



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



DISPOSITIVO MÉDICO PARA INHIBIR EL CRECIMIENTO BACTERIANO EN CELULARES DEL PERSONAL HOSPITALARIO A PARTIR DE ACEITES ESENCIALES EXTRAÍDOS DE LA PLANTA *LIPPIA ORIGANOIDES*

**Diana Carolina Arévalo Gómez, Luisa María Becerra González, Javier Mauricio
Martínez Gómez**

**Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia**

Resumen

El objetivo de este estudio es desarrollar un dispositivo médico que se encargue de inhibir el crecimiento bacteriano en celulares. Estos teléfonos albergan gran cantidad de bacterias, por lo que son considerados una fuente de contagio y contaminación a nivel cotidiano y hospitalario. En estos dispositivos contaminados se encuentran bacterias potencialmente peligrosas como *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*, que son causantes de infecciones nosocomiales o intrahospitalarias. Este tipo de infecciones son contraídas en un centro de salud, y pueden afectar a pacientes que están internados por razones diferentes. Estudios realizados por el Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de especies vegetales aromáticas y medicinales tropicales CENIVAM, afirman la actividad antibacteriana e inhibitoria de los aceites esenciales extraídos de la planta *Lippia Origanoides*, conocida comúnmente como orégano de monte. Por lo anterior, se busca desarrollar un dispositivo que se encargue de distribuir eficaz y eficientemente los aceites esenciales de la planta *Lippia Origanoides*, con el fin de reducir la contaminación bacteriana en teléfonos celulares.

El proceso de diseño comenzó con un acercamiento a los usuarios para conocer sus necesidades, consecutivamente se creó una lista de requerimientos de diseño que son base de la generación de alternativas y posterior evaluación. Una vez elegida una alternativa se realizó el modelado 3D y construcción del modelo funcional. Para el análisis experimental se realizó una prueba donde se evaluó la usabilidad del modelo funcional, teniendo como variables la eficiencia, eficacia y

satisfacción. Las dos primeras se evaluaron con la ayuda de la tecnología de seguimiento ocular Eye Tracking, que permiten observar lo que el participante está viendo en tiempo real. Por otro lado, se realizaron encuestas de satisfacción para complementar la evaluación de usabilidad.

Las sustancias antibacterianas e inhibitorias fueron distribuidas eficazmente sobre el área de teléfonos celulares. De la prueba experimental de usabilidad se obtuvo como resultado que el 85% de los usuarios realizaron correctamente las tareas. Es importante mencionar que las personas realizan más de un recorrido visual sobre las áreas del manual y dispositivo que les brindan mayor información.

Palabras clave: desarrollo de producto; actividad antibacteriana; infecciones nosocomiales

Abstract

The objective of this study is to develop a medical device that is responsible for inhibiting bacterial growth in cells. These phones are home of many bacteria, which is why it is considered a source of pollution and contamination on a daily and hospital level. In these contaminated devices are found potentially dangerous bacteria such as Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus, which are the cause of nosocomial or intrahospitalary infections. These types of infections are usually caught in a health center, and can affect patients who are hospitalized for different reasons. Studies carried out by the National Research Center for the Agro-industrialization of aromatic and tropical medicinal vegetal species CENIVAM, affirm the antibacterial and inhibitory activity of the essential oils extracted from the plant, Lippia Origanoides, known as Monte Oregano. Therefore, it is sought to develop a device that is responsible for efficiently distribute the essential oils of the plant Lippia Origanoides, in order to reduce bacterial contamination in cell phones.

The design process began with an approach to users to meet their needs, consecutively a list of design requirements that are the basis of the generation of alternatives and subsequent evaluation. Once an alternative was chosen, 3D modeling and construction of the functional model was developed. For the experimental analysis a test was carried out where the usability of the functional model was evaluated, having as variables the efficiency, effectiveness and satisfaction. The first two were evaluated with the help of ocular Eye Tracking technology, which allows observing what the participant is seeing in real time. On the other hand, satisfaction surveys were carried out to complement the evaluation of usability.

The antibacterial and inhibitory substances were distributed effectively over the cell phone area. From the experimental usability test, it was obtained that 85% of the users performed the tasks correctly. It is important to mention that people perform more than a visual tour of the areas of the manual and the device that provide them with more information.

