

## Portada Externa de Tesis

DISEÑO DE EQUIPO MÉDICO AUXILIAR, PARA EVALUAR  
EL ESTADO DE TEJIDOS CON TOMA DE TERMOGRAMAS  
PLANTARES EN PACIENTES DIABÉTICOS

2017

D.I. Mónica Ávila Moreno



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Maestría en Diseño e Innovación

### **Diseño de equipo médico auxiliar, para evaluar el estado de tejidos con toma de termogramas plantares en pacientes diabéticos**

Tesis  
Que como parte de los requisitos para obtener el  
grado de

Maestro en Diseño e Innovación  
con línea terminal en  
Diseño de producto

Presenta

**D.I. Mónica Ávila Moreno**

Director

Dr. Luis Alberto Morales Hernández

Querétaro, Qro. 2017

- Escudo y letras doradas
- Pastas duras color negro, tamaño carta



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Maestría en Diseño e Innovación

DISEÑO DE EQUIPO MÉDICO AUXILIAR, PARA EVALUAR EL ESTADO DE  
TEJIDOS CON TOMA DE TERMOGRAMAS PLANTARES EN PACIENTES  
DIABÉTICOS

Opción de titulación  
**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
Maestría en Diseño e Innovación

**Presenta:**  
D.I. Mónica Ávila Moreno

Dirigido por:  
Dr. Luis Alberto Morales Hernández

Dr. Luis Alberto Morales Hernández  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Epigmenio Muñoz Guevara  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera  
Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

MDI. José Héctor López Aguado Aguilar  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

M.C. José Omar Valencia Hernández  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Dr. Aurelio González Domínguez  
Director de la Facultad

\_\_\_\_\_  
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre 2017

**DISEÑO DE EQUIPO MÉDICO AUXILIAR, PARA EVALUAR EL ESTADO DE  
TEJIDOS CON TOMA DE TERMOGRAMAS PLANTARES EN PACIENTES  
DIABÉTICOS**

Por D.I. Mónica Ávila Moreno

## RESUMEN

El término *Design Thinking* destacó la importancia del diseño como herramienta creativa para promover la innovación efectiva; su importancia ha ido en aumento en la academia como en los negocios. Así, hoy en día el diseño es un área de investigación más reciente cuyos principales requisitos requieren definir los límites y las perspectivas en lo teórico. En la práctica, es necesario establecer la diferenciación de valores que hacen el objeto –innovador- de estudio deseable. El objetivo de esta tesis es demostrar que la investigación y desarrollo de la cámara térmica de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) dirigidos por el diseño, fomenta la colaboración entre investigadores del sector salud, ingenieros y diseñadores para implementar esta tecnología en un dispositivo médico que apoye en orientar a los pacientes con pie diabético en prevenir la formación de úlceras. Los conceptos aplicados para alcanzar el objetivo son "cambio radical de significado" e "intérpretes" del *Design Driven-Innovation* y la propuesta del proceso denominado "Asignificación" inspirado en el modelo de enseñanza del estudio de diseño alemán *The Dark Horse*. Para asignificar, el diseñador observa y conversa con los usuarios – paciente y médico – para familiarizarlos con la termografía, el primer grupo integrado por 2 médicos con 5 pacientes cada uno para adquirir información de actividades, herramientas, interacción en consulta y conocimiento sobre pie diabético, ésta se comparte con los ingenieros para cocrear la propuesta física del dispositivo. El segundo grupo de 30 profesionales de la salud, para interactuar en su rutina de consulta con la propuesta del dispositivo resultado de esta investigación y lo comparen con su predecesor, con la finalidad de evaluar si se genera una preferencia por el nuevo dispositivo.

**(Palabras clave:** diseño, innovación, pie diabético, termografía.)

## SUMMARY

The term Design Thinking highlights the importance of design as a creative tool in promoting effective innovation; its importance has been increasing in academia as well as in business. Thus, today design is a more recent area of investigation whose main requirements define the limits and perspectives according to theory. In practice, it is necessary to establish the differentiation of values and innovations that make the object of study desirable. This article aims to show that the Universidad Autónoma de Querétaro's (UAQ) design-led thermal camera research and development, encourages collaboration between researchers, engineers and designers to implement this technology in a medical device whose goal is to prevent the formation of ulcers in patients with diabetic foot. The concepts applied to reach the goal are "Radical change of meaning" and "Interpreters" of the Design-Driven Innovation and the process called "Asignification" inspired in the upbringing developed in Germany by *The Dark Horse* design studio. To asignificate, the designer observes and talks with users – patient and doctors – to familiarize them with thermography, the first group is of 2 physicians with 5 patients respectively in order to acquire information about behavior (use and do) and knowledge (think and say) in diabetic foot. This is shared with the engineers to co-create the housing of the device. The second group, of 30 health professionals, to interact in their consultation routine with the device proposal as a result of this investigation and compare it with their predecessor, in order to evaluate whether a preference is generated by the new device.

**(Key words:** design; diabetic foot; innovation; thermography)

A mis padres **Sara** y **Miguel** por su apoyo amoroso e incondicional en mi vida.

Al clan **Ávila-Hernández** por enseñarme a soñar y trabajar para hacerlo real.

A mis viejos y nuevos **amigos** por impulsar esta meta.

A mi **sínodo** por guiarme en esta senda de investigación.

Al **diseño** por ser mi dogma de ser.

## AGRADECIMIENTOS

En la ejecución de esta tesis se recibió la asesoría y financiamiento del director del proyecto **Dr. Luis Alberto Morales Hernández**, al igual que el **Dr. Epigmenio Muñoz Guevara**. Así como del **Dr. José Omar Valencia Hernández**, para lograr difundir los resultados de este trabajo de investigación. La **Mtra. Yerett Oliveri Rivera** y el **Mtro. Héctor López Aguado**, aportaron su orientación en la materia de diseño. Todos ellos conformaron el sínodo que hizo posible este trabajo.

A la orientación administrativa y consejo por parte del **Dr. Manuel Toledano Ayala** punto clave para finalizar el programa de Diseño e Innovación. A todos los representantes e integrantes de docencia del **Departamento de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería** de la Universidad Autónoma de Querétaro, ya que con sus actos gestaron una lección de vida durante todo este proceso.

Por último, pero no menos importante, al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por la beca recibida durante mis estudios de maestría.

# TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
TABLA DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 <i>General</i> .....	5
1.5.2 <i>Específicos</i> .....	6
1.6 TÁCTICA PARA ABORDAR LAS VARIABLES EN ESTE ESTUDIO .....	6
1.6.1 <i>En el análisis del estado del arte</i> .....	7
1.6.2 <i>En la propuesta de metodología</i> .....	8
<b>2. ESTADO DEL ARTE DE DISEÑO: IMPULSAR EL DISEÑO DE NUEVAS IDEAS. JUNTANDO ELEMENTOS DE DISEÑO .....</b>	<b>9</b>
2.1 LATINOAMÉRICA ABANDONA TENDENCIA A LA INNOVACIÓN .....	9
2.2 CAMBIO RADICAL DE SIGNIFICADO .....	10
2.3 INTÉRPRETES .....	11
2.4 LAS TRES ETAPAS DEL DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS.....	12
2.5 USABILIDAD .....	13
2.5.1 <i>Factores de Usabilidad</i> .....	14
2.5.1.1 Eficacia .....	14
2.5.1.2 Eficiencia .....	15
2.5.1.3 Fácil de aprender.....	15
2.6 HERRAMIENTAS GENERATIVAS .....	16
2.7 LOS PRINCIPIOS DE INNOVACIÓN <i>THE DARK HORSE</i> .....	17

<b>3.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE MÉDICO: DIABETES MELLITUS .....</b>	<b>19</b>
3.1	DIABETES MELLITUS TIPO 1.....	19
3.1.1	<i>Diagnóstico</i> .....	20
3.1.2	<i>Tratamiento</i> .....	20
3.2	DIABETES MELLITUS TIPO 2.....	20
3.2.1	<i>Diagnóstico</i> .....	20
3.2.2	<i>Tratamiento</i> .....	21
3.3	DIABETES GESTACIONAL.....	21
3.3.1	<i>Diagnóstico</i> .....	21
3.3.2	<i>Tratamiento</i> .....	22
3.4	PIE DIABÉTICO .....	22
3.4.1	<i>Factores para su desarrollo</i> .....	22
3.4.2	<i>Protocolo de exploración osteomioarticular</i> .....	23
3.4.3	<i>Clasificación de úlceras según la escala de Wagner</i> .....	24
3.4.4	<i>Tratamiento</i> .....	24
3.4.5	<i>Características de los termogramas de pie diabético</i> .....	25
<b>4.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE TECNOLÓGICO: REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA PREVENCIÓN Y EL TRATAMIENTO DEL PIE DIABÉTICO .....</b>	<b>26</b>
4.1	MÉTODOS DIAGNÓSTICOS INVASIVOS.....	26
4.2	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO NO INVASIVOS .....	27
4.2.1	<i>Variable de presión arterial</i> .....	27
4.2.2	<i>Variable de pérdida de sensibilidad</i> .....	28
4.2.3	<i>Puntos biomecánicos del pie</i> .....	28
4.2.4	<i>Variable de temperatura</i> .....	29
4.3	PAPEL DEL DISEÑO EN EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DISRUPTIVO.....	29
4.4	LA PROPUESTA DE TERMOGRAFÍA DE LA UAQ .....	31
4.4.1	<i>Conceptos básicos sobre termografía</i> .....	31
4.4.1.1	<i>Infrarrojo</i> .....	31
4.4.1.2	<i>Termograma</i> .....	31
4.4.1.3	<i>Aplicación</i> .....	32
4.4.2	<i>Propuestas anteriores</i> .....	32
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>
5.1	DISEÑO Y CIENCIAS SOCIALES .....	35

5.2	INNOVACIÓN Y DISEÑO .....	36
5.3	PROPUESTA DE VINCULACIÓN DE MÉTODOS .....	36
5.4	PROCESO DE ASIGNIFICACIÓN .....	38
5.4.1	<i>Entrada</i> .....	38
5.4.2	<i>Investigación de 360°</i> .....	39
5.4.3	<i>Síntesis</i> .....	40
5.4.4	<i>Conceptualización y evidencia tangible</i> .....	41
5.4.5	<i>Salida</i> .....	42
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
6.1	EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO .....	44
6.2	SELECCIÓN DE INTÉRPRETES .....	46
6.3	INTRODUCCIÓN DE LA TERMOGRAFÍA A LA CONSULTA MÉDICA .....	47
6.3.1	<i>Primeras evidencias</i> .....	48
6.3.2	<i>Primeros requisitos</i> .....	50
6.4	SEGUNDO PERÍODO DE OBSERVACIÓN CON TERMOGRAFÍA EN LA CONSULTA MÉDICA .....	51
6.4.1	<i>Segundas evidencias</i> .....	53
6.5	DESAFÍOS DE DISEÑO E INICIO DE LA INFLUENCIA .....	55
6.6	INSIGHTS .....	55
6.7	REQUERIMIENTOS .....	57
6.8	ESPECIFICACIONES .....	57
6.9	CONCEPTO .....	58
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
7.1	PROPUESTA DE TRABAJO FUTURO .....	68
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>9.</b>	<b>APÉNDICES .....</b>	<b>78</b>
9.1	FORMATOS A LLENAR EN LA EVALUACIÓN OSTEOMIOARTICULAR .....	78
9.2	CONSENTIMIENTOS INFORMADOS PARA PACIENTE Y MÉDICO .....	81
9.3	CONSENTIMIENTOS INFORMADOS PARA PACIENTE Y MÉDICO .....	83
9.4	FORMATO DE ENTREVISTA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON LA ASESORÍA DEL DR. JORGE RAÚL PALACIOS. ....	84
9.5	POSTAL DE INVITACIÓN. FUENTE: DISEÑO PROPIO .....	85
9.6	FOLLETO DE INFORMACIÓN Y SELECCIÓN PARA PACIENTES. FUENTE: DISEÑO PROPIO. ....	86
9.7	OBSERVACIONES EN CONSULTAS PACIENTES DEL 1 AL 10, DURANTE TRES MESES DE SEGUIMIENTO. ....	87

9.8	INFORMACIÓN REGISTRADA EN LOS FORMATOS LLENOS EN LOS 10 PACIENTES .....	91
9.9	CÁLCULO DE PORCENTAJE UTILIZADO DE LOS FORMATOS DE CONTROL DE PIE DIABÉTICO DURANTE LA CONSULTA. ....	94
9.10	CONCLUSIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE LOS PACIENTES TRATADOS .....	97
9.11	ANÁLISIS DE DATOS DE LA EVALUACIÓN DE AMBOS DISPOSITIVOS, VERSIÓN ANTERIOR Y NUEVA PROPUESTA.....	99
9.12	OFICIO DE SEGUIMIENTO DE REGISTRO DE DISEÑO INDUSTRIAL ANTE EL IMPI.....	101
9.13	CITA PUBLICACIÓN “ <i>INFLUENCE OF DESIGN TO IMPLEMENT A THERMOGRAPHIC DEVICE FOR PREVENTING DIABETIC FOOT ULCERATION</i> ” .....	102
9.14	PORTADA DE PUBLICACIÓN EN DM A 2017 Y UVM QUERÉTARO.....	103
9.15	CERTIFICACIONES DE NIVEL 1 Y 2, OLIMPIADAS DE LA INNOVACIÓN VERANO 2017.....	105
9.16	VÍNCULOS A LAS PUBLICACIONES DE DIFUSIÓN LOCALES Y NACIONALES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN QUE AMPARA ESTA TESIS.....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Autores y actividades influyentes en la investigación. Fuente: Elaboración propia. ....	1
Figura 1.2 La pirámide de la innovación. Fuente: adaptación de Rampino. L. (2011). ....	2
Figura 2.1 Diseño como investigación. Fuente: Verganti. R. (2009). ....	11
Figura 2.2 Interpretes. Fuente: Verganti. R. (2009). ....	12
Figura 2.3 Nuevos modelos de comercialización. Fuente: Inspirado en Globla Innovation Management Institute (2013) .....	13
Figura 2.4 Que dicen, hacen y motiva a las personas. Fuente: Sanders (2002)...	16
Figura 2.5 Métodos de innovación de la compañía. Fuente: The Dark Horse (2016) .....	17
Figura 3.1 (a) Paleta original termograma y (b) color representativo con su respectiva coordenada RGB. Fuente: Inspirado en Peregrina-Barreto, H. (2014).	25
Figura 4.1 Ejemplos de métodos diagnósticos invasivos. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Figura 4.2 Métodos no invasivos de variable de presión arterial. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Figura 4.3 Métodos de variable de pérdida de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Figura 4.4 Métodos de variable de puntos biomecánicos del pie. Fuente: Diseño propio. ....	28
Figura 4.5 Métodos de variable de temperatura. Fuente: Elaboración propia. ....	29

Figura 4.6 Ejemplos de innovación radical e incremental. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Figura 4.7 Propuesta de prototipo con FLIR A310 <sup>TM</sup> . Fuente: Vásquez. R (2013)33	
Figura 4.8 Lepton <sup>TM</sup> de FLIR y dispositivo predecesor. Fuente: Fotos propias. ....	33
Figura 5.1 Proceso de Asignificación. Fuente: adaptación “The Dark Horse” (2016). .....	38
Figura 5.2 Establecer protocolo a partir de la experiencia durante la consulta. Fuente: adaptación desde “TU Delft” (2017). ....	42
Figura 6.1 Evolución del proceso de diseño en escáner térmico para pie diabético. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Figura 6.2 Respaldo fotográfico de los pacientes 1 al 5. Fuente: Elaboración propia. .....	47
Figura 6.3 Primer dispositivo con cámara FLIR A310. Fuente: Elaboración propia. .....	49
Figura 6.4 El pie diabético visible y en termogramas. Fuente: Fotografías propias. .....	50
Figura 6.5 Respaldo fotográfico de los pacientes 6 al 10. Fuente: Elaboración propia. .....	52
Figura 6.6 Experiencia en la consulta. Fuente: adaptación desde TU Delft (2017). .....	54
Figura 6.7 Porcentaje utilizado de los formatos oficiales, en consulta de rutina. Fuente: Elaboración propia .....	56
Figura 6.8 Observaciones en campo que delimitan los requerimientos. Elaboración propia. ....	57

Figura 6.9 Bocetaje de propuestas de soporte para pies y dispositivo. Fuente: Elaboración propia. ....	59
Figura 6.10 Renders de segunda propuesta escáner térmico y soporte para pies. Fuente: Elaboración propia. ....	60
Figura 6.11 Propuesta final de dispositivo. Fuente: Elaboración propia. ....	61
Figura 6.12 Variables expresivas validadas. Fuente: Elaboración propia. ....	62
Figura 7.1 Rediseño del escáner térmico. Fuente: Elaboración propia. ....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Interacción de las áreas de –Diseño, Medicina e Ingeniería- .....	6
Tabla 1-2 Estado del arte -Diseño, Médico y Tecnológico- .....	7
Tabla 3-1 Escala de Wagner para úlceras. Fuente: Castro (2009). .....	24
Tabla 6-1 Actores de la jornada del paciente. Fuente: Elaboración propia. ....	48

# CAPÍTULO 1



# 1. INTRODUCCIÓN

El diseño es inherente a cualquier desarrollo humano. Todo lo que nos rodea es el resultado de la creación e inventiva de las personas y la fuerza empresarial. El proceso de diseño ha llevado a la investigación con el propósito de documentar cómo aplicar la creatividad en la creación diaria de productos o servicios competitivos. Entre estos aspectos se encuentra el diseño centrado en el usuario de Donald Norman en 1993, luego se traslada al diseño emocional también de Norman en el 2004, y el *Design-Driven Innovation* propuesto por Roberto Verganti en 2003.

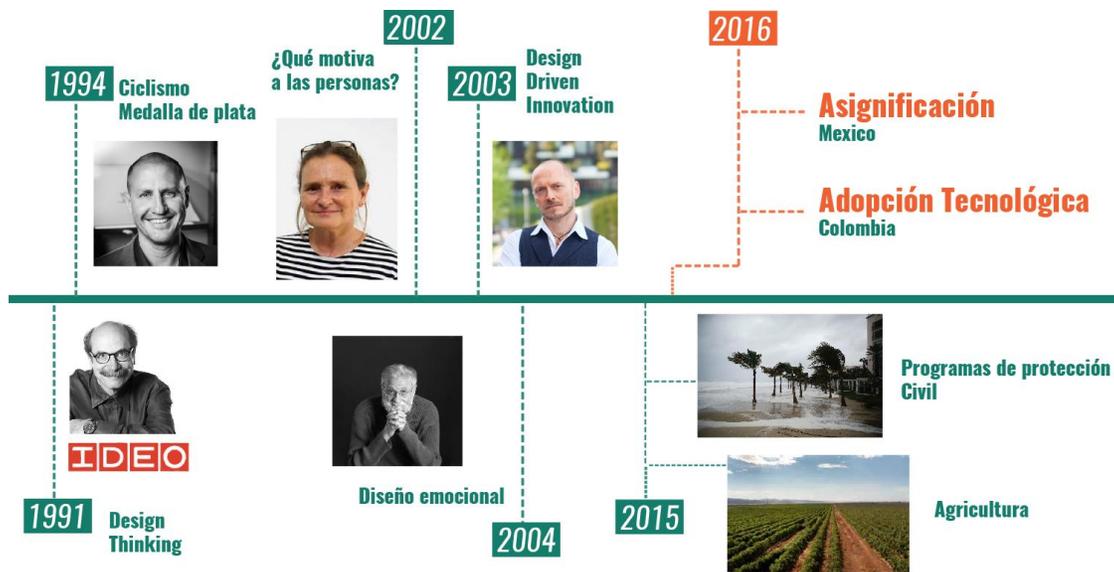


Figura 1.1 Autores y actividades influyentes en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Todas las propuestas de investigación sobre los procesos cognitivos de diseño y comportamiento social son clasificadas dentro del *Design Thinking*, un término popularizado por su aplicación en el desarrollo de negocios por la empresa IDEO fundada por David M. Kelley en 1991. Estos teóricos del diseño convergen hacia la jornada desde la forma a la función a través de tres variables principales: morfología, tecnología y usabilidad. Sin embargo, Verganti y Norman están de acuerdo en la

fortaleza del vínculo entre el mensaje y las emociones para proponer a los usuarios lo que prefieren consumir, a través de un significado. (Zampollo, 2015), así vinculando las experiencias y las características intangibles se amplía el campo de la innovación (Malaver, Pérez, & Rodríguez, 2016) que tiene por objetivo crear nuevo valor, ilustrados en la línea del tiempo de la figura 1.1.

En lingüística, el significado se define como la manera de expresar o de representar un concepto (Real Academia Española, 2016), entonces "Asignificación" es el acto de romper con las representaciones de conceptos establecidos; Verganti afirma que el discurso de diseño es el resultado de la interpretación de diferentes lenguajes culturales. Entonces los "Intérpretes" o agentes de cambio comparten información y experiencia de su estudio en los diferentes contextos que llevan a la resignificación de los valores percibidos por los clientes. Por lo tanto, es posible conceptualizar objetos o servicios que la gente desea como muestra Rampino (2011) en la "pirámide de la innovación" (pág. 13) en la figura 1.2.

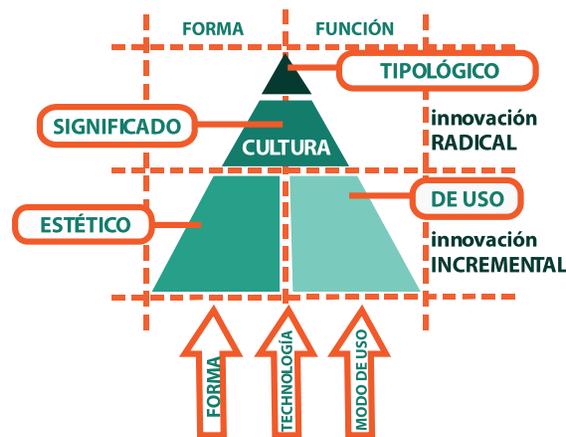


Figura 1.2 La pirámide de la innovación. Fuente: adaptación de Rampino. L. (2011).

Diseño entonces no se trata sólo de generar ideas, es una estructura de pensamiento para responder a dos preguntas sencillas ¿Qué? Y ¿Cómo? Entonces la interrogante, ¿Dónde hay espacio para innovar o diseñar?, se convierte en la actividad intangible del diseñador que dará la respuesta a través de nuevos ¿Cómo? Y ¿Qué? a través de nuevas experiencias y significados (Dorst, 2015).

