Posición de trabajo: Sentada ( ) De pie ( )  
Sentado y de pie ( ) Arrodillado ( )

¿Cuáles tratamientos aplica que sean complementarios a la cavitación?

Vacumterapia ( ) Carboxiterapia ( ) Mesoterapia ( )  
Radiofrecuencia ( ) Drenaje linfático manual ( )  
Gimnasia pasiva ( ) Ultrasonido ( ) Presoterapia ( )  
Electrodos ( ) Copas moldeadoras ( ) Masaje ( )

Tiempo mínimo del tratamiento (minutos) : 5 ( ) 10 ( ) 15 ( )

Tiempo máximo del tratamiento (minutos): 30 ( ) 40 ( ) 45 ( )

¿ Considera que la interfaz del cavitador es clara? \_\_\_\_\_

Clasifique el nivel de complejidad al ajustar el equipo de cavitación por medio de la interfaz gráfica de usuario

|                      | Bajo | Medio | Alto |
|----------------------|------|-------|------|
| Iniciar el sistema   |      |       |      |
| Tutorialde uso       |      |       |      |
| Ajuste de potencia   |      |       |      |
| Ajuste de tiempo     |      |       |      |
| Activación (iniciar) |      |       |      |
| Pausar               |      |       |      |
| Regresar             |      |       |      |

Clasifique el nivel de comodidad al interactuar con el cabezal de aplicación del cavitador por medio de la interfaz gráfica de usuario.

|                             | extre. incomo | leve incomo | Comodo | Muy comodo | extre. comodo |
|-----------------------------|---------------|-------------|--------|------------|---------------|
| Levantarlo                  |               |             |        |            |               |
| Limpieza                    |               |             |        |            |               |
| Aplicar gel                 |               |             |        |            |               |
| Hacer presión sobre la piel |               |             |        |            |               |
| Movimientos repetitivos     |               |             |        |            |               |
| Temperatura                 |               |             |        |            |               |
| Textura                     |               |             |        |            |               |

Cuales desventajas y ventajas, a través de su experiencia, ha encontrado en el equipo de cavitación?



## ANEXO B. Encuesta para la metodología Kano

### Encuesta de su percepción con los atributos del cabezal de aplicación del equipo de cavitación.



|                                                                                                                | Agradable | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | Desagradable |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| ¿ Cómo se sentiría si el cabezal de aplicación tiene una superficie grande donde se expande la onda (actual) ? |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| ¿ Cómo se sentiría si el cabezal de aplicación NO tiene una superficie grande donde se expande la onda?        |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal tiene la forma compacta y completamente sellada ¿ cómo se sentiría?                              |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal NO tiene la forma compacta y completamente sellada ¿ cómo se sentiría?                           |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal tiene la superficie lisa ¿ cómo se sentiría?                                                     |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal NO tiene la superficie lisa ¿ cómo se sentiría?                                                  |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal tiene la posibilidad de agarrarlo de diferentes formas ¿ cómo se sentiría?                       |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal NO tiene la posibilidad de agarrarlo de diferentes formas ¿ cómo se sentiría?                    |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal tiene el agarre en forma convexa ¿ cómo se sentiría?                                             |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |
| Si el cabezal NO tiene el agarre en forma convexa ¿ cómo se sentiría?                                          |           |         |                |                     |              |
| -----                                                                                                          |           |         |                |                     |              |

## ANEXO C. Metodología KANO

Cada uno de los atributos tenía dos preguntas en donde la primera (funcional), tenía este atributo y en la segunda (no funcional) carecía de éste mismo. En cada una de estas se eligió el porcentaje más altos para relacionarlos en la siguiente tabla.

| Pregunta 1 Y 2             |                     |              |         |                |                     |              |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| Requerimientos del usuario |                     | NO FUNCIONAL |         |                |                     |              |
|                            |                     | Agradable    | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | desagradable |
| FUNCIONAL                  | Agradable           | C            | I       | I              | I                   | E            |
|                            | Debería             | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | No me preocupa      | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | Puedo vivir sin eso | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | desagradable        | R            | R       | R              | N                   | N            |

| Pregunta 3 y 4             |                     |              |         |                |                     |              |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| Requerimientos del usuario |                     | NO FUNCIONAL |         |                |                     |              |
|                            |                     | Agradable    | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | desagradable |
| FUNCIONAL                  | Agradable           | C            | I       | I              | I                   | E            |
|                            | Debería             | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | No me preocupa      | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | Puedo vivir sin eso | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | desagradable        | R            | R       | R              | N                   | N            |