Keywords: product development; antibacterial activity; nosocomial infections

1. Introducción

La práctica médica moderna está experimentando una transformación en la forma en que se comunica y ofrece atención médica. Los avances en la tecnología y la asequibilidad de los dispositivos de mano han asegurado que la telemedicina y la tecnología móvil sean parte integral de la práctica médica en un futuro cercano (Singh S. A., Bhat, Rao, & Pentapati, 2010). Los teléfonos móviles se están convirtiendo en algo común tanto en entornos comunitarios como hospitalarios. Más del 50% de los trabajadores de la salud admiten el uso de dispositivos personales o profesionales en su entorno clínico, incluido durante el contacto físico con los pacientes (Pillet, y otros, 2016). Un estudio realizado por la Universidad de Barcelona reveló que los teléfonos celulares pueden contener hasta 600 tipos de bacterias diferentes, es decir, 30 veces más de las que se pueden encontrar en un baño (Tecnósfera, 2015), entre ellas dos bacterias que son las principales causantes de infecciones nosocomiales (IN) o intrahospitalarias.

El Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales – CENIVAM de la Universidad Industrial de Santander, ha desarrollado estudios en los cuales encontró actividad antibacteriana e inhibitoria en los aceites esenciales extraídos de las plantas de *Lippia origanoides*, conocido comúnmente como orégano de monte. (Ramírez, Isaza, Veloza, Stashenko, & Marín, 2009) (Stashenko, 2009). Este hallazgo constituye un punto de partida para el diseño y desarrollo de productos enfocados en la desinfección e inhibición del crecimiento bacteriano específicamente en teléfonos celulares del personal médico, estos permitirán mantener los celulares libres de bacterias y además disminuir la probabilidad de contraer infecciones nosocomiales. Por tanto, se aplicará una metodología de diseño estructurada que incluye verificaciones técnicas y validaciones con usuarios finales.

2. Justificación

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un dispositivo médico hace referencia a un instrumento, aparato o máquina utilizado en la prevención, el diagnóstico o tratamiento de una enfermedad o condición. (World Health Organization, 2012). El diseño y desarrollo de un dispositivo médico que inhiba el crecimiento bacteriano en celulares ayudaría a la prevención de infecciones nosocomiales. El problema de las infecciones nosocomiales está mucho más extendido de lo que se cree. "Se trata de un problema en curso a nivel mundial", afirma Héctor Zambrano, secretario de Salud de Bogotá. Según datos, anualmente en el mundo 14 millones de personas resultan afectadas por bacterias que se desarrollan en los quirófanos. Este riesgo no es para nada despreciable, se estima que de un 10% de las personas que son hospitalizadas pueden adquirir una IN. A pesar de las medidas de aislamiento y esterilización que los hospitales toman para evitarlo, sólo una tercera parte de ese 10% es prevenible (R. Semana, 2006). De estas infecciones se desprende un mayor tiempo de hospitalización de los pacientes y un mayor gasto en antibióticos, de lo que se derivan altos costos económicos para los distintos sistemas de salud, además del costo humano, que es el más importante, dado a que estas infecciones suponen un aumento de la mortalidad (A. Copper, 2013)

Estudios realizados por la Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica y la Revista *QuimicaViva*, revelan que las bacterias presentes en celulares son *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp*, *Streptococcus pneumoniae*, *Micrococcus Sp.*, *Pseudomonas sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus sp*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella sp.* 1.9%, *Bacteroides vulgaris*, *Escherichia coli*, *Bacillus sp*, (Muñoz, y otros, 2012), las cuales son consideradas las principales causantes de infecciones nosocomiales. Estas bacterias se pueden encontrar superficies y objetos personales que muchas veces se omiten de desinfectar, como los teléfonos celulares. Cabe mencionar que el 87% de usuarios ignoran este hecho y no tienen normas de desinfección de los equipos, no practican el lavado de manos luego del uso del teléfono y utilizan el teléfono celular en áreas hospitalarias estériles (Singh S. , Bhat, Rao, & Pentapati, 2010). Particularmente el CENIVAM ha estudiado los componentes de los aceites esenciales de la planta *Lippia orginaiodes* y su actividad antibacteriana e inhibitoria contra las principales bacterias presentes en los celulares.

Con el diseño y desarrollo de un producto que mediante su mejor forma de aplicación en teléfonos celulares pueda inhibir el crecimiento de bacterias como *S. aureus* y *P. aeruginosa*, principales causantes de IN y que a su vez aporte beneficios al personal médico, se abriría una brecha en el mercado y la oportunidad de desarrollar toda la cadena de valor de los aceites esenciales desde la investigación de materia prima hasta un producto terminado tipo exportación y contribuir altamente a intensificar la industria nacional.