Esta característica del diseño se promueve como alternativa para solucionar problemas complejos en campos por mencionar algunos ejemplos como los deportes, para ganar más medallas, mezclando el pensamiento del diseño con el entrenamiento deportivo (Coyle, 2017); en la economía y la administración, es necesario aplicar diseño para romper los paradigmas de los índices de capacidad de innovación basados en los niveles tecnológicos (Malaver et al., 2016); también en la reforma de implementación y desarrollo de programas en materia de protección civil en zonas urbanas afectadas por huracanes (Ovink, 2015); otro nuevo nicho de actividad para el diseño es en el desarrollo de la agricultura (Yagita y Shirasaka, 2015). En el campo de la investigación, el diseño es una herramienta eficaz para la adopción de tecnología y la promoción de nuevos productos, servicios, procesos y sistemas (Matarranz, 2012).

Este último ejemplo es el objetivo de esta investigación y demuestra como el diseño influye en la adopción de una tecnología, así como en el desarrollo de un dispositivo, para apoyar a los pacientes diabéticos, en fomentar cuidados para minimizar la formación de úlceras en los pies; al determinar las variables que afectan la confiabilidad de un dispositivo con tecnología termográfica se propone un equipo no invasivo, con mayor efectividad a los métodos tradicionales de diagnóstico.

## **1.1 Descripción del problema**

Se seleccionó el diseño de un dispositivo médico auxiliar para prevenir la formación de úlceras en pacientes con pie diabético, ya que la prevalencia de Diabetes *Mellitus* tipo 2 (DM2) tiene 6.400.000 casos en México; una de cada tres muertes se debe a esta enfermedad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016). La ausencia de síntomas en la fase temprana es la principal desventaja en la detección oportuna del pie diabético, lo que causa complicaciones graves en la salud como la amputación de las extremidades inferiores (Ojeda et al., 2012). El 20% de los pacientes diagnosticados con DM2 desarrollarán úlceras debido a factores de riesgo como la mala calidad de la dieta, la obesidad, la depresión y el estrés que acelera el desarrollo de la enfermedad (Pérez, Villalpando, Shamah, & Méndez, 2014).

El pie diabético es de tres tipos cuya clasificación depende si se vincula a una infección -en tejidos que afecta seriamente los huesos, los nervios y la sangre-, a una obstrucción y deterioro en las arterias –padecimiento isquémico- o un daño en los nervios –padecimiento neuropático- así cada uno muestra características particulares para su diagnóstico. Las variaciones de temperatura son una característica revelada en los termogramas como áreas visibles frías o calientes, por este motivo con el fin de participar en la prevención de formación de úlceras plantares en pacientes diabéticos se propone el desarrollo de una nueva propuesta de escáner termográfico para ser utilizado en la consulta médica de rutina.

## **1.2 Justificación**

Con el fin de contribuir a la solución de este problema, se han realizado numerosas investigaciones para desarrollar métodos más avanzados de diagnóstico y control de la diabetes. Los médicos constantemente se capacitan o actualizan en herramientas e igualmente en nuevas propuestas de investigación sobre la diabetes y sus padecimientos; en el campo tecnológico siempre hay nuevos dispositivos con características más avanzadas con una mayor tendencia hacia brindar apoyo al paciente en el cuidado y autocontrol de este padecimiento.

El sector salud tiene un gran reto a nivel mundial ya que a pesar de todo este campo de actividades médicas y tecnológicas la incidencia de la diabetes crece año con año.

Por este motivo es esencial el enfoque del diseñador, con la finalidad de recuperar la objetividad en la propuesta de un nuevo escáner termográfico, bajo las premisas de no ver a los usuarios como costales de problemas a los cuales hay que rescatar; la complejidad de las interfaces tecnológicas no es sinónimo de aceptación en la vida cotidiana por los consumidores y en un mundo llenos de propuestas, dirigirse a través de una creatividad significativa inspirada en las acciones así como las motivaciones de las personas (Verganti, 2017).

### **1.3 Pregunta de investigación**

La demanda de captura de mercado, implementar programas efectivos en cortos períodos de tiempo y la creación de propuestas de valor, ha puesto los ojos sobre la actividad del Diseño gracias a soluciones para todas estas demandas a través de la innovación abierta, *crowdfunding*, tecnologías abiertas y el diseño centrado en el usuario, por esto sin precedentes tenemos a la mano propuestas novedosas e infinitas.

Vivir en un mercado saturado de ideas hace del diseño una herramienta efectiva para crear valor a una tecnología desarrollada para el área médica, objetivo del presente trabajo. También fomentar el trabajo en equipos transdisciplinarios; compartir la información generada por la investigación de empresas y universidades.

Por lo tanto, la pregunta que se plantea en esta tesis es: ¿Cómo influye el diseño en la adopción de una tecnología e implementación de la nueva herramienta de escáner termográfico?, Para su uso en la consulta médica de rutina en pacientes diagnosticados con DM2, que son propensos a la formación de úlceras en los pies.

### **1.4 Hipótesis**

El diseño de un escáner termográfico que considera factores de usabilidad aumenta la comunicación efectiva paciente-médico, al detectar tejido dañado de manera instantánea a través de imágenes y propicia su uso en la consulta médica de rutina en pacientes diagnosticados con Diabetes *Mellitus* tipo 2.

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 General**

Diseñar un equipo médico auxiliar no invasivo, para mejorar la toma de termogramas e incrementar su efectividad para evaluar el estado de tejido plantar en pacientes diabéticos.

### 1.5.2 Específicos

1. Analizar el procedimiento de exploración para la detección temprana de pie diabético.
2. Determinar las variables externas críticas que afectan la confiabilidad de los termogramas.
3. Aplicar los requerimientos técnicos para operación del equipo.
4. Propiciar las condiciones ideales para la toma de termogramas.
5. Proponer el diseño del equipo bajo criterios de usabilidad, principalmente en cuanto a eficacia, eficiencia y facilidad de aprender a utilizarlo.
6. Plantear el protocolo de toma de imágenes termográficas.
7. Proponer un dispositivo de termografía para diagnóstico plantar.

### 1.6 Táctica para abordar las variables en este estudio

Debido a la interacción del área médica, tecnológica y de diseño para el desarrollo de esta tesis, la estructura del presente documento se divide en cada una de sus secciones, bajo las tres perspectivas requeridas para el análisis teórico de la misma manera que para la validación de la información requerida, en la nueva propuesta del escáner termográfico. En la siguiente tabla 1-1 se muestra los puntos en común de las áreas actoras mencionadas y el territorio de oportunidad del diseño.

**Tabla 1-1 Interacción de las áreas de –Diseño, Medicina e Ingeniería-. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Concepto</b>	<b>Medicina</b>	<b>Diseño</b>	<b>Ingeniería</b>
Comportamiento			
Usuario			
Forma			
Función			
<b>Significado</b>			

A continuación, se describe cada sección de acuerdo con los requerimientos al igual que las aportaciones de cada área y la interacción de éstas para lograr el objetivo de la presente investigación.

### 1.6.1 En el análisis del estado del arte

Se comienza por las aportaciones del Diseño con la finalidad de actualizar el conocimiento en sus métodos, su perspectiva en la interacción con la tecnología e innovación, además de definir los conceptos involucrados en el desarrollo de este estudio para lograr vincular las tres áreas exitosamente. La siguiente área es las aportaciones del sector Médico, se informa sobre las características de padecimiento de la diabetes y sus síntomas, se clasifica los tipos de pie diabético, al final se complementa con la descripción de la rutina de auscultación de los pies en la consulta de seguimiento de pacientes diabéticos.

Por último, se hace una revisión de la tecnología para la prevención y el tratamiento del pie diabético con el objetivo de reconocer las aportaciones propuestas en el mercado, se explica también el concepto de ingeniería sobre la termográfica, para describir las propuestas anteriores del departamento de mecatrónica. En la siguiente tabla se resumen los conceptos relevantes de cada área para esta sección.

**Tabla 1-2 Estado del arte -Diseño, Médico y Tecnológico-. Fuente: Elaboración propia.**

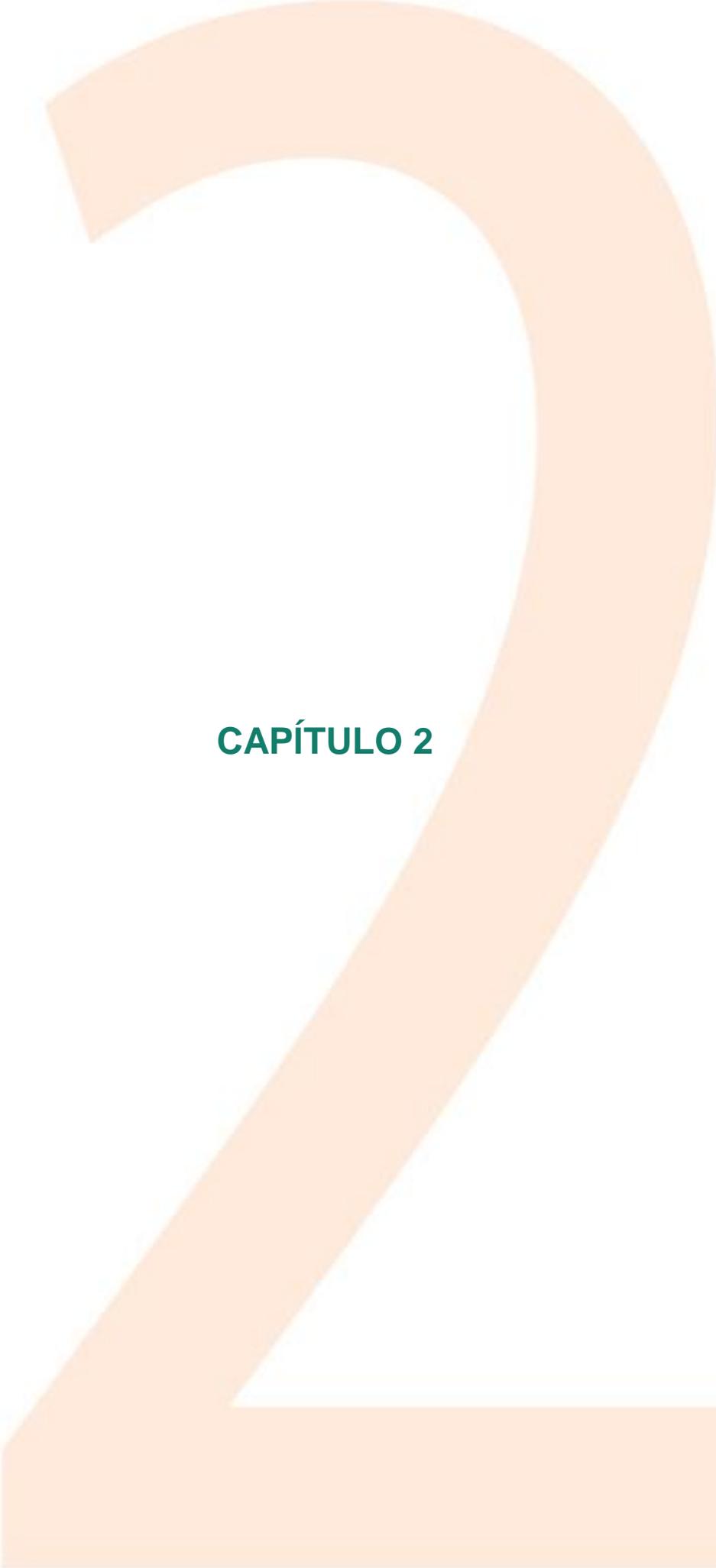
<b>Medicina</b>	<b>Diseño</b>	<b>Tecnología</b>
¿Qué es la diabetes?	¿Cómo innovar?	¿Qué tecnología se ha desarrollado para el tratamiento del pie diabético?
¿Qué es el pie diabético?	¿Cuál es la aportación del diseño con respecto a otras áreas?	¿Qué es la termografía?
¿Cuál es la rutina en consulta para su diagnóstico y tratamiento?	¿Cuáles son los conceptos a utilizar para seleccionar el método?	¿Qué caracteriza la tecnología desarrollada en la UAQ?

### 1.6.2 En la propuesta de metodología

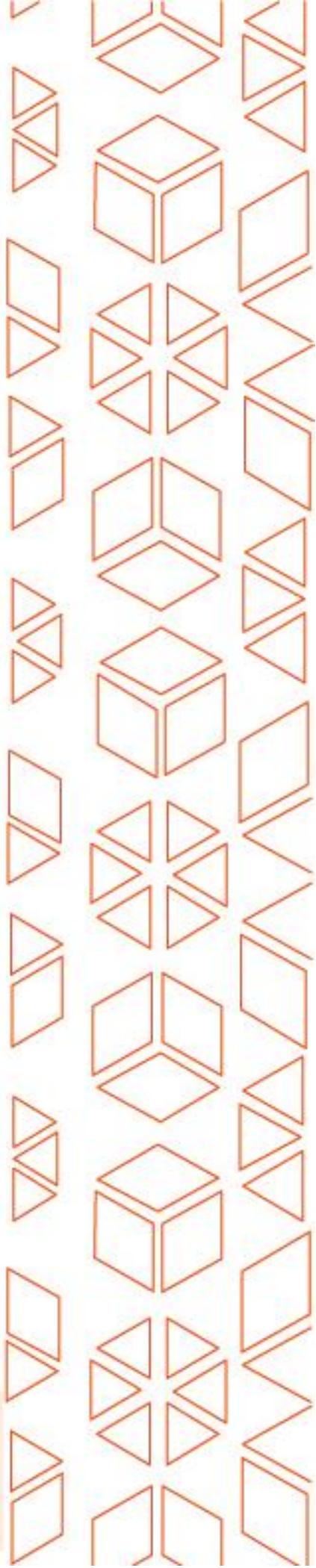
La selección de métodos y la forma de ser aplicados es el resultado de la investigación teórica paralela a la interacción con los actores involucrados, de esta manera se verifica si los conceptos se aplican al contexto de trabajo o es necesario otra estrategia para aplicar la investigación.

En este apartado en particular, la habilidad del diseñador para generar vínculos entre médicos, ingenieros y expertos en el tema garantiza horas de trabajo práctico. Las principales influencias del enfoque de Diseño en esta sección son el estudio *The Dark Horse* practicante del *Design Thinking (DT)* y el teórico Roberto Verganti que postula la corriente del *Design-Driven Innovation (DDI)*. Ambas perspectivas tienen puntos de encuentro principalmente en el trabajo con los usuarios, sin embargo, la decisión de trabajar a favor del *DDI* es su exigencia de equilibrar los datos obtenidos entre los usuarios, las áreas técnicas médica y tecnológica, la selección de expertos al igual que la proyección a futuro todo esto a través del valor de Significado, es decir el diseñador vive la empatía en carne propia quedando al centro del sistema, aplicando términos estratégicos como resultado de la interacción con los lenguajes de todos los involucrados.

En este capítulo se busca determinar los términos estratégicos, resultados de las acciones y motivaciones de los involucrados en el área médico e ingenieril para configurar la nueva propuesta. Así se origina el método denominado “Asignificación”, el cual consta de cinco etapas: Entrada, Investigación 360, Síntesis, Conceptualización/Pruebas tangibles y Salida.



**CAPÍTULO 2**



## **2. ESTADO DEL ARTE DE DISEÑO: IMPULSAR EL DISEÑO DE NUEVAS IDEAS. JUNTANDO ELEMENTOS DE DISEÑO**

Bajo el esquema propuesto para resolver problemas contemporáneos por Kees Dorst en su libro *Frame Innovation: Create new thinking by design*. El diseño se caracteriza por estar abierto sin límites, complejo porque está inmerso en muchas relaciones y elementos, dinámicos ya que están cambiando con el paso del tiempo y se conectan en red entre las organizaciones. Por lo tanto, el método de diseño es no lineal, es iterativo, y cada etapa se nutre constantemente con nuevas actividades que generan conocimiento de interés para el diseñador. Ya no se pueden resolver con rutinas de confianza. En veinte años las disciplinas de diseño se han desarrollado considerablemente por lo que sus técnicas han madurado para ofrecer una alternativa a las estrategias de solución de problemas y reemplazar la tendencia de los diseñadores a "hacer cosas estéticamente atractivas", aunque algunos en el gremio no están interesados en dejarlo (Dorst, 2015).

### **2.1 Latinoamérica abandona tendencia a la innovación**

En 2010, la encuesta de innovación comunitaria (CIS) llevada a cabo por el índice europeo de innovación revela la limitación de la verificación de la innovación en países como América Latina, excluidos de la industria de alta tecnología; no se consideran los sectores de la tecnología media y baja, aunque éstas son las principales fuentes de estos países. La perspectiva del manual de Oslo (OCDE, 2005) relega el Diseño a aspectos formales, tangibilidad, apariencia o participación en la funcionalidad, el uso y el rendimiento del producto. Al igual que CIS, hay conceptualizaciones y mediciones de la innovación en diferentes países, que no describen adecuadamente la relación diseño-innovación que es el factor central en la humanización de las tecnologías. Sin embargo, el Diseño se cumple como un proceso para generar innovación en esta área geográfica (Arundel, Bordoy, & Kanerva, 2008; Salter & Tether, 2006). No se ha reconocido la capacidad de

identificar, asimilar y aplicar el conocimiento existente de la innovación por las empresas latinas en su contexto, lo que exige adaptarse a la intervención del diseño y la ingeniería (Malaver et al., 2016). Dado que las actividades de Diseño son absorbidas por otras actividades como la I+D, en el ámbito tecnológico; en el campo académico han surgido propuestas como el uso y la interacción, la acción y la innovación impulsada por el usuario como alternativas al *Technology Push*.

## **2.2 Cambio radical de significado**

Este concepto indica el punto donde se unifican los procesos de diseño, para generar propuestas infinitas después de responder a las preguntas, ¿Cómo llegar a la solución que rompe con las normas establecidas? ¿Cómo generar nuevos significados? Proyectar el objeto de estudio en un marco que vincule las tendencias futuras con el presente, y vincule las emociones que generan nuevas experiencias. Cada vez que vivimos experiencias desconocidas, nuestra percepción se expande, generando nuevos conceptos. Para generar una innovación radical o disruptiva es necesario liberarnos del diseño centrado en el usuario, no es incorrecto este aspecto, sino es una fase del proceso de diseño; aquí en este punto, el objetivo del *Desing-Driven Innovation* (DDI) se entrelaza con lo que es un proceso de investigación para generar experiencias desconocidas. Obteniendo los significados radicales que buscamos expresar, aplicamos el diseño centrado en el usuario para mejorar los conceptos y finalmente con las herramientas del diseño industrial materializamos estos nuevos significados. Estos niveles de investigación en el área de diseño se ilustran en la figura 2.1 a continuación (Verganti, 2009).

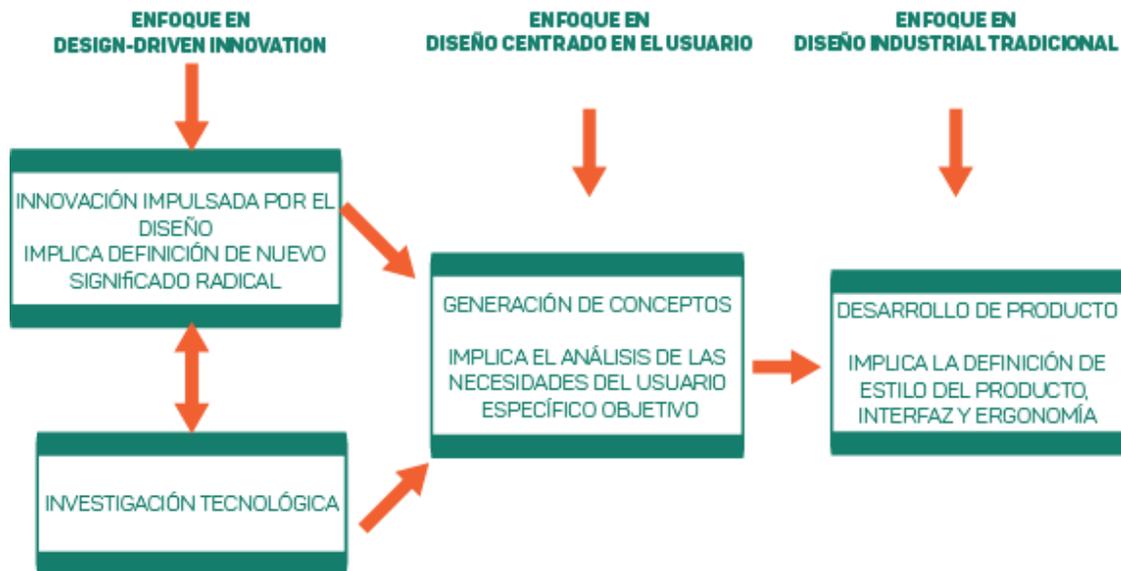


Figura 2.1 Diseño como investigación. Fuente: Verganti. R. (2009).

### 2.3 Intérpretes

Los actores que interpretaron los fenómenos que nos interesan, a través de sus diferentes productos, sus diseños son llamados intérpretes por Roberto Verganti. Debido a que el diseño es un producto de la cultura, los diseñadores no trabajan solos todos los fenómenos están siempre inmersos en la investigación colectiva como se ilustra en la figura 2.2.

Científicos generan conocimientos primarios entonces los técnicos recogen la investigación para ser aplicados como productos, pero los intérpretes influyen el punto de vista y el comportamiento de la gente como consumidores, ellos asignan objetos y los hacen deseables. Para elegir a los intérpretes es necesario crear un enlace basado en el interés del fenómeno de la investigación y el proyecto disruptivo en lugar de dinero nuestra experiencia de significado puede ser ofrecida, así como conocimientos tecnológicos, herramientas de prueba tales como libros, papeles, productos conceptuales y presentaciones. Los intérpretes son tan importantes en el discurso del diseño porque conocen otras maneras diferentes de persuadir a la gente para dar nuevos significados a los productos (Sigolotto, 2010).