| Pregunta 5 y 6             |                     |              |         |                |                     |              |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| Requerimientos del usuario |                     | NO FUNCIONAL |         |                |                     |              |
|                            |                     | Agradable    | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | desagradable |
| FUNCIONAL                  | Agradable           | C            | I       | I              | I                   | E            |
|                            | Debería             | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | No me preocupa      | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | Puedo vivir sin eso | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | desagradable        | R            | R       | R              | N                   | N            |

| Pregunta 7 y 8             |                     |              |         |                |                     |              |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| Requerimientos del usuario |                     | NO FUNCIONAL |         |                |                     |              |
|                            |                     | Agradable    | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | desagradable |
| FUNCIONAL                  | Agradable           | C            | I       | I              | I                   | E            |
|                            | Debería             | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | No me preocupa      | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | Puedo vivir sin eso | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | desagradable        | R            | R       | R              | N                   | N            |

| Pregunta 9 y 10            |                     |              |         |                |                     |              |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------|----------------|---------------------|--------------|
| Requerimientos del usuario |                     | NO FUNCIONAL |         |                |                     |              |
|                            |                     | Agradable    | Debería | No me preocupa | Puedo vivir sin eso | desagradable |
| FUNCIONAL                  | Agradable           | C            | I       | I              | I                   | E            |
|                            | Debería             | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | No me preocupa      | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | Puedo vivir sin eso | R            | N       | N              | N                   | A            |
|                            | desagradable        | R            | R       | R              | N                   | N            |

## ANEXO D. Evaluación postural

### 2° comprobación ergonómica de las propuestas para el cabezal de aplicación.



Se diseñaron 2 propuestas con el objetivo de mitigar el factor de riesgo postural de la muñeca en la maniobrabilidad del cabezal de aplicación del cavitador. Los siguientes puntos se evaluarán para elegir entre estas la mas viable según su experiencia de uso.

#### Propuesta 1

Considera adecuado:

1. ¿Longitud del mango adecuado?
2. ¿ Diámetro del mango adecuado?
3. ¿ Peso de la herramienta adecuado?
4. ¿ Puede ser usado con cualquier mano?
5. ¿ Los referentes grises le indicaron donde posicionar la mano sobre el cabezal?

| SI    | NO    | NR    |
|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |

#### Propuesta 2

Considera adecuado:

1. ¿Longitud del mango adecuado?
2. ¿ Diámetro del mango adecuado?
3. ¿ Peso de la herramienta adecuado?
4. ¿ Puede ser usado con cualquier mano?
5. ¿ Los referentes grises le indicaron donde posicionar la mano sobre el cabezal?

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |

## ANEXO E. Cardsorting

### CARDSORTING CERRADO

De acuerdo a los gráficos impresos elija cada una de las propuestas para cada una de los siguientes ítems.



|                                          |
|------------------------------------------|
| Logotipo del equipo.                     |
| Color del fondo de pantalla.             |
| Posición del logo de la empresa.         |
| Menú                                     |
| BOTONES                                  |
| Siguiente                                |
| Guía de uso                              |
| Configuración                            |
| Pausa                                    |
| Atrás                                    |
| Play                                     |
| Aumentar y disminuir                     |
| TAMAÑO DE LA LETRA POR CORREGIR          |
| Gris oscuro:                             |
| Gris claro:                              |
| Azul:                                    |
| Botones:                                 |
| Botones:                                 |
| Botones:                                 |
| Texto informativo:                       |
| Texto informativo:                       |
| Texto informativo:                       |
| RELACIÓN ENTRE EL ÍCONO Y EL SIGNIFICADO |
| Cargando                                 |
| Potencia                                 |
| Pausa                                    |
| Aumentar y disminuir botón               |
| Aumentar y disminuir deslizar            |
| Menú                                     |
| Tiempo                                   |
| Play                                     |
| Tiempo estimado para potencia mínima     |
| Tiempo estimado para potencia alta       |

**TIPOGRAFÍA.** Elija según su criterio el tipo de letra mas legible

OPCIÓN 1 ( )

**MENU**  
**CONFIGURACIÓN**  
**ADIPOSIDAD MEDIA**  
**ADIPOSIDAD ALTA**  
**POTENCIA**  
**TIEMPO**  
**GUÍA DE USO**

Menú  
Configuración  
Adiposidad media  
Adiposidad alta  
Potencia  
Tiempo  
Guía de uso