3. Metodología

Fase 1: Estructuración

Se realizó una revisión sistemática en bases de datos, libros y revistas relacionada con los agentes bacterianos presentes en ambientes hospitalarios para identificar la problemática y las posibles soluciones al control de infecciones nosocomiales. Asimismo, se determinó que las bacterias *P. aeruginosa* y *S. aureus* están presentes en teléfonos celulares. Posteriormente, se revisaron los contextos sociales, políticos y económicos tanto a nivel global como particular, para plantear el árbol de problemas en el cual se incluyen las causas y consecuencias del mismo.

Fase 2: Diseño de producto

En primera instancia se aplicó una encuesta diagnóstico a 54 personas, con el fin de identificar deseos de los usuarios. Una vez identificada la necesidad que se busca resolver, se determina el comportamiento de las bacterias considerando sus propiedades para así establecer las zonas de concentración, patrones de crecimiento y guías de tratamiento. Posteriormente se desarrolla un diagrama de afinidad en el que se clasifican los requerimientos que el producto debe tener, los cuales se especifican en siete grupos: requerimientos funcionales, de uso, ergonómicos, estructurales, formal estéticos, de mercado y técnico productivos.

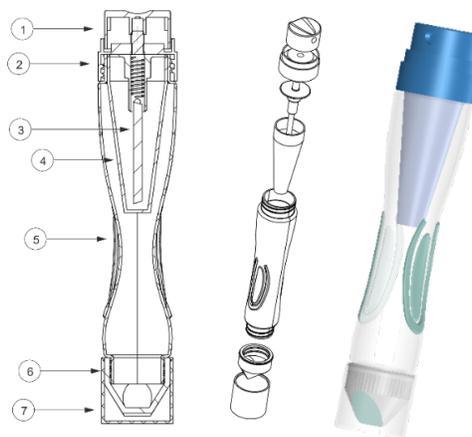
El siguiente paso es la realización de un diagrama de funciones y medios o diagrama FAST, de manera que permita organizar las funciones principales y secundarias que debe cumplir el producto. La información encontrada en el diagrama es la base para la configuración de

alternativas de diseño; con el fin de evaluar cada alternativa se realiza una matriz QFD. Además, se desarrolla un Focus Group con el semillero de infectología de la Facultad de Medicina de la Universidad Industrial de Santander.

Fase 3: Diseño de detalle

Una vez elegida la alternativa que cumple en mayor porcentaje con los requerimientos expuestos, se realiza el diseño de detalle donde se propone una solución a cada uno de los requerimientos mediante partes o componentes; posteriormente se elaboran planos técnicos en SolidWorks de cada uno de los componentes que conforman el sistema.

Figura 1. Modelado 3D



*1: Tapa sistema spray rosca, 2: Sistema rosca spray, 3: Sistema interno spray, 4: contenedor interno, 5: Contenedor externo, 6: aplicador, 7: tapa aplicador.

Fase 4: Verificación y validación

La verificación se realiza con la construcción de un modelo funcional, comprobando el funcionamiento de cada una de las partes y componentes del sistema. Posteriormente se hacen dos validaciones, en la primera validación se diseña un experimento para evaluar la usabilidad del dispositivo mediante la tecnología de seguimiento ocular Eye-tracking, la prueba es realizada a 20 participantes. En la segunda se mide la eficacia en la distribución de las sustancias (gel antiséptico y sustancia inhibitoria), a través de una luz ultravioleta.

Fase 5: Fabricación y sistema de empaque

Una vez definidos los planos técnicos finales y el material a utilizar se realiza una descripción del proceso de manufactura que se lleva a cabo para la producción en serie. Además, se elabora el sistema de empaque y embalaje teniendo en cuenta las condiciones de ley. Igualmente se propone el logo, nombre del producto, manual de usuario e instrucciones de uso.

4. Resultados

En el análisis de los datos obtenidos en la prueba experimental se tuvo en cuenta varios factores determinantes como lo es el lenguaje de uso del dispositivo, lo cual se complementa con su manual de usuario, estos datos fueron tomados con la ayuda de la tecnología de seguimiento ocular eye-tracking y analizados mediante el software BeGaze 3.7. Se obtuvo que 18 de 20 participantes fijaron su mirada principalmente en los gráficos presentados con mayor cantidad de detalle y en las secciones donde se encuentra texto, posteriormente observaron las zonas con poco texto y gráficos más sencillos comenzando con una lectura de izquierda a derecha; 5 de 20 hicieron una lectura simultanea del manual y el dispositivo. Igualmente, todos los participantes realizaron más de una lectura a las partes de mayor interés, esto se evidencia en la figura 2-izquierda, donde se muestra el recorrido visual del participante P5. De la misma manera se obtuvo mapas de calor que permitieron identificar el área donde los participantes enfocaron y permanecieron mayor tiempo el cual está representado con el color rojo (Figura 2-derecha). La mitad de los participantes enfocó por más tiempo los gráficos de los pasos 4 y 5, esto se puede presentar debido a la cantidad de elementos que contienen. Todos los participantes realizaron una lectura detenida del logo del producto.