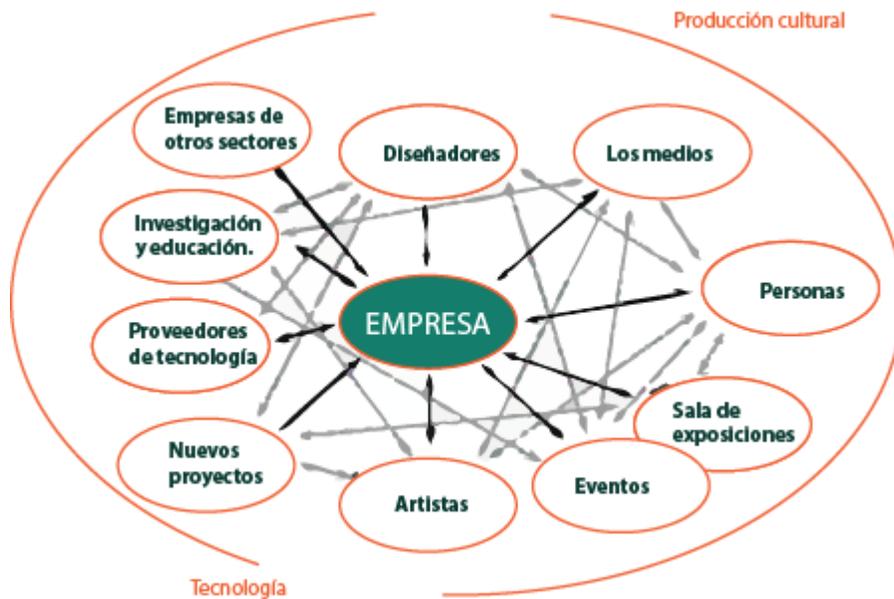


Figura 2.2 Interpretes. Fuente: Verganti. R. (2009).

## 2.4 Las tres etapas del desarrollo de los productos

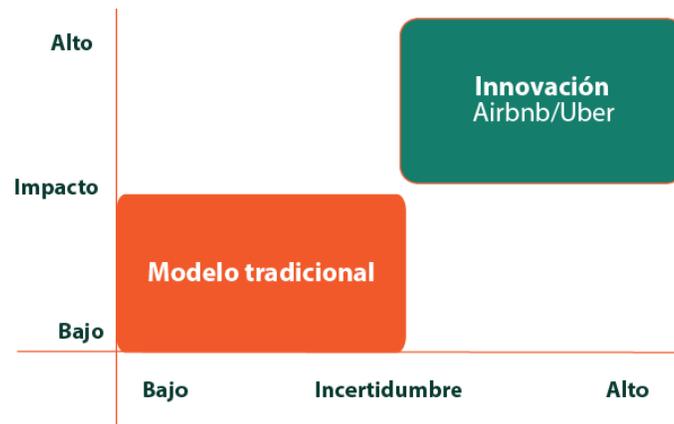
El diseño juega un papel activo en las tres etapas principales de Malaver y de Vargas para desarrollar productos:

1. Surgimiento de la idea y conceptualización
2. Materialización
3. Marketing y comunicación.

Es bien sabido que el valor del producto se define en la etapa de conceptualización, que es la mayor contribución del diseño al utilizar el lenguaje para generar un nuevo mensaje antes de la tecnología (Verganti, 2008).

El primer desafío de este proyecto es participar activamente durante la primera etapa de identificación y traducción de las necesidades de los consumidores en el sector de la salud en una herramienta médica que pueda ser capaz de hacer frente a las necesidades con los avances tecnológicos generados por la termografía de la UAQ. La segunda etapa del desarrollo del producto, denominada materialización, es la más reconocida por el sector de la innovación debido a su plan, modelos y prototipos. Finalmente, el tercero se centra en el marketing, además del *packaging*

o la publicidad. El diseño requiere propuestas para nuevos modelos de interacción, nuevas experiencias de consumo con el producto o marca (Creusen y Schoormans, 2005). En la figura 2.3 se ejemplifica con Uber o Airbnb, Inc. una nueva forma de comercialización en el modelo *Start-up*, cuyo nivel de incertidumbre en el concepto propuesto es alta y además está vinculada con tendencias emergentes de alto impacto, ambos factores responsables de su éxito.



**Figura 2.3 Nuevos modelos de comercialización. Fuente: Inspirado en Globla Innovation Management Institute (2013)**

En esta etapa, el segundo reto de este proyecto es validar la aceptación del producto. La propuesta para validar cómo el diseño influye en un implemento tecnológico es desarrollar un ensayo de dispositivo mediante el establecimiento de cuál es el valor del producto y la nueva experiencia del consumidor de la idea propuesta. Las herramientas de conceptualización pueden ser un prototipo de presentación, un manual de usuario, instrucciones de mantenimiento, entrada de proveedores, un folleto y video promocional.

## 2.5 Usabilidad

Desde 1988 Donald Norman remarca que un usuario puede vincular la facilidad de uso de un producto sólo por su apariencia; en el diseño tradicional, anterior al surgimiento del diseño centrado en el usuario, el término usabilidad se relacionaba únicamente con factores ergonómicos como medidas del cuerpo y posiciones

corporales para sujetar, cagar, operar, sentarse o usar un producto (March, A., 1994). El diseño al poner en la mira al usuario se involucra en las actividades humanas para abarcar también los aspectos cognitivos presentes en la interacción y el uso de un producto; los aspectos emocionales y las percepciones de las personas al momento de usarlo. Todos estos aspectos indirectos fortalecen los aspectos operacionales permitiendo al diseñador resolver el discurso para comunicar el mensaje en un producto inexistente hasta este momento (Gutiérrez M., 2008).

### 2.5.1 Factores de Usabilidad

Para el desarrollo de productos tecnológicos con interfaces gráficas, medio por el cual los usuarios manipula el software para ejecutar una tarea, se han englobado los factores de usabilidad en cinco principales de tal forma que sean los mínimos requeridos para crear una propuesta con mayores probabilidades de adopción por el mercado. A continuación, se establece una definición de los tres factores con mayor peso, en el desarrollo de este estudio de diseño para el desarrollo del concepto del escáner termográfico entregable de esta investigación.

#### 2.5.1.1 *Eficacia*

Que los usuarios ejecuten metas específicas con exactitud e integridad es el concepto de eficacia, con observación de la interacción del usuario con la interfaz, se verifica si los objetivos se cumplen exitosamente a la par de si todas las tareas están correctas también. Si una interfaz es eficaz a menudo depende en la presentación de las opciones de forma clara y comprensible para los usuarios (Money et al., 2011). Los mejores usuarios trabajan con familiaridad en una interfaz informativa, en su propio lenguaje y ajustada con la práctica de sus tareas. Los nuevos usuarios deben ser apoyados con opciones intuitivas con explicaciones en el momento que lo requieran.

### *2.5.1.2 Eficiencia*

Este concepto está directamente vinculado con la métrica del total de recursos usados en la ejecución de la tarea, ejemplos de estas métricas son: el tiempo total para lograr el trabajo completo, un comando solamente o número de clics requeridos en cada operación. La velocidad que los usuarios requieren para completar las tareas es lo que se denomina eficacia (Money et al., 2011).

Para lograr diseñar un software eficiente es necesario tomar a consideración el nivel de comprensión y el estilo de trabajo de los usuarios, como si son eventuales o habituales a interactuar con el sistema. Por esto son más comunes interfaces con opciones jerárquicas pues permiten a usuarios de una sola vez familiarizarse con las opciones para completar su tarea deseada. Sin embargo, los atajos en opciones de diferentes niveles apoyan a los usuarios que trabajan con el sistema con frecuencia.

### *2.5.1.3 Fácil de aprender*

Es el reto de crear una interfaz gráfica fácil de aprender, es mantener el equilibrio entre novedoso a la par de uso prolongado por parte de los usuarios. El entorno de trabajo es fuente de cambios en lo que pueda requerir el usuario después de un período de trabajo con el sistema, también los procesos en el trabajo exigirán nuevas funcionalidades en el sistema o nuevas opciones. El diseño de estos recursos debe fundamentarse en el conocimiento previo adquirido por los futuros usuarios, sobre otros sistemas o patrones de interacción con herramientas en su rutina; los elementos de diseño se colocan en opciones y funciones familiares como posiciones predecibles para interactuar con la interfaz. Además, si se proponen nuevas funciones estas deben integrarse naturalmente a las acciones del usuario para cumplir con este concepto de usabilidad (Money et al., 2011).

## 2.6 Herramientas generativas

Las diferentes formas de acceder a la experiencia han evolucionado con el tiempo. Los métodos tradicionales de investigación de diseño se centraron principalmente en la investigación observacional (es decir, mirando lo que la gente hace y utiliza). Los métodos tradicionales de investigación de mercado, por otro lado, se han centrado más en lo que la gente dice y piensa (a través de grupos focales, entrevistas y cuestionarios).

Las nuevas herramientas se centran en las motivaciones de las personas, es decir, lo que crean con los juegos de herramientas proporcionados para expresar sus pensamientos, sentimientos y sueños. Cuando las tres perspectivas mostradas en la figura 2.4 (lo que la gente dice, hace, y lo que la motiva) se exploran simultáneamente, uno puede comprender más fácilmente y establecer empatía con las personas que utilizan los productos y los sistemas de información (Sanders, 2002).

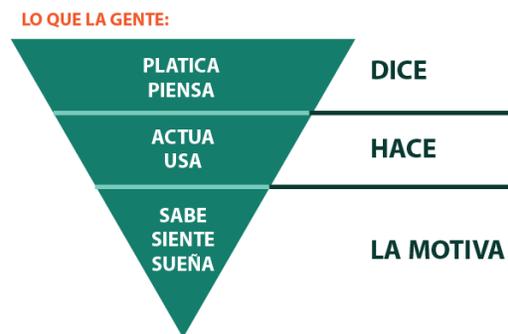


Figura 2.4 Que dicen, hacen y motiva a las personas. Fuente: Sanders (2002).

## 2.7 Los principios de innovación *The Dark Horse*

*The Dark Horse* es un estudio alemán, ubicado en Berlín, integrado por 30 cofundadores de 25 disciplinas diferentes que trabajan sin jerarquía, unidos por la confianza y la curiosidad. Proponen un concepto de empresa que evoluciona constantemente con el cambio de condiciones.

Cuyos métodos de innovación los representan en el siguiente esquema de la figura 2.5. Se especializan en enseñar *Design Thinking* (DT), ofrecer servicios de diseño bajo la cultura del *hacking* promoviendo la idea de innovación a través de hacer algo diferente a lo tradicional.

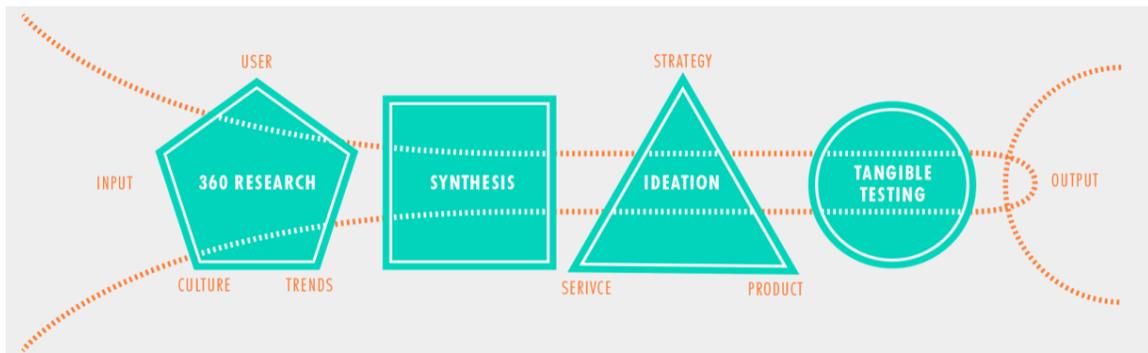


Figura 2.5 Métodos de innovación de la compañía. Fuente: The Dark Horse (2016)

Romper con los significados es la base de su negocio. Lo aplican para innovar productos y servicios, para impartir sus talleres y servicios de consultoría además para desarrollar sus herramientas de innovación. Romper con los significados es el diseño como una cultura para resolver problemas que no han sido diseñados. Para lograr estos objetivos tiene ocho principios:

1. La innovación es una forma de pensar, no una unidad de negocio.  
La interacción empresas-consumidores acelera el surgimiento de ideas.
2. La acción vence a la discusión.  
La incertidumbre del futuro remarca la importancia de prototipos rápidos, para ahorrar tiempo y dinero en la producción final.
3. Para mentes abiertas, espacios abiertos.

Resalta la importancia de espacio creados para la producción creativa para sus clientes y ellos.

4. ¡Porque no!

Ellos buscan la manera de hacer que suceda.

5. La experiencia del mañana son los fracasos de hoy.

El trabajo basado en la experimentación y métodos iterativos reduce el nivel de riesgo, con soluciones espontaneas.

6. Las ventas están en el camino de las buenas observaciones.

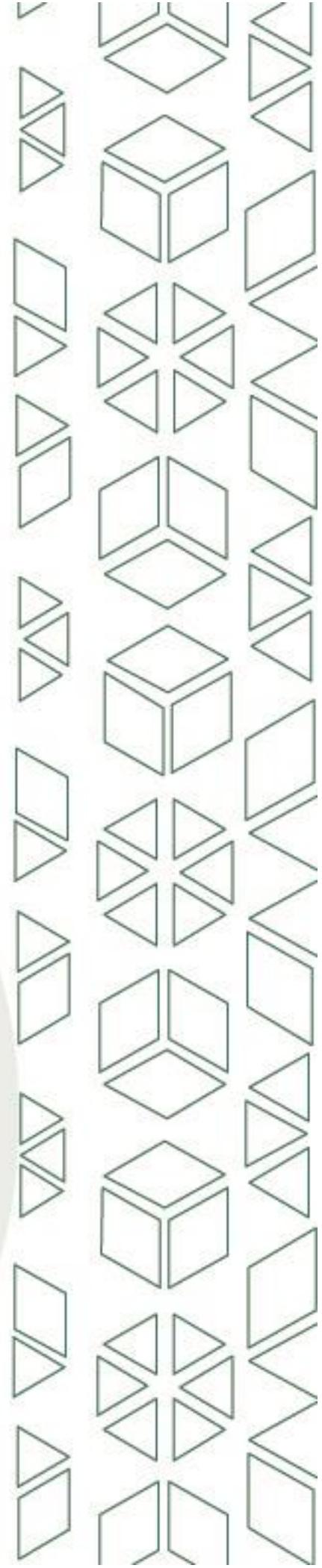
7. Lo interdisciplinario ensancha las perspectivas.

8. El fin califica los medios.

Promueven la digitalización para la integración de productos y servicios.



## CAPÍTULO 3



### **3. ESTADO DEL ARTE MÉDICO: DIABETES *MELLITUS***

La Diabetes *Mellitus* o diabetes, es una enfermedad crónico-degenerativa que se presenta cuando el páncreas no produce insulina, o bien, la que se produce no es utilizada de manera eficiente por el organismo; ésta es la hormona responsable de que la glucosa de los alimentos sea absorbida por las células y dotar de energía al organismo (*International Diabetes Federation [IDF], 2013*).

El páncreas es un órgano que se localiza por detrás del estómago y produce distintas sustancias para la digestión y aprovechamiento de los nutrimentos. La insulina se produce específicamente en una región del páncreas llamada “Islotes de Langerhans” dentro de la “células beta” y se libera de acuerdo a las necesidades del organismo con el objetivo de mantener la glucosa en niveles seguros (*Asociación Mexicana de Diabetes [AMD], s.f.*).

Existen distintos tipos de diabetes con causas diversas, los tipos más comunes de diabetes son:

- Diabetes tipo 1
- Diabetes tipo 2
- Diabetes gestacional

#### **3.1 Diabetes *Mellitus* tipo 1**

Se denominaba antes como diabetes juvenil, insulino-dependiente y/o sacarina. La DM1 es un padecimiento de origen autoinmune, esto quiere decir que las células beta del páncreas (encargadas de producir la insulina), son ignoradas y destruidas por el propio sistema inmunológico (anticuerpos encargados de protegernos contra virus, bacterias y enfermedades). El proceso de deterioro es gradual y los síntomas comienzan cuando la mayor parte de las células beta del páncreas ya han sido anuladas (*IDF, 2013; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015*).

### 3.1.1 Diagnóstico

Se observa el cuadro clínico con las características de aumento de frecuencia urinaria, visión borrosa, sed, hambre y baja de peso sin aparente razón, sin embargo, también puede padecerse obesidad; dolor además entumecimiento en las extremidades en casos avanzados se presenta vómito y pérdida de conciencia ya que el cuerpo está expulsando el exceso de glucosa en la sangre. El estudio aplicado consiste en ingerir una bebida con 75g de glucosa al pasar dos horas se mide la hemoglobina glucosilada (HbA1C) con un examen sanguíneo (IDF, 2013; OMS, 2015).

### 3.1.2 Tratamiento

En la Diabetes *Mellitus* tipo 1, como consecuencia del ataque autoinmune la insulina es deficiente ya que está circulando en el torrente sanguíneo sin ser absorbida por las células, es necesario entonces administrar insulina por medio de plumas, jeringas o microinfusoras; el padecimiento de pie diabético es poco frecuente en la DM1, sin embargo, ya se han registrado casos en menores de 18 años (Dirección General de Epidemiología [DGE], 2013).

## 3.2 Diabetes *Mellitus* tipo 2

Se denominaba antes como diabetes sacarina no dependiente de la insulina, representa el 90% de la población diagnosticada con diabetes, se caracteriza por la secreción inadecuada de insulina y la resistencia a esta hormona. La DM2 era propia de adultos ahora se está presentando casos en jóvenes y niños (IDF, 2013; OMS, 2015).

### 3.2.1 Diagnóstico

Es relaciona con la obesidad frecuentemente debido a la falta de actividad física sumado a la alimentación malsana el paciente desarrolla hipertensión arterial y

dislipidemia (colesterol sanguíneo anormal) características de la población mayor a 45 años por lo cual se recomienda realizar la prueba de glucosa si se está en este cuadro clínico. A veces no se presentan síntomas por años como consecuencia se llega a fases avanzadas sin prevención o control alguno (IDF, 2013; OMS, 2015).

### 3.2.2 Tratamiento

En la Diabetes *Mellitus* tipo 2, disminuir la concentración de la glucosa en la sangre a valores normales es el objetivo del tratamiento de esta manera los síntomas se controlan para prevenir o posponer la aparición de complicaciones como el pie diabético o pérdida de la visión. Los pacientes requieren llevar una dieta y ejercicio que acompañen el antidiabético oral; realizar exámenes de control en ojos, pies además pruebas de orina son necesarios para fomentar una cultura preventiva que evita el desarrollo acelerado de la enfermedad que desencadena la muerte prematuramente (DGE, 2013).

## 3.3 Diabetes gestacional

Caracteriza un embarazo con alto índice de glucosa en la sangre, cada 25 embarazos se presenta un caso de Diabetes Gestacional que provoca complicaciones para el bebé y la madre, ambos son propensos a desarrollar Diabetes *Mellitus* tipo 2 a pesar de que desaparece seis semanas posteriores al parto. La mitad de las mujeres que presentan el padecimiento en cinco o diez años son diagnosticadas con DM2 (IDF, 2013; OMS, 2015).

### 3.3.1 Diagnóstico

Se desconoce si es resultado de la descompensación hormonal durante el embarazo que altera el efecto de la insulina; son síntomas la sed intensa (polidipsia) y el aumento de frecuencia urinaria (poliuria), sin embargo, como la frecuencia urinaria aumenta en el período de gestación es complejo discernir si es un síntoma de Diabetes Gestacional. También si el tamaño del bebé está fuera de los rangos

normales evidente en los exámenes prenatales entre las veinticuatro y veintiocho semanas de gestación los especialistas recomiendan aplicar la prueba de glucosa para descartar diabetes durante el embarazo (IDF, 2013; OMS, 2015).

### 3.3.2 Tratamiento

Para lograr un control metabólico de la glucosa en la sangre con el objetivo de disminuir complicaciones obstétricas causadas por la Diabetes Gestacional se aplica una dieta severa y ejercicio, es poco frecuente apoyar con insulina o antidiabéticos orales. Se le pide a la paciente que posterior al embarazo realizar periódicamente el examen de glucosa para llevar un expediente de control para minimizar la incidencia DM2 (DGE, 2013).

## 3.4 Pie diabético

Es un síndrome clínico de la Diabetes *Mellitus* tipo 1 y 2 ocasionado por múltiples factores, Neuropatía (sensitivo-motora), Angiopatía (circulatoria), edema y afectación de la inmunidad que condiciona al paciente a infecciones, ulceración o gangrena de los miembros inferiores. Esta afección desencadena en hospitalización o amputación disminuyendo la calidad de vida de la persona al incapacitado parcial o definitivamente (Ilker, 2015).

### 3.4.1 Factores para su desarrollo

La diabetes deteriora el sistema cardiovascular adelgazando la pared arterial además de provocar su calcificación, sin embargo, factores externos e intrínsecos propician un deterioro acelerado, en los externos están los traumatismos mecánicos como un impacto intenso en un punto que lesiona la piel como clavarse una espina, el uso de calzado inadecuado que provoca presión ligera y sostenida factor frecuente en el pie neuroisquémico; traumatismos térmicos por descansar próximo a una fuente de calor o al contrario no proteger los pies de temperaturas muy bajas; traumatismo químico provocado por agentes queratolíticos como el ácido salicílico.

Los factores intrínsecos son cualquier deformidad en el pie como la hiperqueratosis (callosidades) que son la etapa previa a una úlcera, la mitad de las lesiones que llegan con el especialista son por esta causa (Castro et al, 2009).

#### 3.4.2 Protocolo de exploración osteomioarticular

Esta exploración permite llenar tres formatos anexos en el apéndice 9.1, para valoración del grado de pie diabético y seguimiento del tratamiento médico o diagnóstico también.

Los aspectos a considerar son:

- El aspecto de forma es evaluado en pacientes con prevalencia en la primera etapa o complicaciones en la zona plantar de sus pies como la caída en el arco, dedos en forma de martillo o garra, callosidades en los puntos de presión más frecuentes al pisar o deformaciones en los huesos.
- Las características en la función como limitaciones en el movimiento de las todas las articulaciones del pie, son importantes ya que una falla biomecánica al pisar provocaría la formación de úlceras. La flexión del dorso para pacientes diabéticos debe aproximarse a los diez grados.
- El estudio queda completo con radiografías o tomografías de todas las vistas del pie en caso de ser necesario.