OPCIÓN 2 ( )

**MENU**  
**CONFIGURACIÓN**  
**ADIPOSIDAD MEDIA**  
**ADIPOSIDAD ALTA**  
**POTENCIA**  
**TIEMPO**  
**GUÍA DE USO**

Menú  
Configuración  
Adiposidad media  
Adiposidad alta  
Potencia  
Tiempo  
Guía de uso

OPCIÓN 3 ( )

**MENU**  
**CONFIGURACIÓN**  
**ADIPOSIDAD MEDIA**  
**ADIPOSIDAD ALTA**  
**POTENCIA**  
**TIEMPO**  
**GUÍA DE USO**

Menú  
Configuración  
Adiposidad media  
Adiposidad alta  
Potencia  
Tiempo  
Guía de uso

## ANEXO F. Metodología Lucas

### ANÁLISIS FUNCIONAL

$$Ed = A/(A+B) * 100\%$$

A= Componentes esenciales

B= Componentes no esenciales.

### ANÁLISIS ALIMENTACIÓN

$$Ar = (\text{Índice total de alimentación} / \text{Componentes esenciales})$$

Índice de alimentación= suma de todos los índices.

### ANÁLISIS DE MONTAJE

$$Fr = (\text{Índice de montaje total} / \text{componentes esenciales})$$

### TABLAS DE VALORES

#### ANÁLISIS MANIPULACIÓN MANUAL

$$\text{Índice} = A+B+C+D$$

|                                        |     |                                       |     |
|----------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| <b>A. Tamaño y peso de las partes.</b> |     | <b>B. Problemas manipulación.</b>     |     |
| Muy pequeña. Requiere herramienta.     | 1.5 | Delicado                              | 0.4 |
| Solo las manos - conveniente.          | 1   | Flexible                              | 0.6 |
| Grandes y requiere mas de 1 mano.      | 1.5 | Pegajoso                              | 0.5 |
| Grandes y pesados requiere 2 personas. | 3   | Tangible                              | 0.8 |
|                                        |     | Severamente pequeño.                  | 0.7 |
|                                        |     | Abrasivo                              | 0.3 |
|                                        |     | Intocable                             | 0.5 |
|                                        |     | Resbaladizo                           | 0.2 |
|                                        |     | No hay dificultades de manejo         | 0   |
| <b>C. Orientación de las partes</b>    |     | <b>C. Orientación rotacional.</b>     |     |
| Simétrico sin orientación              | 0   | Simetría rotacional                   | 0   |
| De extremo a extremo fácil de ver      | 0.1 | Orientación rotacional fácil de ver.  | 0.2 |
| Un extremos a otro. No visible         | 0.5 | Orientación rotacional difícil de ver | 0.4 |

#### ANÁLISIS MONTAJE MANUAL

$$\text{Índice} = A+B+C+D+E+F$$

|                                        |     |                                         |     |
|----------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| <b>A. Fijación de los componentes.</b> |     | <b>B. Dirección de procesos</b>         |     |
| Orientación automantenimiento.         | 1.0 | Línea recta desde arriba                | 0   |
| Requiere de mayor fijación             | 2.0 | En línea no recta desde arriba.         | 0.1 |
| Broches a presión                      | 1.3 | No es una línea recta                   | 1.6 |
| Atornillar                             | 4.0 | <b>C. Inserción</b>                     |     |
| Remachar.                              | 4.0 | Solo                                    | 0   |
| Doblado                                | 4.0 | Múltiples inserciones                   | 0.7 |
|                                        |     | Múltiples inserciones simultáneas.      | 1.2 |
| <b>D. Visión de los componentes</b>    |     | <b>E. Alineación de los componentes</b> |     |
| Directo                                | 0   | Fácil de alinear                        | 0   |
| Restringido                            | 1.5 | Difícil de alinear                      | 0.7 |
| <b>F. Fuerza de inserción</b>          |     |                                         |     |
| No tiene resistencia a la inserción    |     | 0                                       |     |
| Tiene resistencia a la inserción       |     | 0.6                                     |     |

Fuente: <http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmlucas.html> Modificada por el autor.