Figura 2. Recorrido visual participante y mapa de calor P5



Otro factor que se tuvo en cuenta al momento de analizar los datos hace referencia a la forma como los participantes percibieron el dispositivo, de lo cual se obtuvo como resultado que 16 de 20 inician su recorrido visual en el aplicador. Esto lo corrobora los mapas de calor, que muestran un mayor tiempo de enfoque sobre este. Como segundo y tercer punto de fijación se encontró el spray y el agarre que proporcionan información sobre el funcionamiento del producto. Es importante resaltar que los participantes que no realizaron correctamente la actividad, hicieron el recorrido y enfocaron su mirada mayor tiempo en el celular que en el dispositivo.

La eficacia de un producto hace referencia a la exactitud con la se realiza una actividad, con relación a ello se obtuvo que 12 de 20 participantes realizaron mal el recorrido visual del orden o secuencia del manual. Con respecto al dispositivo, solo un participante no logró identificar la pieza que contenía el gel antiséptico y la sustancia inhibitoria; a la hora de usar el aplicador, 3 personas no lograron relacionar el color de este con el de la sustancia. Sin embargo, al volver a leer el manual pudieron realizar la tarea satisfactoriamente. Un aspecto formal y funcional importante es el agarre, del cual 3 personas no identificaron su correcta aprehensión. En general el 17 de los

DISPOSITIVO MÉDICO PARA INHIBIR EL CRECIMIENTO BACTERIANO EN CELULARES DEL PERSONAL HOSPITALARIO A PARTIR DE ACEITES ESENCIALES EXTRAÍDOS DE LA PLANTA *LIPPIA ORIGANOIDES*

usuarios realizó la actividad correctamente, lo que indica que hicieron una buena lectura del manual de usuario y el uso del dispositivo.

Con relación al tiempo que tardaron en realizar las actividades, para el manual de uso se tiene un promedio de 83,94 segundos y 109,814 segundos en ejecutar la tarea con el dispositivo, con una mediana de 72,36 y 103,61. El tiempo total promedio de la actividad que se obtiene al leer y manual y posteriormente desinfectar el celular es de 193,75 segundos, alrededor de 3,2 minutos. Al calcular el coeficiente de la variación de los datos de tiempo obtenidos se concluye que los resultados de la muestra son heterogéneos, esto puede ocurrir por datos atípicos, tendiendo mínimos de 50, 43 y 93 segundos y máximos de 171, 203 y 289 segundos.

La satisfacción de los usuarios de acuerdo a la escala de evaluación es establecida de 1 a 10, siendo 1 nada satisfecho y 10 muy satisfecho. Se obtuvo un promedio de 8,47 en la facilidad de la realización de la actividad, 8,89 de satisfacción en el tiempo que tardaron en realizarla y 8,025 en la comodidad, lo que indica que los usuarios están satisfechos con el producto.

Para la validación de la distribución de las sustancias se empleó una luz ultravioleta para revelar el área de cubrimiento de las sustancias y una cámara fotográfica para captar las imágenes de estas. Como se puede observar en la figura 3, el cubrimiento de las sustancias abarca todas las áreas tanto del teléfono celular, como del forro de este. La eficacia se debe al ángulo de 45° del aplicador, su forma y texturas, que permiten la uniformidad en la distribución.

Figura 3. Distribución de sustancias reveladas con Luz Ultravioleta



5. Conclusiones

Mediante el uso de Eye Tracking Glasses y el Software BeGaze 3.7 se evaluó la eficiencia y eficacia del modelo funcional y manual de uso mediante una prueba experimental de la cual se obtuvieron resultados relevantes en cuanto a la percepción del producto. Respecto a la visualización del manual se observó que 18 de los participantes fijaron su mirada principalmente en los gráficos con mayor detalle, 5 de ellos realizaron una lectura simultánea del manual y el dispositivo. Por

medio del recorrido visual y los mapas de calor obtenidos se concluyó que el 80% de los participantes comenzaron el recorrido del modelo funcional en el aplicador, esto puede deberse a que representa una forma desconocida. El 60% realizó mal la lectura del orden o secuencia en el manual de cómo para usar el producto de lo cual se puede inferir que se debe hacer un cambio en la presentación de los pasos para usar adecuadamente el producto. El tiempo total promedio de la actividad que se obtiene al leer y manual y posteriormente desinfectar el celular es de 193,75 segundos, alrededor de 3,2 minutos, en general el 85% de los usuarios realizó la tarea correctamente.