Posterior a la revisión física es posible diagnosticar si están en riesgo de ulceración los pies del paciente y que tipo de padecimiento se trata –infeccioso, neuropático, isquémico o por deformaciones biomecánicas- para completar el diagnóstico y asignar un tratamiento eficaz, oportuno y adecuado (Castro et al, 2009).

### 3.4.3 Clasificación de úlceras según la escala de Wagner

Las úlceras de pacientes con pie diabético son clasificadas en diferentes escalas que existen. Para estas clasificaciones con tomadas a consideración en la herida profundidad y si hay presente una infección o no. En México la escala con mayor aceptación es la escala de Wagner (Castro et al, 2009). En la tabla 3-1 se describen los valores asignados por Wagner y sus características de visibles del padecimiento.

**Tabla 3-1 Escala de Wagner para úlceras. Fuente: Castro (2009).**

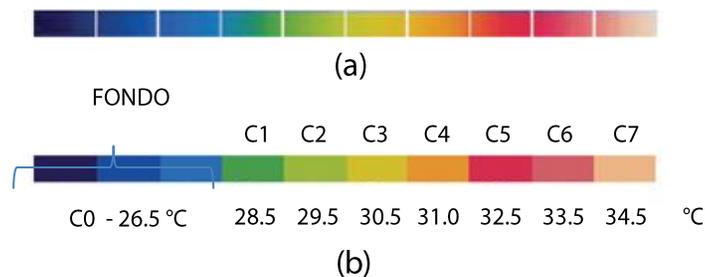
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
Grado 0	El pie no presenta úlceras de alto riesgo
Grado 1	La úlcera se encuentra en las capas de piel, otros tejidos no han sido dañados.
Grado 2	La úlcera afecta ligamentos y músculos, es profunda. No llega a hueso y no se han formado abscesos.
Grado 3	Celulitis u osteomielitis precedida por la formación de abscesos. Profunda úlcera.
Grado 4	Se ubica gangrena.
Grado 5	En todo el pie se expande una gangrena prolongada.

### 3.4.4 Tratamiento

Se prescriben para el pie diabético antiagregantes plaquetarios (evita que las plaquetas se adhieran entre sí), hipolipemiantes (desciende cifras del colesterol), vasodilatadores y control de la diabetes; cuando se presenta una úlcera se aplica un tratamiento de revascularización como es la angioplastía, puenteo o una cirugía endovascular. Si se descuida sin controlar la ulceración presentando gangrena con lesión extensa se considera amputación (Castro et al, 2009).

### 3.4.5 Características de los termogramas de pie diabético

Los termogramas al ser una evaluación cualitativa y cuantitativa muestran en una imagen la lectura de los gradientes de temperatura en una sección, en este caso particular de interés, los pies de los pacientes. El dispositivo con el que se obtienen éstas imágenes térmicas, funciona con una cámara infrarroja que incide un haz de luz sobre la sección del pie requerida, envía esta toma a una computadora que aplica un algoritmo de reconocimiento de imagen que analiza con una matriz de 250 X 250 píxeles los puntos más altos de temperatura; discrepando la segmentación de la zona del pie, basándose en los angiosomas – puntos del cuerpo donde convergen las principales arterias – así el programa asigna un color en RGB y la relación con la temperatura es como se muestra en la figura 3.1.

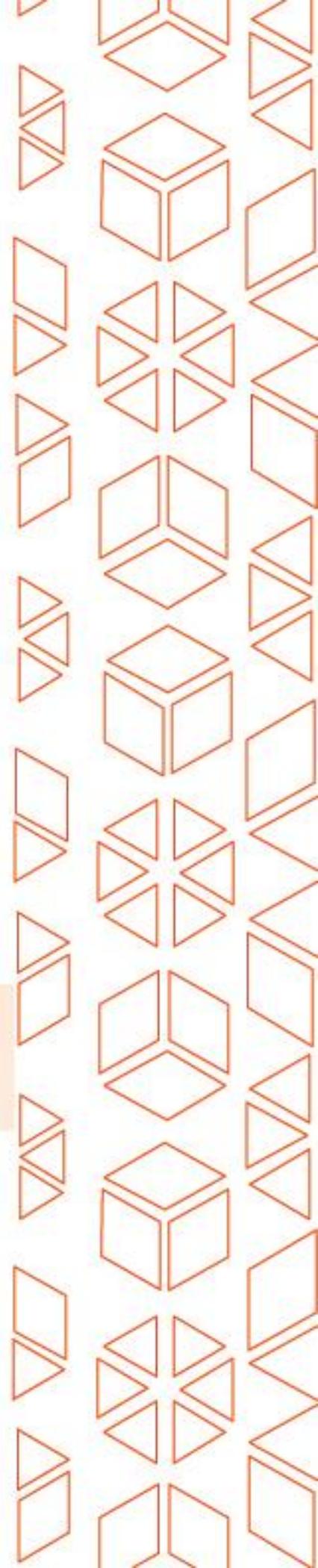


**Figura 3.1 (a) Paleta original termograma y (b) color representativo con su respectiva coordenada RGB. Fuente: Inspirado en Peregrina-Barreto, H. (2014).**

Con esta escala se orienta al Médico sobre las lecturas al momento de tomar la fotografía térmica. Pueden existir variaciones relativas si no se tiene la temperatura ambiente ideal de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ; no cumplir el período de climatización del paciente con el ambiente, ya que se requiere descalzar se sugiere 15 minutos antes de realizar la toma; otro factor de variación son los puntos de mayor temperatura ajenos al cuerpo del paciente, detectados por el equipo. Estas variaciones de  $\pm 2.2^\circ\text{C}$  (Lavery, L., 2008) deben ser tomadas a consideración, para lecturas que estén fuera de rango de temperaturas para un pie sano diabético, esto es cuando sean menores o mayores a  $[26^\circ\text{-}35^\circ\text{C}]$  (Armstrong, Lavery, Vela, Quebedeaux, & Fleischli, 1998).

# 4

## CAPÍTULO 4



## 4. ESTADO DEL ARTE TECNOLÓGICO: REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA PREVENCIÓN Y EL TRATAMIENTO DEL PIE DIABÉTICO

Como propuesta para el estudio del protocolo médico de diagnóstico de pie diabético, se pretende presentar una clasificación de los estudios más importantes a criterio del diseñador relacionados con las siguientes variables como temperatura, presión sanguínea, pérdida de sensibilidad, así como puntos biomecánicos de soporte para el pie, con la finalidad de estructurar características similares entre ellos que faciliten reconocer las aportaciones de cada producto. Para el análisis de estas variables utilizamos también la clasificación de métodos que se dividen en invasivos y no invasivos.

### 4.1 Métodos diagnósticos invasivos

Se aplica a procedimientos y dispositivos que involucran productos químicos llamados contrastes que son inyectados o herramientas para penetrar físicamente el cuerpo del paciente (COFEPRIS, 2016). Estos métodos se aplican en casos de calcificación arterial o para verificar factores etiológicos que en la mayoría de los casos terminan en cirugía debido a la falta de diagnóstico oportuno.

Entre los métodos invasivos relacionados con la variable de presión (Figura 4.1), podemos citar la arteriografía, la angiografía (CT o MRI) y la biopsia (Castro et al., 2009; Contreras, Ibañez, Roldán y Torres, 2014).



Figura 4.1 Ejemplos de métodos diagnósticos invasivos. Fuente: Elaboración propia.

Los métodos de diagnóstico invasivos fueron las únicas tecnologías en el mercado entre 1970 y 1980 (Banerjee, Beckmann, Busch, Buzzi, & Thomas, 2012; Comín, Nerín, Villarroya, Pérez & marco, 1999), y apenas han cambiado hasta el presente.

## 4.2 Métodos de diagnóstico no invasivos

Se aplica a los procedimientos y a los dispositivos donde no hay herramientas implicadas para romper la piel o para penetrar físicamente el cuerpo del paciente (COFEPRIS, 2016). Estos métodos se utilizan en las etapas tempranas del pie diabético, grado 0 y 1 según la escala de Wagner.

### 4.2.1 Variable de presión arterial

Los métodos no invasivos más conocidos relacionados con la variable de presión sanguínea (Figura 4.2) son: fotopleetismografía, el índice tobillo-braquial (ABI), ergometría y eco-Doppler. El objetivo del eco-Doppler es desarrollar un mapa arterial para decidir si la amputación se realizará en la sección superior o inferior de la pierna (Castro et al., 2009; Contreras et al., 2014; López, Dotor, Silveira, Giannetti, & Herrera, 2009).

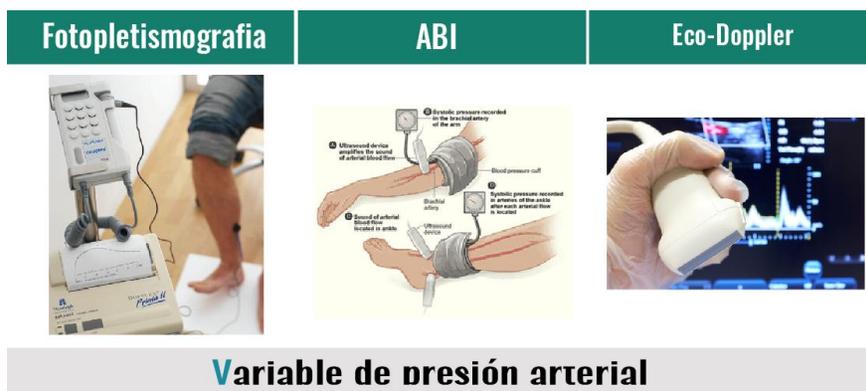


Figura 4.2 Métodos no invasivos de variable de presión arterial. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 Variable de pérdida de sensibilidad

Con respecto a estos tipos de métodos, los relacionados con la pérdida de sensibilidad variable (Figura 4.3) son el diapasón de sintonización de 128 Hz. La alternativa más actual a este tipo de herramienta es el Biotesiometer ®, un dispositivo que emite cargas eléctricas que son necesarias para evaluar la sensibilidad en el pie mediante algoritmos; Los Semmes-Weinstein monofilaments de 10 g están dentro de este grupo, también lo son (Armstrong, Lavery, Vela, Quebedeaux, & Fleischli, 1998; Castro et al., 2009; Contreras et al., 2014).



Figura 4.3 Métodos de variable de pérdida de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 Puntos biomecánicos del pie

Los métodos asociados con los puntos de pie biomecánicos (Figura 4.4) son los siguientes: simple podografía, Tempstat ® la propuesta tecnológica más viable hasta la fecha y baropodometría, en dos marcas muy comunes: F-Scan ® y Pedar-x ® (Castro et al., 2009; Júbiz, Márquez, Márquez y Brugés, 2012).



Figura 4.4 Métodos de variable de puntos biomecánicos del pie. Fuente: Diseño propio.

#### 4.2.4 Variable de temperatura

Por último, la variable de interés en esta investigación es la temperatura entre los dispositivos relacionados con los termogramas es el dispositivo Podometrics™ una red de sensores ilustrada en la figura 4.6, utilizada para analizar las variaciones de temperatura y presión en la suela del pie. Esta es una aplicación de telemedicina que fue el tema de tesis del Ing. Robert Som en 2013. Entre sus asesores se encontraba el Dr. Armstrong, pionero de la investigación en la correlación de variaciones de temperatura y condiciones de los pies diabéticos. Actualmente, este dispositivo está en la fase de comercialización a través de un *spin-off* de la Universidad de Texas. En la figura 4.5 se ejemplifica los termómetros infrarrojos como la marca GlucoQuick® también están incluidos en esta clasificación, al igual que el escáner térmico HoldPeak® Hp-950a y las cámaras térmicas como la de la marca Fingersoft®. (Hernández, Peregrina, Rangel, Ramirez, & Renero, 2015; Peregrina et al., 2014; Vilcahuaman, 2013).



Figura 4.5 Métodos de variable de temperatura. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 Papel del diseño en el desarrollo tecnológico disruptivo

La innovación de todos estos dispositivos médicos es incremental, que ha sido analizada en innumerables documentos de ingeniería en áreas biomédicas, computacionales o electrónicas. Sin embargo, si el diseño se permite dirigir el desarrollo tecnológico y la investigación, los productos representativos se conceptualizan que rompen con los métodos usuales para la prevención de los pies

diabéticos, como es el ejemplo de neuropatía <sup>TM</sup> en comparación con el mencionado dispositivo Podimetrics <sup>TM</sup> ilustrado en la figura 4.6.

*Un remiendo del pegamento claro del polietileno, que protege contra humedad ambiental del exterior. Este parche incluye otro parche en el interior impregnado con 11,56 mg de dicloruro de cobalto. Cada molécula debe reaccionar con al menos 5 moléculas de agua para cambiar su color azul inicial y volverse rosa. El cambio de color del apósito nos permite observar el desorden de la función sudomotor que nos permite diagnosticar la neuropatía autonómica periférica a tiempo. (Sánchez, de Planell, Moliné & Alvarez, 2016, p. 99).*

Producto	Neuropad	Podimetrics
Imagen		
Año/Autor	Nanosystem Pharmaceutical, 2012	Armstrong D., 2016
Impacto	Parche prueba para la detección precoz del síndrome del Pie Diabético.	Dispositivo para monitoreo de presión y temperatura diario.
Precio	800 MX	Prototipo Serie B/No indicado
Clasificación	Prediagnóstico	Prediagnóstico
Escala Wagner	0 y 1	0, 1 y 2
Medidas	0.04x2x2cm	Desconocidas
Otras especificaciones	Prueba en sudor del pie	Tiempo que toma el estudio 20 seg. Apoya a predecir las úlceras 30 días antes de su formación.
Disponibilidad	Personal Médico/Paciente	Personal Médico/Paciente
Eficacia	90%	95%
Interacción	No Invasivo	No Invasivo
Competencia	N/A	AngloPD®
Sujeto de estudio	Prevención pie diabético	Miniaturización de sensores para monitoreo no invasivo de pie diabético, en casa.

Figura 4.6 Ejemplos de innovación radical e incremental. Fuente: Elaboración propia.

## **4.4 La propuesta de termografía de la UAQ**

### 4.4.1 Conceptos básicos sobre termografía

Con el objetivo de familiarizar al lector con la tecnología utilizada por el escáner termográfico a continuación se explica el vocabulario involucrado en la introducción al sistema.

#### *4.4.1.1 Infrarrojo*

Los átomos al moverse producen radiación térmica entre mayor sea el movimiento mayor el calor emitido fuente de la radiación infrarroja, estas ondas se encuentran en el rango de 0.7 a 100 micrómetros. Herschel en 1800 establece que la piel del cuerpo humano emite radiación infrarroja en el rango de 2 a 20 micrómetros y hasta 1934 Hardy relaciona las variaciones de temperatura como manifestaciones de enfermedades ya que una de las propiedades de la piel es mediar la temperatura corporal central (Faust et al, 2014).

#### *4.4.1.2 Termograma*

Las cámaras infrarrojas o termográficas son capaces de medir la energía con sensores que captan la longitud de onda infrarroja; perciben la temperatura de los objetos para producir una imagen con colores que es una interpretación del diseño térmico del espectro de luz resultado de la medición de la frecuencia, longitud e intensidad de la radiación emitida entonces se procesa una señal eléctrica para convertirla en una imagen térmica denominada termografía o termograma (Llamosa et al, 2011).

#### 4.4.1.3 Aplicación

Los tejidos con reacciones químicas rápidas producen una mayor cantidad de calor por ello el sistema vascular, corazón, hígado, cerebro y glándulas endocrinas registran mediciones altas; esta variable aplicada en la termografía clínica desarrolló el método diagnóstico para detectar cáncer de seno, dolores musculares, artritis, desórdenes vasculares, heridas en tejido blando y afecciones al sistema nervioso.

No sólo influye la temperatura para las lecturas de radiación infrarroja también las características de las superficies de los objetos, el color y el material afectan los valores de medición por lo tanto dos materiales pueden estar a la misma temperatura e irradiar energía infrarroja con diferentes intensidades.

#### 4.4.2 Propuestas anteriores

Esta tecnología tiene la ventaja de ser un método no invasivo, así como no requerir que un técnico especializado opere en clínicas de salud y consultorios médicos. Esto se probó en la tesis titulada "evaluación terapéutica del pie diabético y su asociación con retinopatía diabética" (Vásquez, 2013) de la Facultad de ingeniería. Su alcance se delimitó para obtener una interfaz para el software, y desarrollar un bloqueo para minimizar el ruido térmico, se muestra un prototipo en la figura 4.7. El análisis de la literatura científica fue la base para el establecimiento de cuatro factores importantes en el funcionamiento del equipo (Kaabouch et al., 2010; Nagase et al., 2011; Sun et al., 2006):

- Temperatura controlada a  $24C^{\circ} \pm 1C^{\circ}$  en el espacio para la toma de imágenes infrarrojas.
- Áreas de los pies – angiosomas relacionadas – para ser segmentadas por el algoritmo para el procesamiento de imágenes.
- La posición del paciente se estableció como posición supina.

- Tiempo de estabilización del paciente, con respecto a la temperatura son 15 minutos y 10 minutos para la recuperación de estímulos físicos.



**Figura 4.7 Propuesta de prototipo con FLIR A310 ™. Fuente: Vásquez. R (2013)**

La configuración de este sistema se ha resumido en el estudio de otros tejidos del cuerpo como es el caso de la investigación del cáncer de la temperatura-pecho o de las emociones de la temperatura. La mejora continua de la tecnología ha miniaturizado el software y optimizado el algoritmo, por ejemplo, en la figura 4.8, la investigación tecnológica estableció requisitos como la higiene del paciente. Se sugiere que los pacientes se bañen con jabón neutro, sin loción, cremas o polvos para no afectar la fotografía. Otro aspecto a ser mencionado en la investigación anterior es la interacción con un Consejo de médicos como asesores en el protocolo de consulta para pacientes y equipos utilizados para evaluar el diagnóstico, el conocimiento técnico de las disciplinas involucradas ha sido considerado de nuevo.

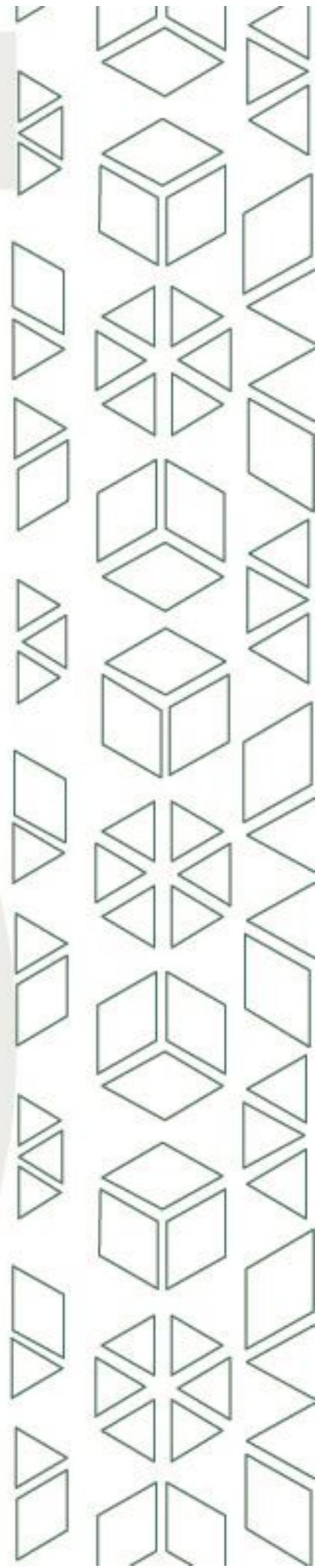


**Figura 4.8 Lepton ™ de FLIR y dispositivo predecesor. Fuente: Fotos propias.**

El desarrollo del prototipo se ha llevado a cabo con el fin de proporcionar una herramienta médica para la obtención y análisis de datos, así como para mostrar la evolución y eficiencia del último dispositivo en comparación con el anterior, en el que el diseño sólo participa en el aspecto formal y funcional del prototipo. Un objetivo comercial no ha sido visualizado hasta que estén registrados en el Instituto Mexicano de la propiedad industrial (IMPI), esto es para proteger los conocimientos desarrollados hasta el momento. Una vez liberado el diseño, se verificará si el producto es viable, considerando las especificaciones técnicas estudiadas y los requisitos del mercado.

# 5

## CAPÍTULO 5



## 5. METODOLOGÍA

La pregunta ¿Cómo abordar este trabajo de investigación a través del diseño? Implica el estudio de los principales métodos y herramientas de esta disciplina para comprender a los actores involucrados, los enfoques de las otras dos disciplinas activas en el desarrollo – medicina e ingeniería-, además del contexto, con la finalidad de una nueva propuesta de escáner térmico enfocado al diagnóstico del pie diabético que cumpla con los objetivos delimitados en esta investigación propuesta. Ya ha sido mencionado en el estado del arte del Diseño, el auge del diseño centrado en el usuario, además de su alta demanda en todos los sectores por la cantidad de casos de éxito registrados en servicios, productos, software, entre otros ya sean tradicionales o disruptivos. Por tal motivo el planteamiento de la metodología es la justificación del surgimiento de proceso de “Asignificación” como resultado de la vinculación de conceptos de otros procesos de diseño; comencemos entonces por el más popular el *Design Thinking* (DT).

### 5.1 Diseño y ciencias sociales

Proponer una forma de entendimiento múltiple del pensamiento creativo con bases empíricas, producto de la complejidad de la realidad humana, convergió en un éxito entre la fusión del proceso de diseño con métodos de antropología, sociología y psicología. Esta fusión es denominada *Design Thinking* por Peter G. Rowe, título de su libro publicado en 1987 (Dorst, 2010); desde entonces han surgido diversos modelos de este proceso, entre estos con mayor difusión se encuentra el de la empresa IDEO, la cual hace énfasis en el usuario, por este motivo se ha denominado –diseño centrado en el usuario- dicho método cuenta de cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y probar. Este método es efectivo en la resolución de problemas, además contiene dos estrategias infalibles la empatía y la oportunidad de errar sin temor, ambos se retoman para el proceso de esta investigación. Sin embargo, tiene un punto ciego el cual Norman y Verganti

practicantes del este método acentúan; ellos puntualizan no limitarse a la retroalimentación del usuario si se está en búsqueda de un diseño disruptivo; el diseño centrado en el usuario es efectivo en diseño incrementales y mejoras.