## ANEXO G.- Especificaciones del equipo

| PARAMETROS TECNICOS        |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| PARAMETRO                  | CANTIDAD                     |
| Voltaje                    | 120 Vac.                     |
| Potencia Consumo eléctrico | 200 W                        |
| Frecuencia Red Eléctrica   | 60 HZ                        |
| Protección                 | Fusible 2 Amperios tipo Fast |
| Indicación                 | Display touch TFT            |
| Control de salida          | Digital                      |
| Peso                       | 25 KG (Netos)                |
| Alto                       | 23 cm                        |
| Ancho                      | 32CM                         |
| Profundidad                | 36 CM                        |
| PARAMETROS DE OPERACION    |                              |
| PARAMETRO                  | CANTIDAD                     |
|                            |                              |
|                            |                              |
| Frecuencia                 | 40 KHZ                       |
| Potencia                   | 40 W/cm2                     |
|                            |                              |
|                            |                              |

## CERTIFICADO DE GARANTIA

Mediante este certificado de calidad **VACUSONIC BIOTECH** garantiza la prestación del servicio de mantenimiento, libre de pago por desperfectos en el funcionamiento normal del equipo por un tiempo de 3 años a partir de la fecha de compra que aparece en este certificado.

La presente garantía se limita al **SERVICIO** y **REVISION** sin costo del equipo cuya serie y modelo se expresan en este documento, y que el usuario recibió a conformidad.

Esta no es aplicable a ningún producto que haya sido sujeto a mal manejo o descuido por parte del usuario, alteraciones o reparaciones realizadas por Centro de Servicio no Autorizados, que pueda en cualquier forma afectar la confiabilidad o desempeño del producto.

NO están cubiertos por la presente garantía daños que evidencien maltratos tales como golpes, caídas, rotura en cualquier parte del gabinete, roturas en cualquier parte del mango cabezal, desprendimiento del cabezal debido a caída, rotura del elemento interno del transducer, Ralladuras o salpicaduras en pintura o acabado del equipo.

El **SERVICIO** expresado en este certificado solo se prestará únicamente en la sede de Vacusonic ubicada en la calle 37 # 32 de la ciudad de Bucaramanga, para lo cual el equipo no debe presentar evidencias de haber sido abierto ni manipulado por terceros, ya que este hecho invalida totalmente la presente garantía.



Ing. Nolber Rumbo Avila  
[nrumbo@vacusonic.com](mailto:nrumbo@vacusonic.com)  
 Director Científico

## 2. RECOMENDACIONES GENERALES DE SEGURIDAD

- Las instalaciones deben disponer de interruptores generales (tacos).
- Los interruptores deben cumplir las normas de interruptores magnéticos que saltan ante cualquier sobre carga.
- Comprobar periódicamente que las bases de los enchufes no se muevan ya que pueden ocasionar malos contactos, cortocircuitos, sobrecalentamientos e incendios.
- Vigilar el buen estado de los cables del aparato, pueden retorcerse o deteriorarse por el uso, con el consiguiente peligro.
- Evitar que existan cables tendidos por el suelo.
- No conectar muchos equipos al mismo enchufe con clavijas múltiples para prevenir el sobrecalentamiento de la instalación en esa zona.
- Mantener los equipos eléctricos apartados del agua.
- No manipular equipos eléctricos con las manos húmedas ya que la piel mojada es un buen conductor de la corriente eléctrica.
- Cuando se desenchufe el equipo electrónico, coger el enchufe de su base sin tirar el cable.
- En caso de avería no deben abrir los equipos ni intentar repararlos, es necesario recurrir siempre al servicio técnico de VACUSONIC BIOTECH.
- Los Cabezales del equipo deben limpiarse siempre concienzudamente después de cada uso según lo establecido en este manual.
- No existe una intensidad idónea universal, hay que adaptar las intensidades de trabajo a cada persona. La sensibilidad varía entre personas dependiendo de la zona, edad, estado de la piel y tejidos (flacidez, tensión, tono, etc), lo importante es no sobrepasar el umbral del dolor de cada paciente.

## **ANEXO H. Certificado técnico**

### **HOJA DE VIDA DEL EQUIPO**

**FECHA DE COMPRA:** \_\_\_\_\_

**TIPO:** GENERADOR DE ONDAS ULTRASONICAS A 40 KHZ.

**CLASIFICACION:** I

**MARCA:** VACUSONIC

**MODELO:** SONIREDUCTOR CAV

**SERIAL No:** \_\_\_\_\_

**NUMERO DE FACTURA DE VENTA:** \_\_\_\_\_

**VENDEDOR:** \_\_\_\_\_

**UBICACIÓN:** \_\_\_\_\_

### **REPORTE DE MANTENIMIENTO**

---