Asimismo, la distribución de las sustancias se realizó por medio de dos sistemas, el gel antiséptico se dosificó al oprimir su contenedor, por el contrario, la sustancia inhibitoria lo hizo a través del sistema de spray, estas dos fueron distribuidas por la superficie del celular mediante un aplicador que posee dos texturas diferentes, lo que permitió una correcta aplicación de las sustancias.

6. Referencias

Artículos de revistas

- A. Copper. (2013). Una solución eficaz para combatir las infecciones intrahospitalarias. (e. Perú, Ed.) *Antimicrobial copper*.
- Barreto Madeiros, H., Lima, I., Nunes Coelho, K. M., Osório, L., Muorao, R., Calvalcanti dos santos, B. H., . . . Dantas Lopes, J. A. (2014). Effect of Lippia origanoides H.B.K. essential oil in the resistance to aminoglycosides in methicillin resistant Staphylococcus aureus. *Integrative Medicine*, 560-564.
- Muñoz, E., Jesús, J., castillo, V., Chávez Romero, L., Berenice, P., Becerra Sanchez, A., & Moreno García, M. A. (2012). e, Becerra Sánchez, Arian, Moreno García, María Alejandra, Bacterias patógenas aisladas de teléfonos celulares del personal y alumnos de la Clínica Multidisciplinaria (CLIMUZAC) de la unidad Académica de Odontología de la UAZ. *Farmacología y Terapéutica*.
- Oliveira, D. R., Leitao, G. G., Bizzo, H. R., Lopes, D. S., Alviano, C. S., & Leitao, S. G. (2007). Chemical and antimicrobial analyses of essential oil of Lippia origanoides H.B.K. *Food Chemistry*, 236-240.
- Pillet, S., Berthelot, P., Gagneux-Brunon, A., Mory, O., Gay, C., Viallon, A., . . . Botelho-Nevers, E. (2016). Contamination of healthcare workers' mobile phones by epidemic viruses. *Clinical Microbiology and Infection*, 456e1 - 456.e6.
- Ramírez, L. S., Isaza, J. H., Veloza, L. Á., Stashenko, E., & Marín, D. (2009). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de Lippia origanoides de diferentes orígenes de Colombia. *Ciencia* 17(4), 313 - 321.
- Sarrazin, S. L., Andrade da Silva, L., F. de Assunção, A. P., Oliveira, R. B., Calao, V., Da silva, R., . . . Mourão, R. E. (2015). Antimicrobial and Seasonal Evaluation of the Carvacrol-Chemotype Oil from Lippia origanoides Kunth. . *Molecules*, 1860-1871.
- Singh, S. A., Bhat, S., Rao, M., & Pentapati, S. (2010). Mobile phone hygiene: potential risks posed by use in the clinics of an Indian dental School. *Dent Educ*, 1153-1158.

Libros

- Stashenko, E. E. (2009). *Aceites esenciales*. Bucaramanga: División de publicaciones UIS.

Fuentes electrónicas

- R. Semana. (2006). Peligro en el quirófano. *Revista semana*. Consultado el 23 de febrero de 2017 en <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/peligro-quirofano/77054-3>
- Tecnósfera. (2015). La pantalla del celular contiene más bacterias que un baño público. *El tiempo*. Consultado el 10 de marzo de 2017 en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16445286>
- World Health Organization. (2012). *World Health Organization- Medical Device*. Recuperado el 26 de 04 de 2018, de http://www.who.int/medical_devices/full_definition/en/

Sobre los autores

- **Diana C. Arévalo Gómez:** Diseñadora Industrial. Joven investigadora, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Diseño Industrial. diarevalo77@gmail.com
- **Luisa M. Becerra González:** Diseñadora Industrial, Universidad Industrial de Santander. luisamabecerra@gmail.com
- **Javier M. Martinez Gomez:** Diseñador Industrial, Esp. Gerencia y Evaluación de Proyectos, M.Sc. Informática, Ph.D. Sistemas de Producción y Diseño Industrial. Profesor Asociado Universidad Industrial de Santander, Escuela de Diseño Industrial. javimar@uis.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)