## **5.2 Innovación y diseño**

Establecido en el Foro Mundial de Economía, resolver problemas complejos con un pensamiento crítico y creatividad es una prioridad a partir del 2010; el objetivo es ser diferente o único, deja de ser considerado el proceso de diseño de uso exclusivo para profesionales; se reconoce intuitivo en las actividades de la vida cotidiana, todas las personas hacen diseño. Además, con la cantidad de información libre en internet, provoca una saturación de ideas en el mercado; lo cual exige el comienzo de la nueva fusión entre el proceso de diseño y la economía, denominado innovación. El nuevo oro es, la diferenciación en un contexto definido, que se logra a través del proceso de diseño. Esta diferenciación demanda diseños disruptivos, Roberto Verganti introduce entonces que la innovación debe ser liderada por el diseño, no solamente centrándose en el usuario, también debe visualizar varios contextos presentes y futuros con el objetivo de estar un paso a delante de todo lo que ya existe.

Bien, el diseño entonces se convierte para la economía, en una actividad importante tanto como la investigación (Pérez, 2017); el proceso de diseño ya no está desvinculado de la ciencia. En este punto llegamos a los siguientes factores de peso para la propuesta del método de “Asignificación”, el contexto múltiple y la interacción con el conocimiento.

## **5.3 Propuesta de vinculación de métodos**

El contexto múltiple futuro, la interacción con el conocimiento, la empatía y permitir errar sin miedo durante el proceso de diseño son los puntos clave para la propuesta del método de “Asignificación” espina dorsal de la metodología. Estos puntos clave se engloban en dos términos de importancia: intérpretes y significados; quienes vinculan el conocimiento con el contexto múltiple son los intérpretes

además de fomentar el trabajo transdisciplinarios co-creativo en el proceso de diseño. Los significados vinculan el proceso empírico con la empatía, para organizar esta información se requiere de establecer los niveles de usuarios a interactuar con la propuesta de diseño; por lo tanto, la metodología propuesta fomenta la interacción entre las áreas –Médica, de Diseño e Ingeniería- propiciando la interrelación de conceptos a continuación descritos:

- El primero es la relación y enlace con la tecnología que son importantes, ya que requieren diferentes enfoques de diseño que permitan el desarrollo de la propuesta del nuevo dispositivo. Así, de la misma manera la tecnología termográfica utilizada en este proyecto tiene dos elementos tecnológicos principales: hardware que consiste en una cámara infrarroja (IR) y un software que es el algoritmo de reconocimiento de imágenes; ambos requieren de los tres enfoques para su análisis.
- En cuanto al segundo punto, se refiere a los niveles de usuarios que se vinculan con el dispositivo, los principales son considerados en dos categorías: directa e indirecta; es decir, el equipo o dispositivo será operado por personal médico, que se considera el usuario directo, mientras que el paciente será el usuario indirecto, ya que será el que proporcione la sección de los pies requerida para generar los termogramas (Money et al., 2011).

Una vez aclarados estos puntos y deliberaciones del trabajo de esta investigación, con el objetivo claro de animar una innovación disruptiva de un escáner termográfico (Hernández, Fernández & Baptista, 2014), delimitada con la aplicación de esta metodología mixta para los dos elementos tecnológicos conjuntamente en los diferentes niveles de usuarios. Se trabaja con ambos aspectos como fuentes esenciales para la caracterización de variables cualitativas y cuantitativas, que se correlacionan para catalizar el proyecto con el fin de explicar, describir también evaluar la influencia del Diseño en una propuesta de dispositivo termográfico, para ser utilizado en consultas de seguimiento de rutina para

pacientes diabéticos, de esta forma promover una alternativa para minimizar el riesgo de formación de úlceras en los pies de este grupo de personas.

## 5.4 Proceso de Asignificación

Con la mira de practicar con la ruptura de significados para proponer objetos y servicios los cuales motiven a las personas a lograr algún objetivo, en este caso particular el diseño de un escáner térmico. Se elige un método inspirado en el proceso de innovación, propuesto por el estudio alemán *The Dark Horse* el cual esta consiente que hacer las cosas diferentes motiva la innovación. Al fracturar o estimular el cambio en los conceptos establecidos en la rutina por este método - se le nombra "Asignificación"- que consta de cinco etapas ilustradas en la figura 5.1; cada etapa específica los elementos y actores como fuente de influencia o si son influenciados durante la investigación (Kumar, 2012).

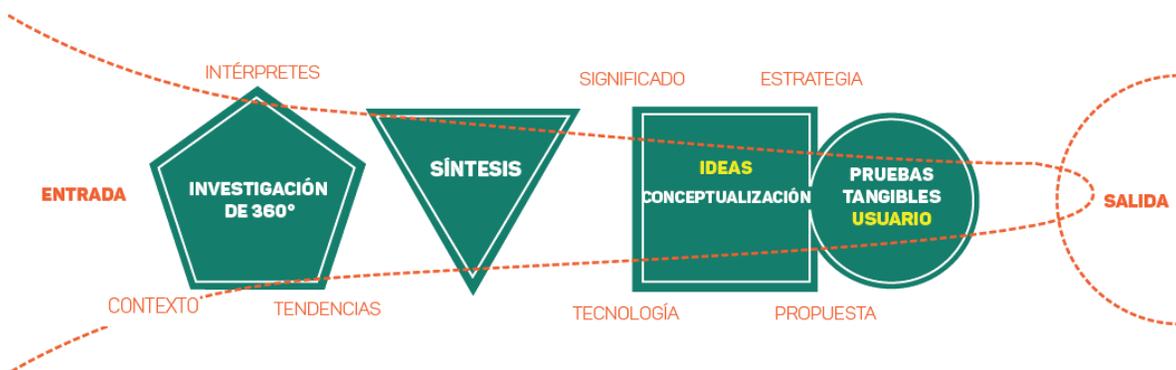


Figura 5.1 Proceso de Asignificación. Fuente: adaptación "The Dark Horse" (2016).

### 5.4.1 Entrada

Esta etapa es un inventario de todo lo que se tiene asegurado como colaboradores, información, presupuestos, asesores internos y externos; con la finalidad de familiarizarse con el reto en puerta. La propuesta de apoyar con Diseño al equipo de investigación de aplicaciones termográficas en el sector médico, del programa de posgrado de Mecatrónica de San Juan del Río, permite comenzar a reunir el conocimiento generado en el proceso de investigación de los ingenieros

(marco teórico del estado de la tecnología de la UAQ, conocimiento médico aplicado, etc.) con la finalidad de aportar en su objetivo de desarrollar un producto resultado de todo el conocimiento y experiencia que han acumulado en los últimos años.

#### 5.4.2 Investigación de 360°

Esta etapa es un reto analítico, ya que será el momento de ser traductor de todos los idiomas involucrados en los datos duros. Es inútil mezclar la información tecnológica y de investigación médica o de diseño porque, aunque el Diseño será el enlace para interpretar los mensajes emitidos por los diferentes participantes en el contexto de la salud (Verganti, 2009), es necesario reflejar todo sobre este tema para tratar de resolver la siguiente pregunta.

¿Cómo reinterpretar la información obtenida? La pretensión de responder a tal pregunta estará la búsqueda y selección planificada de "Intérpretes", para conformar un equipo transdisciplinario, elegido por su experiencia para observar a través de todas las perspectivas socioculturales, tecnológicas y de diseño e identificar las variables que caracterizarán la conceptualización de la propuesta de diseño, en cuanto a la fabricación de un prototipo. Sin contaminar la información o evitar deliberaciones pequeñas y no lucrativas.

Se define trabajar también con interrelaciones de los actores, conocimiento divulgado por empresas de desarrollo, así como el análisis de los productos existentes, junto con la interpretación de la tecnología y el contexto cultural en el que se lleva a cabo la investigación, la visión de las tendencias establecidas o emergentes, e incluso contemplar el desglose de paradigmas en el desarrollo de herramientas auxiliares en el diagnóstico médico. Ejecutar este análisis bajo el enfoque de diseño con el punto de partida definido por el protocolo establecido de auscultación, de los formatos de evaluación osteomioarticular incluidos en el apéndice 9.1, los cuales permiten conocer herramientas y experiencia para diagnóstico de pie diabético en los pacientes.

Respaldar la información obtenida con la entrega del consentimiento informado (Apéndice 9.2) y si así lo aceptan los participantes realizar la toma de estudios fotográficos y algunos vídeos que muestren la interacción con el contexto, Además en la primera cita se les aplicará a los participantes un breve cuestionario, completo en el apéndice 9.3, para con la finalidad de caracterizar la muestra a través de un breve estudio descriptivo (Daoud, Osman, A-Hart, Berry, & Adler; 2015). Las entrevistas están semiestructuradas (Apéndice 9.4) para todos los involucrados en el ciclo: la muestra se obtendrá con personal médico -generales, angiólogos, quiroprácticos, podólogos y practicantes- e “Interpretes”.

Los médicos serán invitados sin discriminar en cuanto a su duración de la práctica, ya sea principiantes o experimentados, ya que tanto la juventud como la madurez pueden satisfacer las cualidades que requiere el proyecto, se les entrega una postal de participación como se muestra en el apéndice 9.5. Para obtener las percepciones necesarias es necesario trabajar con médicos y pacientes conjuntamente. Los pacientes implicados durante la obtención de insights para generar la propuesta de diseño y la validación del equipo son seleccionados con los criterios sugeridos en el folleto (Apéndice 9.6) entregado a los médicos, sin embargo, pueden cambiar bajo criterio del especialista como resultado de interactuar con la tecnología. Sera deseable integrar algunos ingenieros biomédicos, técnicos y/o vendedores de dispositivos médicos, con el objetivo de proporcionar retroalimentación a las necesidades de los clientes en el sector médico, así como en el control de la Diabetes *Mellitus* tipo 2.

#### 5.4.3 Síntesis

La identificación de las variables físicas e intangibles - denominadas externas críticas - necesarias para mantener e impactar la fiabilidad del estudio, determinan el diseño y la operación del dispositivo; el cual, a su vez, a través de las percepciones, requerimientos y especiaciones de los actores, genera innovación para promover una transferencia tecnológica para el mercado emergente. Los

aspectos culturales, tecnológicos y morfológicos deben ser unificados, hacia el uso de este nuevo producto como apoyo al diagnóstico médico para identificar tejido dañado en etapa temprana causa de úlceras en los pies de los pacientes con diabetes. Para representar los aspectos anteriormente mencionados relacionados con la vigilancia al igual que el cuidado de los pies diabéticos, se aplicarán modelos descriptivos, modelos analíticos y gráficos de información –como infografías, árboles de ideas, diagramas de conceptos - (Milton y Rodgers, 2013). También se pretende confirmar que, con el uso de la termografía en la consulta de control, es posible minimizar la formación de úlceras, hasta 30 días antes de que se manifiesten.

#### 5.4.4 Conceptualización y evidencia tangible

Partiendo de la síntesis donde se determinan las variables externas, así como, la redacción de requerimientos técnicos, insights, significados y especificaciones para propiciar las condiciones ideales para la toma de termogramas; en esta etapa se procede a la propuesta de conceptos y como impulsan la ruptura de significados.

Lo fundamental de esta etapa es la propuesta de diseño de un equipo bajo los criterios de eficiencia, eficacia y facilidad de aprender a utilizar el escáner térmico -usabilidad -, ya que es una mezcla entre conceptualización y prototipado rápido. Es momento de involucrar al usuario experto – Médicos - en la validación de cada prototipo rápido con el fin de lograr la propuesta de un dispositivo de termografía para diagnóstico plantar; el usuario realimentación aporta su valoración sobre los conceptos propuestos para lograr eficiencia, eficacia, facilidad de uso, limpieza, percepción de la aplicación del equipo en su rutina, aceptación de materiales, etc.

Por último, también debe plantearse el protocolo para la toma de imágenes termográficas con el escáner propuesto; este protocolo es resultado de la aplicación de los requerimientos técnicos de operación del equipo; las condiciones requeridas para la toma de termogramas; la consideración de las variables como tiempo, relación médico paciente durante la consulta y las herramientas utilizadas en el

diagnóstico. El análisis de la experiencia en la consulta por los involucrados delimitará la propuesta de protocolo para el uso del dispositivo propuesto como se muestra en el siguiente diagrama.



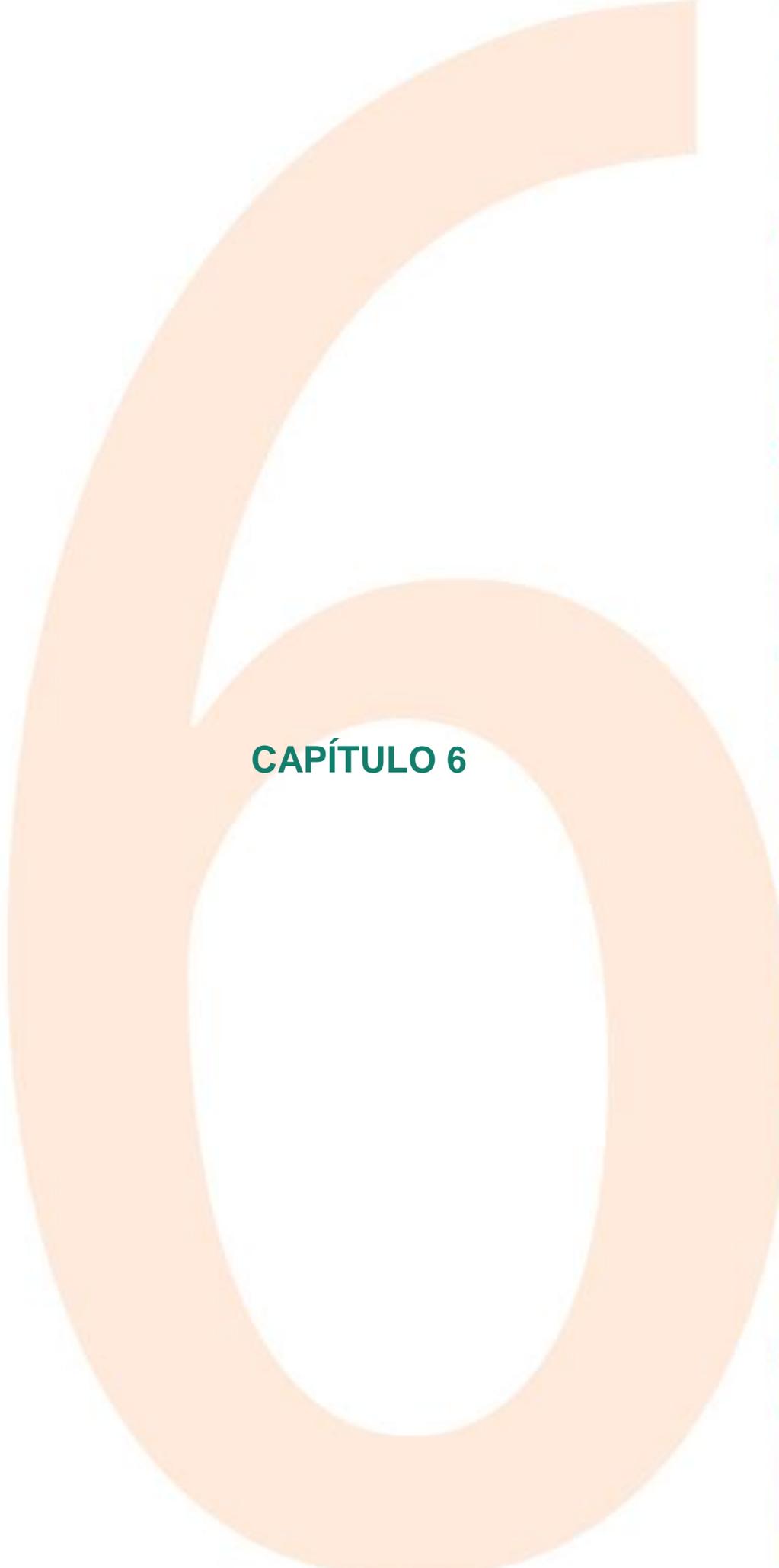
**Figura 5.2 Establecer protocolo a partir de la experiencia durante la consulta. Fuente: adaptación desde “TU Delft” (2017).**

A partir de esta etapa se plantea el desarrollo del proceso de la profesión de diseño industrial al jerarquizar aspectos a la par de los conceptos que se requieren para detallar procesos, materiales, ensamblajes y acabados para la propuesta de fin y la producción de un prototipo alfa o presentación prototipo.

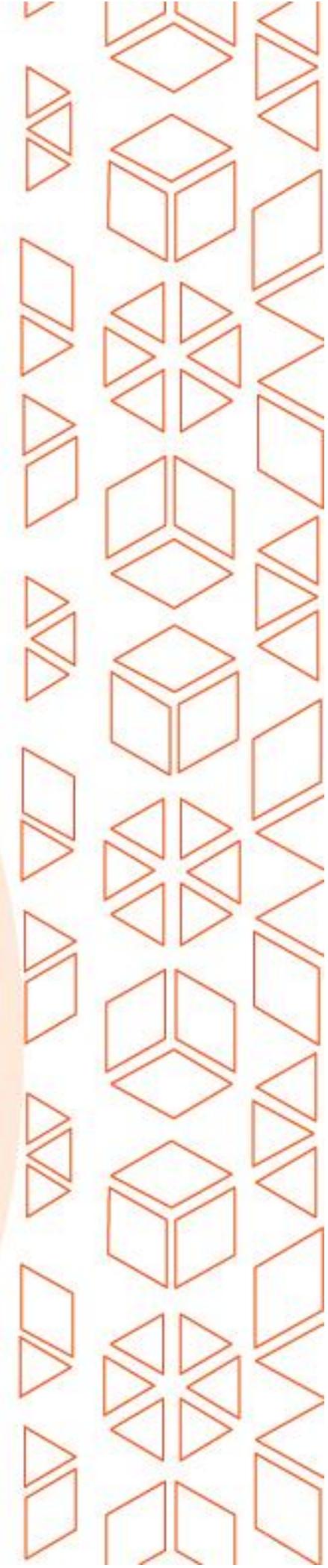
#### 5.4.5 Salida

El objetivo de esta última etapa de la investigación es una comparación de la propuesta del nuevo concepto de escáner termográfico de diagnóstico plantar, con el dispositivo anterior desarrollado en el posgrado de ingeniería mecatrónica de San Juan del Río. El nuevo dispositivo es la prueba de algunos elementos visuales de un modelo que representa la transferencia de la tecnología latente de la UAQ. Similar a la etapa de investigación de 360°, médicos ajenos al proceso de Diseño son invitados a interactuar con el dispositivo durante la consulta a pacientes con

Diabetes *Mellitus* tipo 2, que presentan pie diabético diagnosticado. La preferencia de los usuarios por la tecnología y el dispositivo de su elección determinarán la fortaleza de permitir al diseño influir en todo el proceso de la propuesta para un nuevo producto. El diseñador debe llevar una retroalimentación para un futuro rediseño como actor principal de un modelo continuo de innovación ejecutado en un contexto real con resultados objetivos, que permita la evaluación constante de la satisfacción del usuario, con respecto al uso y las necesidades de un equipo el cual evoluciona para ofrecer herramientas o actividades a las personas motivadas a lograr un objetivo.



## CAPÍTULO 6



## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1 Evolución del proceso de Diseño**

El objetivo principal del cual parte esta investigación es diseñar un equipo médico auxiliar no invasivo, para mejorar la toma de termogramas e incrementar su efectividad para evaluar el estado de tejido plantar en pacientes diabéticos.

Por lo cual, la herramienta del proceso de Asignificación es fundamental para lograr dicho objetivo. El enfoque de Diseño es el eje central para el desarrollo de la nueva propuesta, para recapitular toda la parte teórica como el estado del arte y antecedentes; fuentes de las primeras evidencias para comenzar a diferenciar la propuesta de lo existente. La parte teórica se complementa con las entrevistas a un médico internista y un ingeniero de inteligencia artificial, ya que como lo exige el proceso de Asignificación, los intérpretes son fuente precisa para continuar recolectando información, sobre las posibilidades de fomentar el interés en utilizar un escáner térmico en la consulta de rutina de pacientes con DM2.

La acción en campo, se cumple con el período de observación y análisis del procedimiento de exploración para la detección temprana de pie diabético, durante 6 meses en consultorio - con la participación de dos médicos, cada uno con cinco pacientes - el cual es la fuente de las primeras variables externas críticas que afectan la confiabilidad el equipo y los requerimientos técnicos de operación; para estructurar los conceptos de diseño además la redacción de: insights, significados, especificaciones, conceptos y ruptura de significados. Estos últimos se discuten con un intérprete más, en este caso en particular con un diseñador de producto – el intérprete Misael León-, con el fin de analizar la información obtenida y comenzar con la ideación de la propuesta que valida la hipótesis propuesta; además de verificar si la innovación alcanzable para el término de esta investigación es viable hacia lo disruptivo.

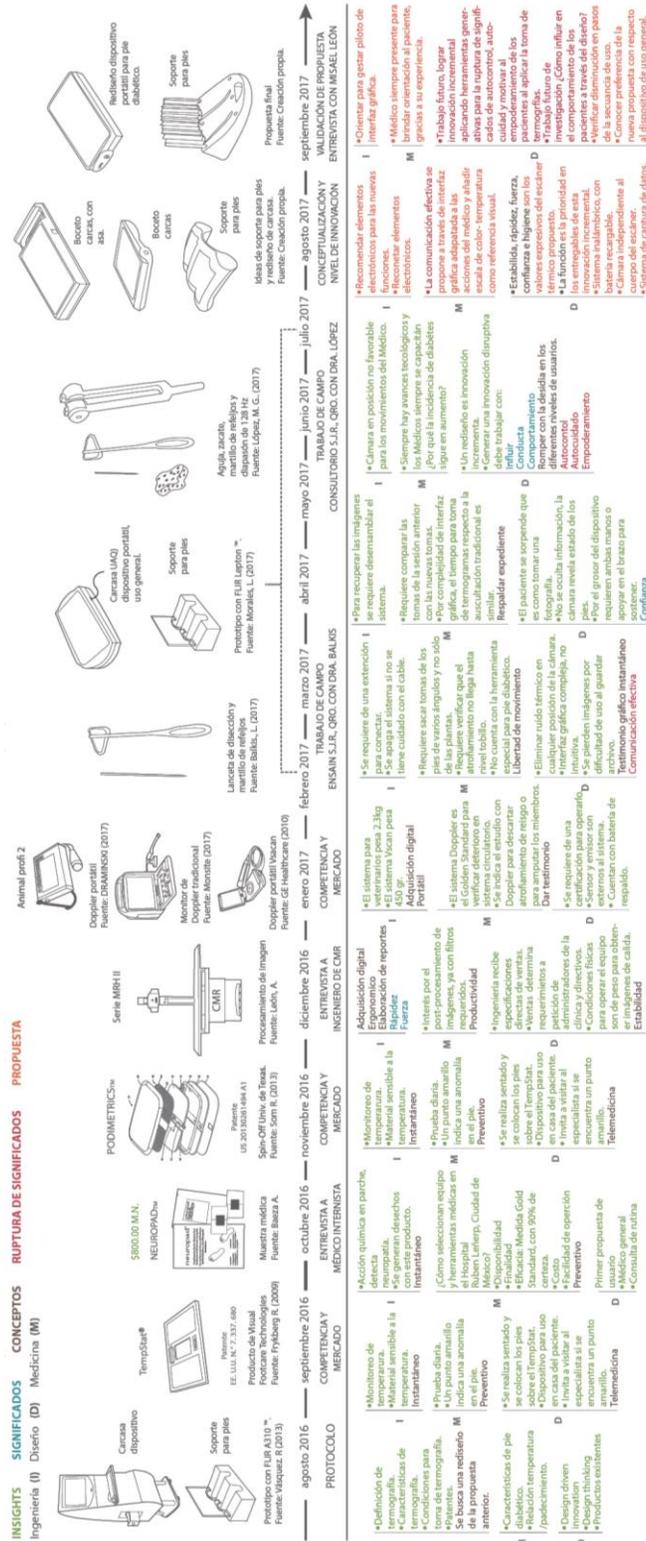


Figura 6.1 Evolución del proceso de diseño en escáner térmico para pie diabético. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.1 se ilustran en forma de línea de tiempo estas etapas del proceso de diseño, al igual que la información obtenida en cada una diferenciada por colores, con la finalidad de establecer la organización de los datos alcanzados durante el periodo de investigación para su discusión con respecto a la teoría propuesta.

## 6.2 Selección de intérpretes

Al utilizar el esquema de los métodos de enseñanza de *Design Thinking* (DT), de la empresa de diseño establecida en Berlín, llamada *The Dark Horse* (TDH); se solicitó por medio de correo electrónico su apoyo en esta investigación en un principio. Al leer sobre metodologías al igual que más métodos de diseño se le comunica la revisión a su esquema y la autoría a la compañía del – proceso de Asignificación - nombrado así por el objetivo de romper con significados, sin embargo, “el periodista *Patrick Steller* representante TDH, responde reconocer una similitud a su esquema de métodos de enseñanza de la empresa, reconoce que el proceso de Asignificación es una buena propuesta para integrar a los pacientes en el diseño de un dispositivo médico y quien sea autor de la Asignificación es ajeno a ellos.” (P. Steller, comunicación personal, 24 de abril de 2017). Así se establece el intercambio de información, además de confirmar, la creación de un proceso para idear propuestas fundamentada en nuevos significados, denominado Asignificación.

El siguiente intérprete identificado es el departamento de mecatrónica de la UAQ San Juan del Río, el representante principal es el Mtro. Irving Cruz el cual es el autor del algoritmo del sistema con el que operar la cámara térmica, también del ensamble de los elementos electrónicos requeridos para integrar el dispositivo. Por estos motivos se trabajan los conceptos de diseño a la par de ingeniería.

Por último, el Ing. Misael León, confirma que validar el problema con preguntas ¿cómo existe? Es fundamental para el proceso de diseño, en este caso específico para lograr un impacto en los pacientes, quienes son los demandantes del sistema si se inserta en su rutina. La fortaleza o fracaso del dispositivo esta vinculado a los significados, recompensas de interactuar con su contexto, los cuales

los hacen seleccionar los objetos, servicios y sistemas con mayores detonantes emocionales para su rutina. También coincide con la aplicación del DDI, sin embargo, en el campo laboral la investigación es recortada y el intercambio siempre se da por un beneficio económico contrario del objetivo propuesto por Verganti.

### 6.3 Introducción de la termografía a la consulta médica

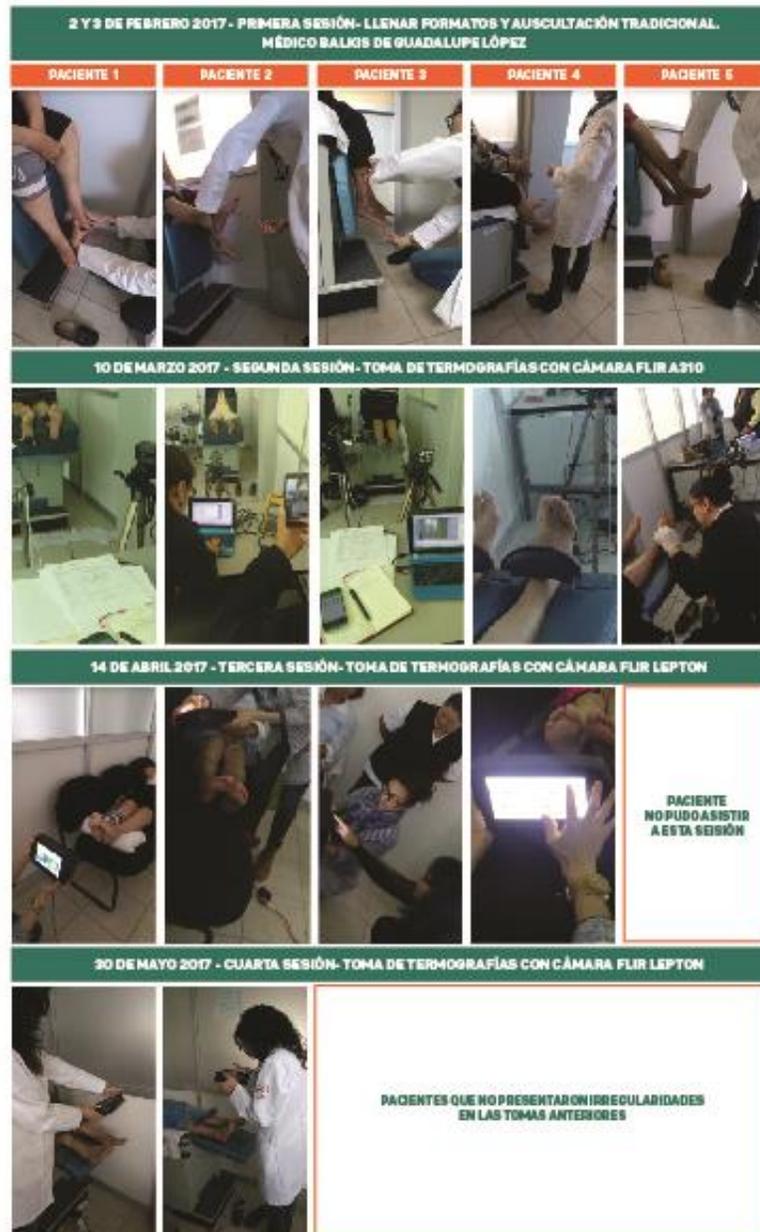


Figura 6.2 Respaldo fotográfico de los pacientes 1 al 5. Fuente: Elaboración propia.

Un médico general, con especialidad en nutrición de enfermedades crónicas, es el primer usuario el cual acepta conocer y utilizar el dispositivo termográfico de la UAQ. Es voluntaria en la Facultad de Enfermería (ENSAIN) en el campus San Juan del Río. El seguimiento fue a cinco pacientes invitados por la jefa de enfermería de ENSAIN, todos los actores firmaron un consentimiento de participación, toda la información personal de los pacientes es confidencial por eso se referirá a ellos sólo como pacientes 1, 2, 3, 4 y 5. En el consentimiento está establecido de dos a tres sesiones diferentes para analizar el contexto a la par del comportamiento de todos los participantes cuyo control y registro de la información obtenida esta respaldada en el Apéndice 9.7. A continuación se enunciaran los datos obtenidos de la primer trabajo de observación.

### 6.3.1 Primeras evidencias

Basándose en las primeras observaciones realizadas en el ENSAIN, la información obtenida de las actividades ejecutadas por los pacientes es la siguiente, en la rutina de asesoramiento médico se definen los niveles de actores enumerados en la tabla 6-1. También es importante para comprender las emociones vinculadas en todo el proceso, analizar las relaciones entre los actores como la manera de destacar donde están las oportunidades de innovación y por qué el cambio en los significados de la rutina podría mejorar la prevención de la ulceración.

**Tabla 6-1 Actores de la jornada del paciente. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Persona</b>	<b>Función</b>	<b>Responsabilidades</b>
Doctor	Profesional que controla la enfermedad degenerativa del paciente con diagnóstico y medicación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiar a los pacientes en los cuidados requeridos para su enfermedad.</li> <li>• Informa al paciente sobre tratamientos y estudios.</li> <li>• Prescribe medicamentos.</li> </ul>
Enfermera	Profesional que provee atención y cuidado directo a los pacientes en la clínica o consultorios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide los signos vitales de los pacientes.</li> <li>• Informa al paciente el orden y momento que será atendido.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si es requerido, apoya al Médico durante la consulta.</li> <li>• Apoya en el seguimiento de las citas futuras de los pacientes.</li> </ul>
Familia y amigos	Son el apoyo en el cuidado primario del paciente, en casa y entorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevan y recogen al paciente en consultas, o son compañía durante la revisión.</li> <li>• Apoyan en la toma de los medicamentos.</li> <li>• Cortan las uñas a los pacientes.</li> </ul>
Otros pacientes	Ellos son empáticos en el proceso, e influencia para la experiencia de los pacientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecen su apoyo.</li> <li>• Aprovechan el encuentro para alentar a otros pacientes.</li> </ul>

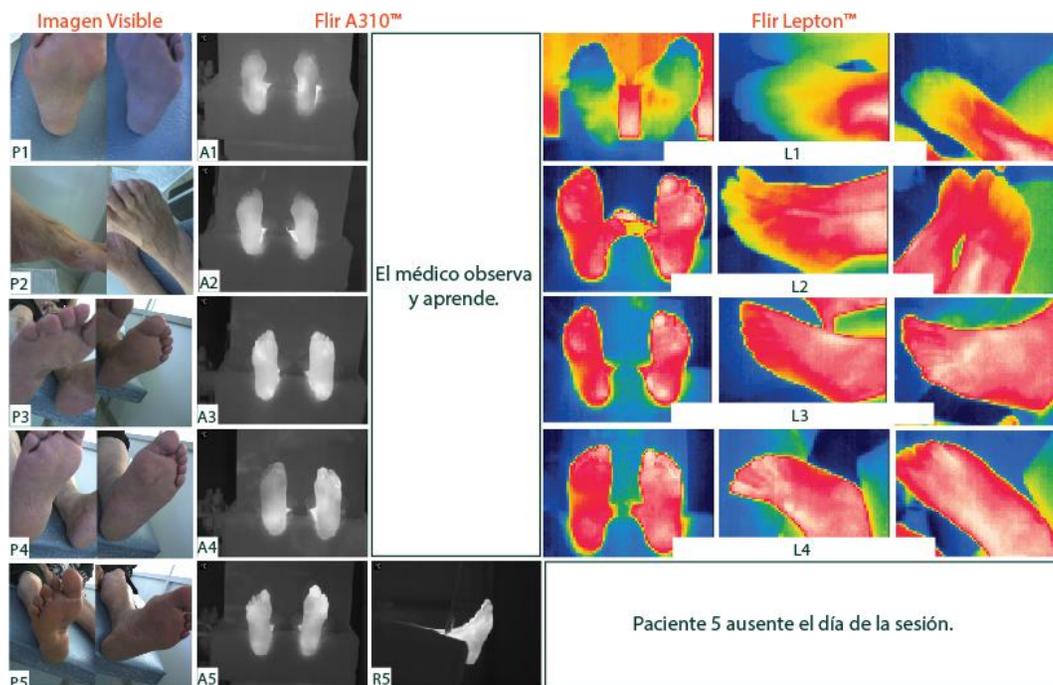
Los dos dispositivos disponibles fueron introducidos al médico. El primero funciona con una cámara FLIR A310™, es más complejo de montar y fue diseñado sólo para la toma de imágenes térmicas de la zona plantar, el médico no lo utiliza por sí misma. En la figura 6.3 se muestran los elementos que integran este primer sistema de cámara termográfica.



**Figura 6.3 Primer dispositivo con cámara FLIR A310. Fuente: Elaboración propia.**

El primer requisito nacido en esta primera sesión es cuando el médico aconseja realizar los termogramas lateral y dorsal de los pies del paciente. En la figura 6.4 se muestran los termogramas de los pacientes 1 al 5, denominados en la imagen como P1 a P5 las imágenes del aspecto visible de los pies del paciente; marcadas como

A1 a A5 los termogramas obtenidos, además el primer requerimiento se etiqueta como R5. El segundo dispositivo funciona con una cámara FLIR Lepton™, es del tamaño de una tableta y se conecta en la toma de corriente. El doctor fue invitado a usarlo por ella misma durante la segunda sesión de consulta y acepta, en la figura 6.4 éste trabajo fotográfico se etiqueta como L1 a L4, donde resaltan en paciente 1 al igual que el 2, anomalías de temperatura fuente de inspiración del concepto del nuevo escáner térmico, ya que estas imágenes mejoran la comunicación entre el médico y el paciente.



**Figura 6.4 El pie diabético visible y en termogramas. Fuente: Fotografías propias.**

### 6.3.2 Primeros requisitos

De este primer acercamiento con un médico y cinco pacientes, fue verificado la importancia de los significados de la consulta que en primera instancia apuntan hacia la comunicación entre los actores. Se trabaja con otro médico y cinco pacientes más para corroborar que los requisitos obtenidos son los definitivos para

comenzar la conceptualización y desarrollo del producto. Los requisitos se enumeran a continuación:

- Permitir movilidad de 360° para realizar tomas laterales y dorsales de los pies del paciente, para verificar si el daño no llega hasta nivel del tobillo. Si llega al tobillo el daño es avanzado por lo que se requiere, apoyar con un estudio Doppler, para determinar la altura en la obstrucción del sistema circulatorio.
- El tiempo requerido para las imágenes termográficas es de 3 minutos igual a la evaluación con puntos de punción.
- Interfaz intuitiva como acción de zoom, un clic para tomar el termograma y/o fácil acceso al teclado.
- Mejor velocidad de reacción de la interfaz.
- Permita mantener un registro de los pacientes mal controlados.
- Visión termográfica en vivo para explorar el paciente y ver la extensión del daño en tiempo real.
- El médico decide cuándo tomar fotografías o crear/abrir archivos de pacientes.

#### **6.4 Segundo período de observación con termografía en la consulta médica**

Un médico familiar, es el segundo usuario el cual acepta conocer y utilizar el dispositivo termográfico de la UAQ. Labora en el IMSS de San Juan del Río, donde da consulta a pacientes con DM2 y también tiene su consultorio privado donde fue el espacio de trabajo en esta segunda etapa de observación. El seguimiento fue a cinco de sus pacientes del IMSS quienes aceptaron participar en la investigación; también todos los actores firmaron un consentimiento de participación, manteniendo la confidencialidad de sus datos personales se referirá a ellos sólo como pacientes 6, 7, 8, 9 y 10. Se vuelve a proponer dos a tres sesiones diferentes para analizar el contexto a la par del comportamiento de todos los participantes, este registro es el complemento de la información obtenida respaldada en el Apéndice 9.7. A continuación se enunciarán los datos obtenidos del segundo trabajo de observación.



Figura 6.5 Respaldo fotográfico de los pacientes 6 al 10. Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.1 Segundas evidencias

- Se requiere de una extensión para conectar el dispositivo.
- Se apaga el sistema si no se tiene cuidado con el cable.
- Requiere sacar tomas de los pies de varios ángulos y no sólo de las plantas.
- Requiere verificar que el atrofiamiento no llega hasta nivel tobillo.
- No cuenta con las herramientas especial para pie diabético.
- Libertad de movimiento
- Eliminar ruido térmico en cualquier posición de la cámara.
- La interfaz gráfica es compleja, no intuitiva.
- Se pierden imágenes por complejidad de la interfaz gráfica, al guardar archivo.
- La relación posición movimiento, no permiten 360° de libertad.
- **Comunicación efectiva**
- Para recuperar las imágenes se requiere desensamblar el sistema.
- Se requiere comparar las tomas de la sesión anterior con las nuevas tomas.
- Por complejidad de interfaz gráfica, el tiempo para toma de termogramas respecto a la auscultación tradicional es similar o mayor.
- Respalda expediente
- No se oculta información, la cámara revela estado de los pies.
- Por el grosor del dispositivo requieren ambas manos o apoyar en el brazo para sostener.

Para obtener este listado las actividades se dividen en 6 pasos principales para describir la interacción entre actores, dispositivo, herramientas y emociones involucradas u otras variables significativas como el tiempo. Esta información es el resumen de las reuniones mensuales con los diez pacientes para hacer un análisis del viaje del paciente, luego se representa en la siguiente infografía en la figura 6.3.

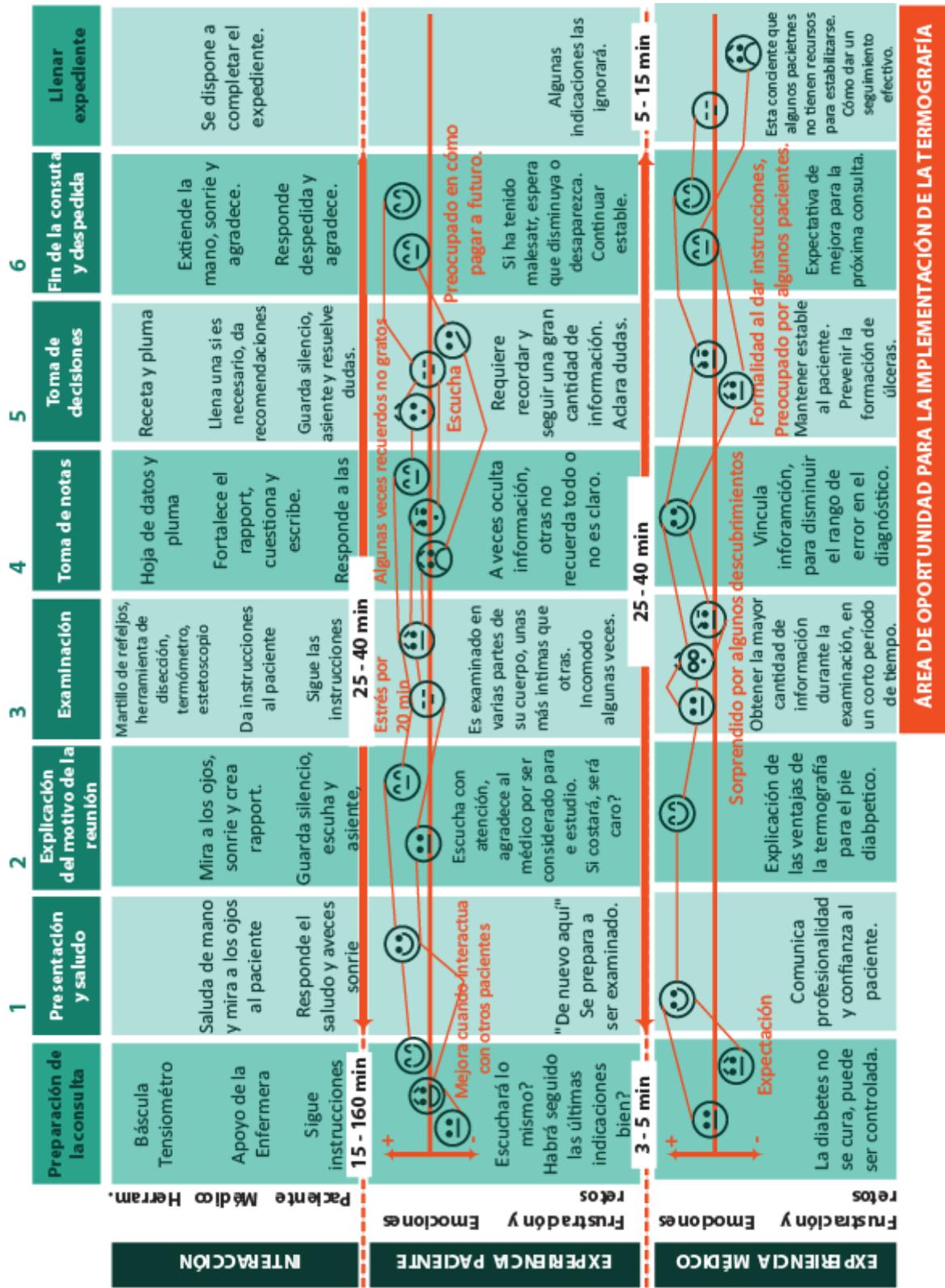


Figura 6.6 Experiencia en la consulta. Fuente: adaptación desde TU Delft (2017).

## **6.5 Desafíos de diseño e inicio de la influencia**

Es importante conectar el uso de la visión viva del dispositivo termográfico con la experiencia y el conocimiento del doctor para diagnosticar un patrón diabético del pie, ambos son factores importantes que influyen la adopción de la tecnología y proporcionan la regeneración eficaz a la investigación médica. Esta percepción se basa en la experiencia fotográfica del doctor paciente 1, debido a que las termografías están todas en tonos brillantes y de color azul oscuro-verde como resultado de un mal control de la presión arterial debido a una alta dosis de medicación, sugirió bajar la dosis y medir la presión diaria durante 5 días, descartando una imagen clínica del flujo sanguíneo bajo que causa el pie diabético.

La aplicación de nuevos significados a través del diseño es necesaria para mantener el vínculo hombre-máquina (influir en las emociones) para innovar los dispositivos y mejorar la tecnología, ya que enriquece la definición del patrón de pie diabético para adoptar la termografía en la rutina de consulta de pacientes diabéticos, consecuentemente el uso regular del dispositivo dará la regeneración para los requisitos futuros del sistema y la telemedicina con el objetivo de automatizar el diagnóstico.

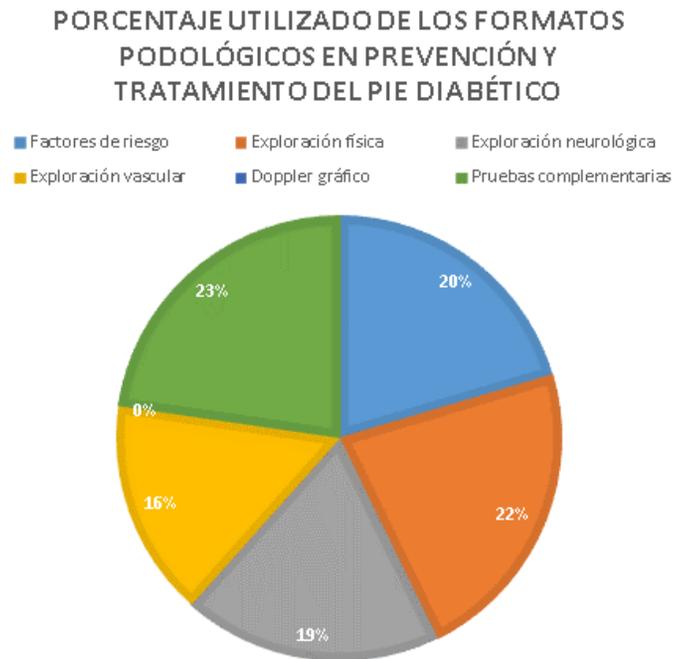
Al analizar la interacción entre el médico, el paciente, y el dispositivo otro nuevo significado importante encontrado es libertad 360° de movilidad para tomar cuadros como Consejo del doctor y aquí está el primer desafío de la conceptualización, la idea para la cubierta de ruido térmico dinámica y cómo trabaja con la base de enfriamiento también.

## **6.6 Insights**

Así se llega al proceso de conceptualización de diseño que requiere de especificar los insights primeramente para delimitar los alcances de la propuesta de escáner térmico resultado de esta investigación de diseño, a continuación, se enlistan estas meta-inferencias por grado de importancia:

- La relación posición movimiento, no permiten 360° de libertad.
- El tiempo es para la consulta únicamente.
- La identificación del padecimiento requiere, un reconocimiento especializado.

El impacto de la variable tiempo, deriva del análisis de actividades e interacción con las herramientas del médico para atender a un paciente. Cada formato lleno en consulta es tiempo invertido en auscultación, valoración, interacción, orientación y diagnóstico que recibe el paciente por parte del médico; así se decide analizar las herramientas utilizadas para cumplir con esta secuencia de actividades en la consulta con lo cual se calcularon porcentajes de formatos completados, además de relevancia de los datos obtenidos en la prevención de úlceras en pie diabético, a continuación en una gráfica de la figura 6.7, se presenta el porcentaje lleno de los formatos oficiales de diagnóstico de pie diabético en consulta de rutina, el cual es de tan solo el 24% el total utilizado debido a la carencia de las herramientas para evaluar al paciente.



**Figura 6.7 Porcentaje utilizado de los formatos oficiales, en consulta de rutina. Fuente: Elaboración propia**

## 6.7 Requerimientos

Consecuencia de todo esto se enlistan a continuación los requerimientos para la definición del diseño, ilustrados en el gráfico 6.8:

- Disponibilidad
- Finalidad
- Eficacia
- Facilidad de operación
- Adquisición digital
- Elaboración de reportes
- Ergonómico
- Movilidad de 360°



Figura 6.8 Observaciones en campo que delimitan los requerimientos. Elaboración propia.

## 6.8 Especificaciones

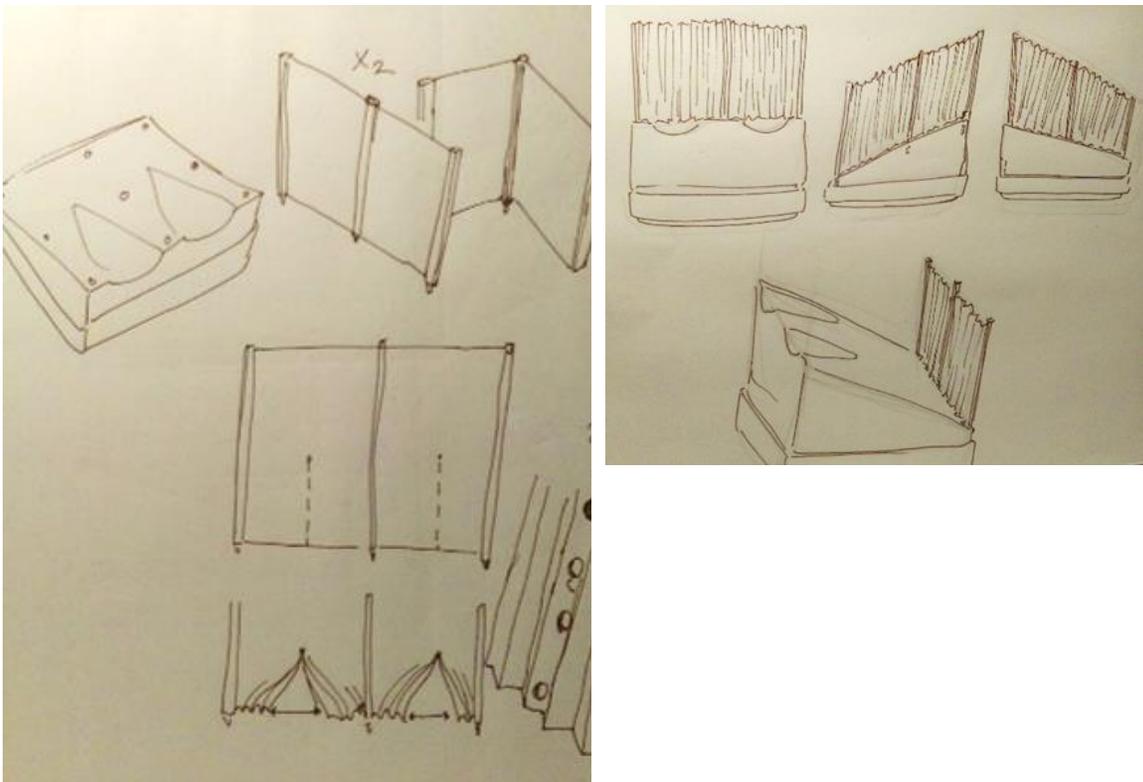
- Sistema inalámbrico, con batería recargable.
- Cámara independiente al cuerpo del escáner.
- Sistema de captura de datos automática, para las fotos realizadas.
- del escáner.
- Peso máximo de 600 gr. del escáner.
- Disminución en pasos de la secuencia de uso del escáner.
- Estabilidad.

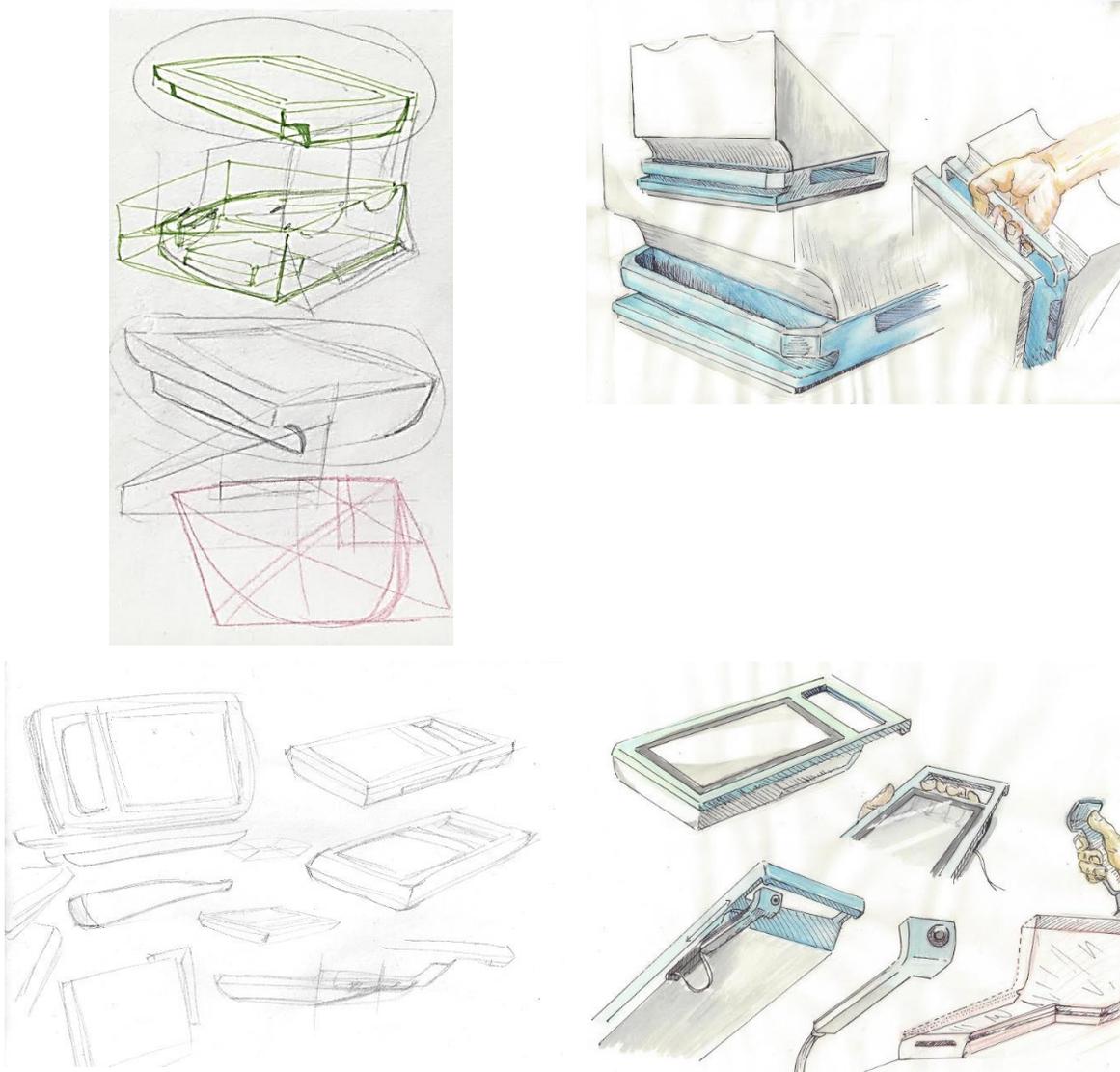
## 6.9 Concepto

Se delimita la jerarquía de función, ergonomía, producción y estética en los factores de diseño, consecuentemente, la idea del dispositivo tiene las siguientes variables expresivas:

- Seguridad
- Higiene
- Confianza
- Tecnología de punta

En el proceso de bocetos explícitamente los valores expresivos del diseño tanto del soporte para los pies como del propio escáner térmico, como a continuación se ilustra en la figura 6.9.





**Figura 6.9 Bocetaje de propuestas de soporte para pies y dispositivo. Fuente: Elaboración propia.**

El escáner térmico y el soporte para pies, se hicieron dos propuestas ilustrados en la figura 6.10, el primero no comunicaba consistentemente las variables expresivas del concepto y decidió modificarse; en la segunda propuesta se logró el cometido y de hecho fue el que se evaluó para compararse con su antecesor; con esto se llegó al término de esta investigación de diseño evaluando si el concepto fue adecuadamente expresado en el prototipo y se percibe por el usuario.

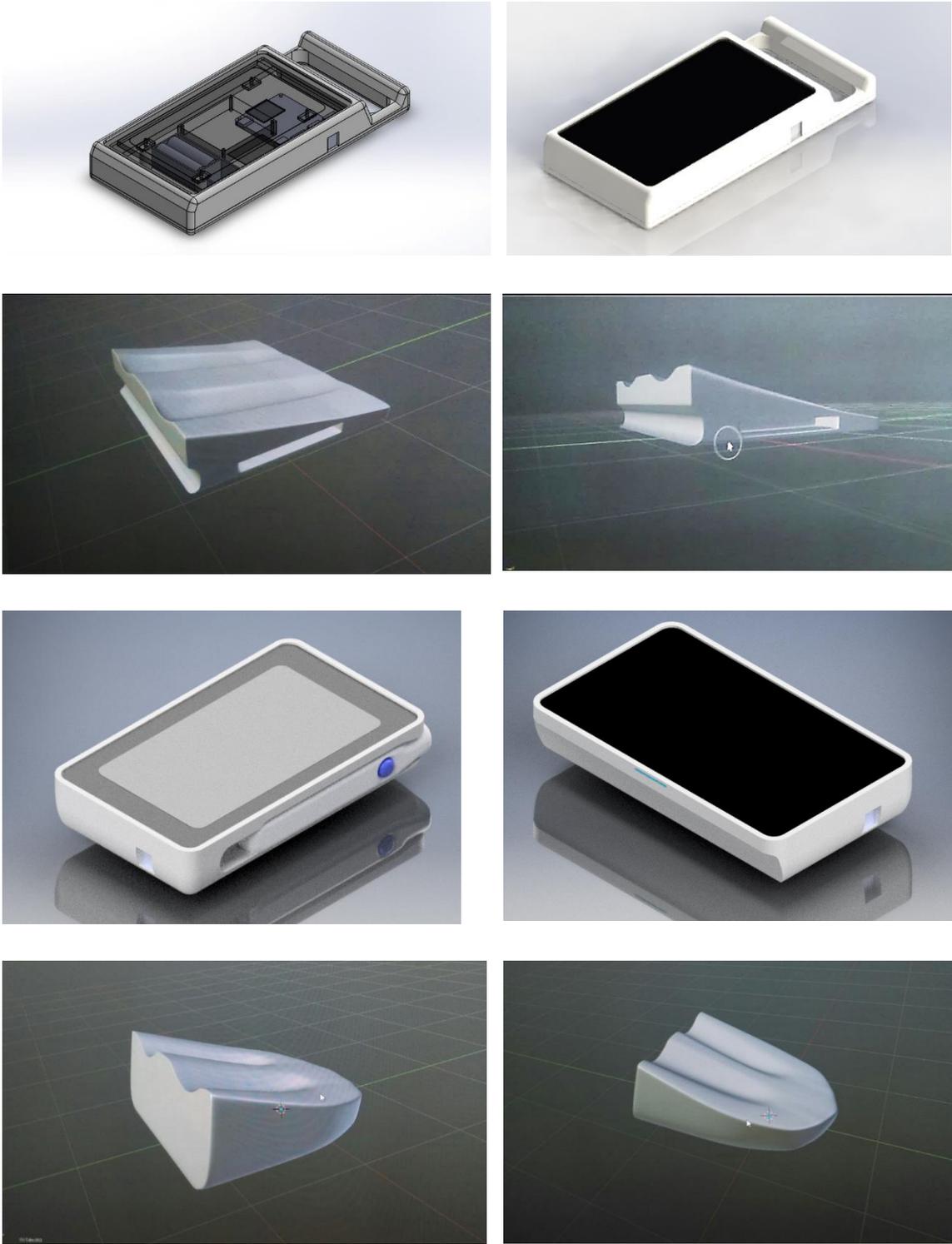


Figura 6.10 Renders de segunda propuesta escáner térmico y soporte para pies. Fuente: Elaboración propia.

Se detalló en modelado 3D en la plataforma de Inventor, con la finalidad de imprimir la carcasa y ensamblar el dispositivo para presentar el prototipo a los usuarios expertos, para evaluar las variables de diseño a través de la comparación de los dos dispositivos e interacción con los equipos. A nivel virtual se detallan los ensambles, uniones, soportes para tarjetas electrónicas, sensores, conexiones y el display.

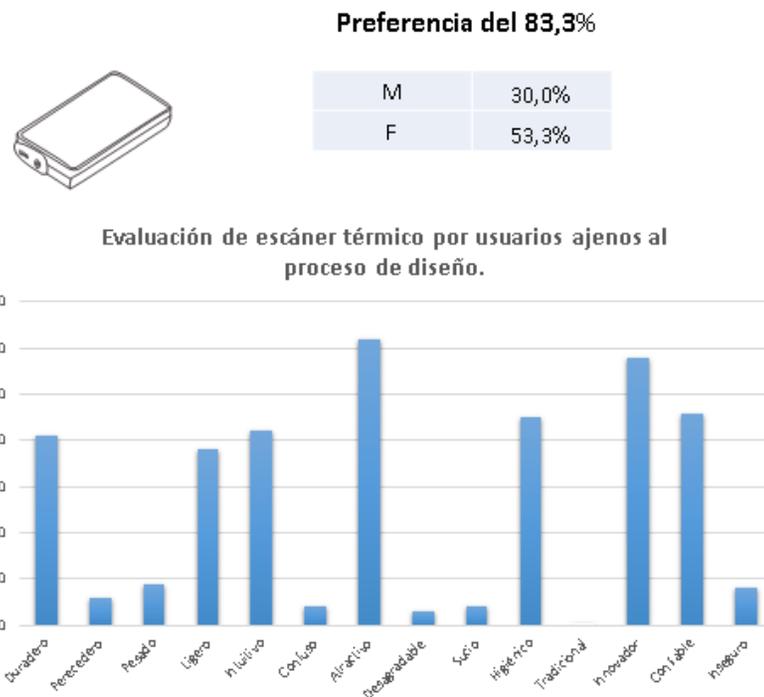
El siguiente paso después de imprimir la carcasa fue asignar los materiales y acabados. La planeación en el mango fue una textura al tacto suave, el material seleccionado para la propuesta del prototipo fue látex, la aplicación requirió de práctica, además de la propuesta de encapsular la base con el logo de posgrado al igual que el mango. El encapsulado se definió en resina epoxi y acrílico con secado UV, de esta forma se evita que el látex se desprenda de la superficie.

La posición de las tarjetas electrónicas, requirió de reubicar la entrada del cargador y el botón de encendido, a al ser ensambladas; de igual manera la ubicación del cable de conexión de la cámara termográfica con el dispositivo requirió ubicarse por el sistema retráctil implementado.

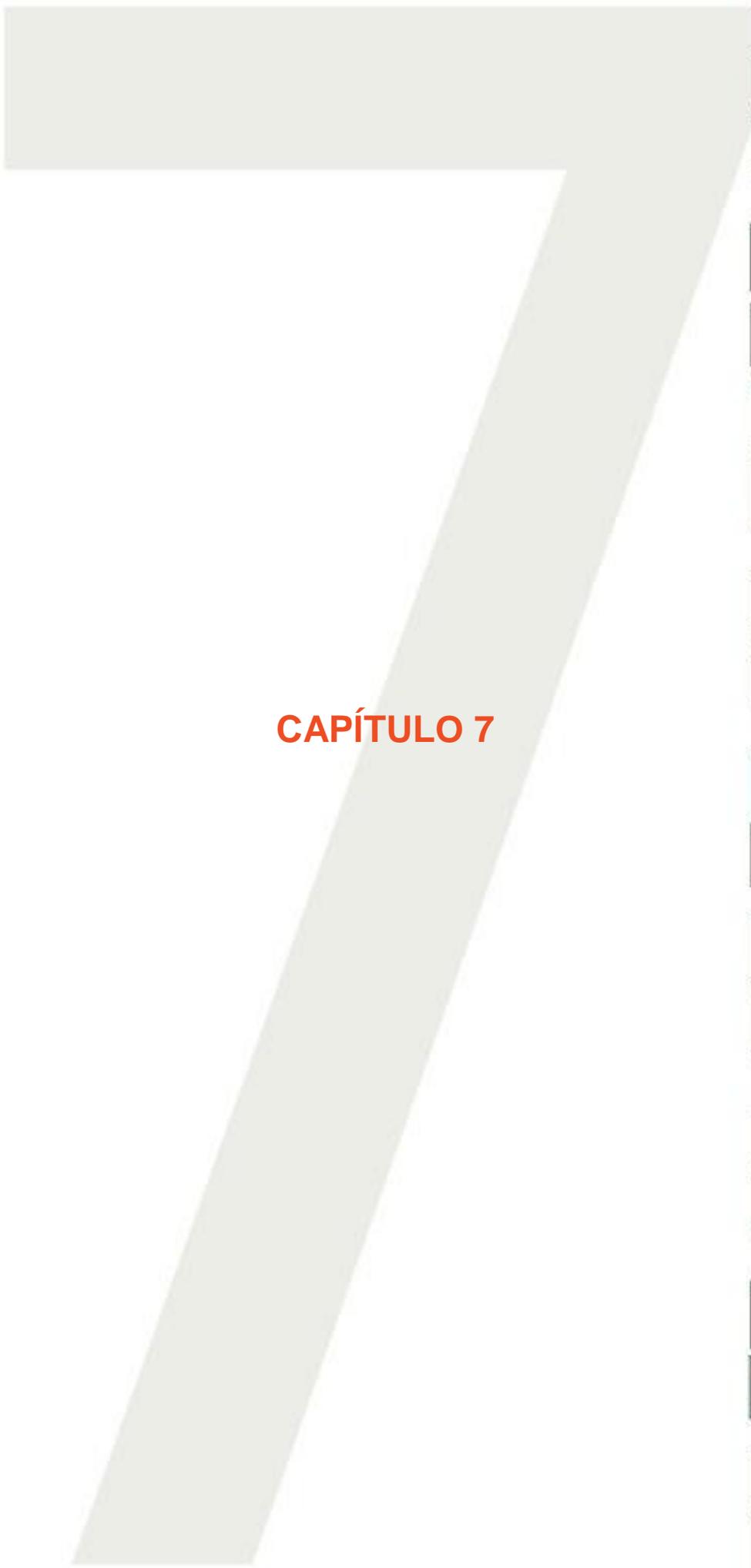


**Figura 6.11 Propuesta final de dispositivo. Fuente: Elaboración propia.**

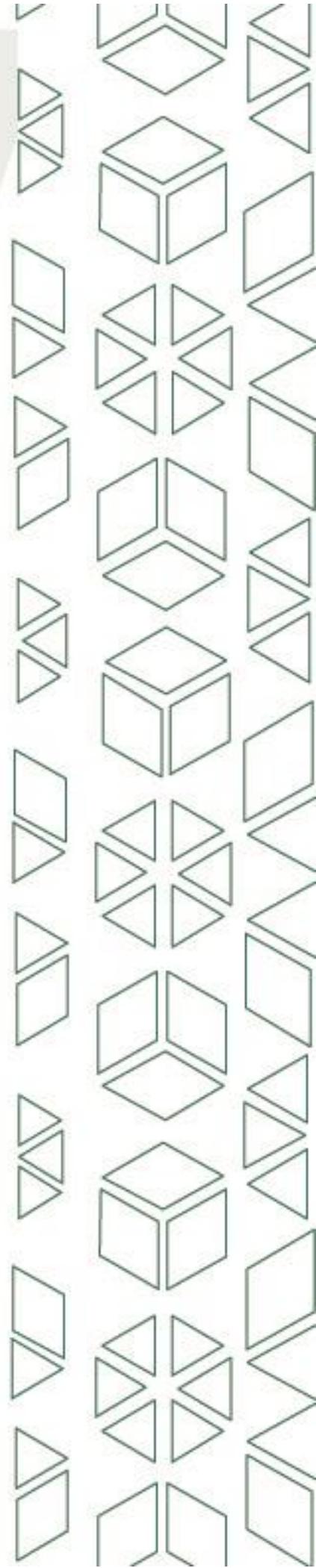
Propuesta final se evaluó con 30 profesionistas en el área médica de atención al paciente diagnosticados con DM2, entre las especialidades de enfermería, internistas, cardiólogos y neumólogos. Se les pidió interactuar con ambos dispositivos y evaluarlos solamente por su percepción visual e interacción los resultados se muestra en la siguiente gráfica de barras demostrando una preferencia del 83% del nuevo dispositivo sobre su predecesor. Logrando comunicar las variables expresivas como a continuación se muestra.



**Figura 6.12 Variables expresivas validadas. Fuente: Elaboración propia.**



## CAPÍTULO 7



## 7. Conclusiones

Se cumplió con la hipótesis ya que, como consecuencia de la realización de la investigación se demostró, a través del análisis del procedimiento de exploración para la detección temprana de pie diabético:

- a) Determinar las siguientes variables externas críticas: las temperaturas provenientes del cuerpo del paciente o de un cuerpo con mayor temperatura como las huellas dactilares marcadas en el material de la mampara de bloqueo; la posición fija de la cámara era limitante para un estudio que requiere una movilidad de 360° de libertad; ambas afectan la confiabilidad de los termogramas.
- b) El prototipo queda sustentado por la aplicación de los requerimientos técnicos enlistados a continuación:
  - Proceso de manufactura, impresión 3D, en material ABS. La impresora requiere imprimir dimensiones mayores a 20 cm ya que de lo contrario las dimensiones originales se pierden, afectando en el ensamble de los elementos electrónicos y estéticamente la carcasa se ve desfasada entre las uniones.
  - La tornillería exterior se estandariza en cuerdas de 4mm, por ser la medida más pequeña a la venta en ferreterías de conveniencia, para insertos metálicos con cuerda y tornillería. En el interior para anclaje de elementos electrónicos es de 3mm de cuerda.
  - Las tolerancias se manejan para plástico termo-moldeable ABS para impresión 3D que son de  $\pm 0.15$  mm.
  - Se selecciona PET como material de la mampara del soporte para pies ya que bloquea al 100% las emisiones de calor detrás de su

superficie y dispersar el calor de las huellas dactilares e 30 segundos.

- c) La propuesta de una mampara flexible y una cámara extraíble del cuerpo del dispositivo, además de la reducción en el espesor del escáner permiten la toma de fotos termográficas en los ángulos requeridos por el médico propicia las condiciones ideales para la toma de los termogramas.
- d) El enfoque a través del diseño permite valorar dentro de la usabilidad los factores de eficacia, eficiencia y facilidad de uso a la par de los significados que vinculan a los usuarios con el objeto.

Entonces en primera instancia se logra un producto eficaz a través reducir el tiempo de guardar un termograma y su almacenamiento en el sistema de uno o dos minutos a 30 segundos; eficiente con implementación de un botón para la toma de los termogramas, así el estudio completo toma 3 minutos ejecutarlo, también al dejar la entrada USB expuesta permite recuperar los archivos almacenados de inmediato y fácil de aprender a utilizar apoyado debido a retomar la intuición de secuencia de pasos de un *Smartphone* para la toma de fotos familiar para los usuarios a través de una interfaz gráfica para operar el sistema. Este último plantea el protocolo de toma de imágenes termográficas.

- e) La inserción del dispositivo en la consulta modifica el protocolo de rutina para la auscultación de los pies de los pacientes diabéticos, hacia la vinculación de un apoyo visual para promover la comunicación efectiva entre el paciente y el médico. Esto propicia el planteamiento de un protocolo de experiencia en el servicio de diagnóstico enfatizando los significados de fomentar cuidados en enfermedades degenerativas como la diabetes, para una aproximación hacia el siguiente paso de diseño disruptivo.

- f) Se propone un dispositivo termográfico no solamente para diagnóstico plantar}, este objetivo queda rebasado, ya que la investigación de 360° delimita los requerimientos de disponibilidad, finalidad, eficacia, facilidad de operación, adquisición digital, ergonómico y movilidad de 360° de libertad para las tomas termográficas. Además de trabajar con el concepto de seguridad, higiene, confianza y tecnología de punta con lo cual quedan satisfechas las especificaciones de un sistema inalámbrico, una cámara independiente del cuerpo del escáner, un sistema de captura de datos automática, un peso menor a 600gr, la disminución de pasos en la secuencia de uso del escáner y una interfaz física con estabilidad. Validando una primera fase a nivel de innovación incremental.

En cuanto a aspectos teóricos son dos de relevancia internacional, ya que permitieron participar en el congreso de DMA 2017 en Hong Kong, auspiciado por la *Design Society*:

- A. La respuesta a la pregunta de investigación planteada ¿Cómo influye el diseño en la adopción de una tecnología e implementación de la nueva herramienta de escáner termográfico? El diseño influye en el desarrollo de la tecnología para la investigación del padecimiento de pie diabético; el diseño es el vínculo entre la problemática de la incidencia en la población de diabéticos correspondiente al campo de investigación de la medicina y fomentar el interés de interactuar con una nueva tecnología para propiciar el uso de un dispositivo termográfico en consulta de rutina. Por lo tanto, el problema médico-tecnológico se propone junto con un plan de diseño para la implantación en la consulta de rutina un dispositivo termográfico para la prevención de úlceras plantares en pacientes diabéticos.
- B. Cuando se habla de prevención, a pesar de los avances tecnológicos para la propuesta de nuevas herramientas para diagnóstico y de la investigación médica sobre pie diabético, los pacientes presentan cuadros propensos a pie

diabético e incluso desarrollan úlceras debido a sus creencias, costumbres y comportamientos que son intangibles. La visión del diseño y la revisión de los métodos de ideación da origen a la propuesta del método de “Asignificación”, proceso donde las emociones aumentan la comprensión de la implementación, el conocimiento y la experiencia en el proceso de desarrollo de dispositivos médicos para crear uno para prevenir la ulceración diabética del pie y descartar el estrés en la jornada del paciente.

Rompiendo con los pasos tradicionales del sector médico que evitan la posibilidad de conceptualizar en contacto con usuarios finales, para una producción de alto volumen, basada en programas de distribución y producción piloto. Determinar que la comunicación efectiva a través de imágenes en tiempo real – instantáneas – que muestran el daño en los pies, compartidas con el paciente en consulta influye en el progreso y evolución favorable para no desarrollar úlceras o riesgo a formarlas, como se demostró en el 20% de la muestra que presentó anomalías fuera de rango de 26°C a 35°C, gracias al respaldo gráfico el médico orienta a los pacientes en medicamento y alimentación para mostrar en 30 días un cambio, literalmente visible, dentro de rango de un pie diabético sano. Así es posible destacar la importancia del diseño como una influencia para los ingenieros y las actividades de los médicos para desarrollar un producto.

Los tres primeros pasos de este método muestran un proceso iterativo entre la entrada, la etapa de investigación de 360° y la síntesis, para repetir el ciclo las veces necesarias para actualizar la información adquirida y validada en la conceptualización/pruebas tangibles. Por estas características, la empresa alemana “*The Dark Horse*”, reconoce la nueva propuesta del método de “Asignificación” totalmente ajena a sus herramientas de enseñanza de *Design Thinking* cediendo la autoría a este proyecto de investigación de desarrollo de productos, a través del Diseño.

Las aportaciones de esta investigación son demostrables con los siguientes entregables y productos:

1. La tesis escrita aquí presente.
2. Inicio del registro del diseño industrial del dispositivo ante el IMPI, en el apéndice 9.12 se integra el código de barras asignado por el instituto para dar seguimiento al trámite correspondiente.
3. La publicación del artículo "*Influence of design to implement a thermographic device for preventing diabetic foot ulceration*" en las memorias digitales del congreso *Research perspectives of creative intersections*. El cual se llevó a cabo en Hong Kong el mes de junio del 2017; motivo por el cual el Mtro José Omar Valencia Hernández, invita a presentar la ponencia ante los alumnos de la licenciatura de Diseño Industrial de la UVM Querétaro. En el apéndice 9.13 y 9.14 se incluye la cita, la portada de la publicación y la carta de participación como ponente en ambos eventos.
4. La participación como capitana del equipo de la Universidad Autónoma de Querétaro en las Olimpiadas de Innovación organizadas por "*Global Innovation Management Institute*" en Manchester, MA. Obteniendo dos niveles de certificación de *Innovation Associate* e *Innovation Master*. Ambas certificaciones se encuentran en el apéndice 9.15.
5. La difusión del proyecto a partir de noviembre 2017 en medios locales como prensa UAQ, el diario de Querétaro, el universal Querétaro, entre otros; a nivel nacional en el blog Viven con Diabetes, en Fundación Carlos Slim y en el SECITI de la CDMX. En el apéndice 9.16 un listado de vínculos a la difusión se anexa.

Como se puede constatar en los párrafos anteriores la hipótesis se logró validar satisfactoriamente.

## 7.1 Propuesta de trabajo futuro

En una primera instancia la difusión del proyecto exige aplicar las modificaciones que surgen al momento de validar el dispositivo, la más significativa el rediseño del mango de la cámara para mejorar la sujeción y manipulación del sensor para la toma de las fotografías térmicas. Segundo incrementar la resolución de las imágenes obtenidas con un sensor térmico más potente. En la figura 7.1 se ilustra las modificaciones que se trabajó en el modelado para impresión 3D para concluir los alcances de este trabajo transdisciplinario.



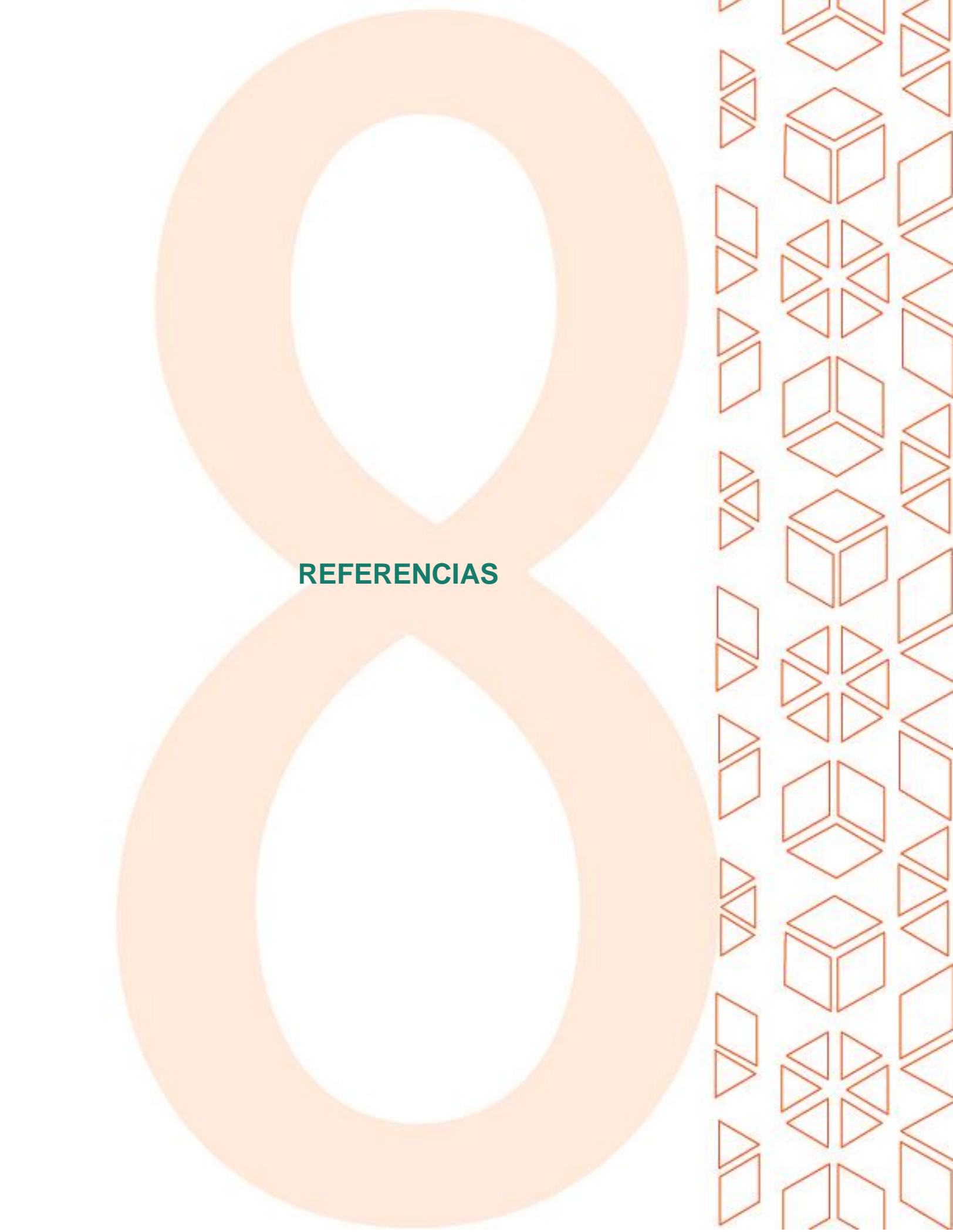
Figura 7.1 Rediseño del escáner térmico. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a trabajos posteriores se seguiría después con la investigación en los siguientes aspectos:

- Esto lleva a dar pauta al estudio sobre el auto reconocimiento por parte del paciente sobre su padecimiento y permite influir en la toma de decisiones e impactar en su bienestar o recuperar un autocontrol consiente, con lo cual se logrará un diseño disruptivo.

- El método de “Asignificación” incluye a los "intérpretes" provoca acciones en teoría y en la práctica para fortalecer la interacción entre el trabajo en equipo y la investigación humana, entonces, es posible lograr un "cambio radical de significado" en la adopción de la tecnología a través de influir en el comportamiento del usuario/rutina y preferencias de selección.

Por lo tanto el trabajo actual puede ser la base para la investigación futura y el trabajo sobre cómo la interacción con *la* Asignificación ayudará a evitar la redundancia de productos existentes y a definir el patrón diabético del pie para mirar para la termografía como un apoyo a médicos generales en la detección de síntomas previos de la ulceración del pie como resultado, envían a sus pacientes con el especialista apropiado que se asistirán con el propósito de prevenir la formación de úlceras , a medida que más información en la etapa de investigación 360 será recolectada y procesada en fase de síntesis, el proceso de ideación en la etapa de conceptualización será fuerte y facilitará la evolución del prototipado rápido, verificando o sustituyendo la validación actual de los datos. Los datos le dirán a la producción de volumen necesario en el mercado médico para nuestro dispositivo termógrafo a continuación, seleccione red de distribución, proceso y material.



## REFERENCIAS

## 8. REFERENCIAS

- Antonio Matarranz. (2012). Diseño de producto: el puente entre la Definición y la Implementación del producto (1). Conversis Servicios Empresariales, S.L. Retrieved from <https://conversisconsulting.com/2012/09/29/disenio-de-producto-el-puente-entre-ladefinicion-y-la-implementacion-del-producto-1/>
- Armstrong, D. G., Lavery, L. A., Vela, S. A., Quebedeaux, T. L., & Fleischli, J. G. (1998). Choosing a Practical Screening Instrument to Identify Patients at Risk for Diabetic Foot Ulceration. *Arch Intern Med*, 158(3), 289. <http://doi.org/10.1001/archinte.158.3.289>
- Arundel, A., Bordoy, C., & Kanerva, M. (2008). Neglected innovators: How do innovative firms that do not perform R&D innovate. *INNO-Metrics Thematic Paper*, (215), 1–38. Retrieved from <http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=15406>
- Asociación Mexicana de Diabetes [AMD]. (s.f.). ¿Qué es la diabetes? Recuperado el 24 de junio de 2016, de: <http://amdiabetes.org/informacion-sobre-diabetes>
- Banerjee, A. K., Beckmann, E., Busch, U., Buzzi, A., & Thomas, A. (2012). La Historia de la Radiología [The History of Radiology]. European Society of Radiology.
- Castro, G., Liceaga, G., Arriola, A., Calleja, J. M., Espejel, A., García, T., y Alvarez, E. R. (2009). Guía clínica basada en evidencia para el manejo del pie diabético [Evidence-based clinical guide for diabetic foot management]. *Internal Medicine of Mexico, Paper Review*, 25(6), 481–526.
- Cofepris. (2016). GLOSARIO DE INSUMOS PARA LA SALUD [GLOSSARY OF HEALTH SUPPLIES].

- Comín Comín, M., Villarroya Aparicio, A., Pérez García, J. M., Nerín Ballabriga, S., & Marco Sanz, M. C. (1999). Análisis de las presiones plantares: técnicas y aplicaciones [Analysis of plantar pressures: techniques and applications]. *Medicina de Rehabilitación*, XII(3), 22–30.
- Contreras-Fariñas, R., Ibañez-Clemente, P., Roldán-Valenzuela, A., & Torres-de Castro, O. G. Spanish Association of Vascular Nursing and Injury. Guía de práctica: Consenso sobre úlceras vasculares y pie diabético [Guide to practice: Consensus on vascular ulcers and diabetic foot]. Second edition. Sevilla: AEEVH, 2014.
- Coyle, J. K. [Mile Madinah] (2017, January 4). Applying 'Design Thinking' to Your Strengths [Video file]. Retrieved from <https://youtu.be/47TwJ8B7LEg>
- Creusen, M. E. H., & Schoormans, J. P. L. (2005). The Different Roles of Product Appearance in Consumer Choice. *Journal of Product Innovation Management*, 22(1), 63–81. Retrieved from <http://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2005.00103.x>
- Daoud, N., Osman, A., A-Hart, T., Berry, M. E., y Adler, B. (2015). Self-care management among patients with type 2 diabetes in East Jerusalem. *Health Education Journal*, 74(5). pp. 603-615.
- Dirección General de Epidemiología [DGE]. (2013). Boletín epidemiológico Diabetes *Mellitus* tipo 2 primer trimestre-2013. México: Secretaría de Salud.
- Dorst, K. (2010). 'The Nature of Design Thinking', Design Thinking Research Symposium, Faculty of Design, Architecture and Building, University of Technology, Sydney, October 2010 in DTRS8 Interpreting Design Thinking: Design Thinking Research Symposium Proceedings, ed Dorst, K., Stewart, S., Staudinger, I., Paton, B., Dong, A., DAB Documents, Sydney, Australia, pp. 131-139.

- Dorst, K. (2015). *Frame Innovation: Create New Thinking by Design*. Massachusetts Institute of Technology. First edition. United States of America.
- Faust, O., Acharya, R.U., Ng, E.Y.K., Hong, J.T. y Yu, W. (2014). Application of infrared thermography in computer aided diagnosis, *ELSEVIER*, 66(1). Pp. 160-175.
- Global Innovation Management Institute [GIMI]. (2013). *Global Innovation Body of Knowledge: A Guide on Breakthrough Innovations. IMBOK Level 1 Guide*. First Edition. Massachusetts.
- Gutiérrez Martínez, L.D. (2008). *Voces del diseño desde la visión de Aristóteles*. ENCUADRE, Asociación Mexicana de Escuelas de Diseño Gráfico. Primera Edición. Ciudad de México.
- Hernandez Contreras, D., Peregrina Barreto, H., Rangel Magdaleno, J., Ramirez Cortes, J., & Renero Carrillo, F. (2015). Automatic classification of thermal patterns in diabetic foot based on morphological pattern spectrum. *Infrared Physics and Technology*, 73, 149– 157. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.09.022>
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la investigación [Investigation methodology]*. M. G. H. Education, Sixth edition. Mexico.
- Ilker, U., Aragón, S.J., Lew, D. y Lipsky. A.B. (2015). Diabetic foot infections: what have we learned in the last 30 years? *ELSEVIER*, 40(1). pp. 81-91.
- International Diabetes Federation [IDF]. (2013). *¿Qué es la diabetes?* Recuperado el 18 de agosto de 2016, de: <http://www.idf.org/worlddiabetesday/toolkit/es/gp/que-es-la-diabetes>
- Júbiz P., Y., Márquez S., G., Máquez Z., A., & Brugés R., J. (2012). *Guías colombianas para la prevención, diagnóstico y tratamiento del pie diabético 2012 [Colombian*

guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of diabetic foot 2012].

COLPEDIS: Colombian Group of Diabetic Foot

Kaabouch, N., Hu, W.-C., Chen, Y., Anderson, J. W., Ames, F., & Paulson, R. (2010).

Predicting neuropathic ulceration: analysis of static temperature distributions in thermal images. *Journal of Biomedical Optics*, 15(6), 61715. Retrieved from <http://doi.org/10.1117/1.3524233>

Kumar, V. (2012). *101 Design Methods: A Structured Approach For Driving Innovation In Your Organization*. I. John Wiley & Sons, First edition. Canada.

Your Organization. I. John Wiley & Sons, First edition. Canada.

Lavery, L., & Armstrong, D. (2008). Temperature monitoring to assess, predict, and prevent

diabetic foot complications. *Current diabetes reports* (Vol. 7). <http://doi.org/10.1007/s11892-007-0069-4>

Liu, C., van der Heijden, F., Klein, M. E., van Baal, J. G., Bus, S. A., & van Netten, J. J.

(2013). Infrared dermal thermography on diabetic feet soles to predict ulcerations: a case study. *Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE*, 8572, 85720N. Retrieved from <http://doi.org/10.1117/12.2001807>

López Silva, S. M., Dotor, M. L., Silveira, J. P., Giannetti, R., & Herrera, L. (2009).

Fotoplethysmografía por reflexión con LEDs infrarrojos para evaluar órganos y tejidos intra-abdominales: Estudio inicial en cerdos[Optics Reflection photoplethysmography with infrared LEDs to evaluate Intra-abdominal organs and tissues: initial study in pigs]. *Optica Pura Y Aplicada*, 42(1), 23–32.

Llamosa, R.L.E., Moreno, P.M.A. y Barrios, E.U. (Agosto 2011). Análisis termográfico para

un protocolo de investigación en hipotermia. *Scientia et Technica*, 16(48). pp. 157-162.

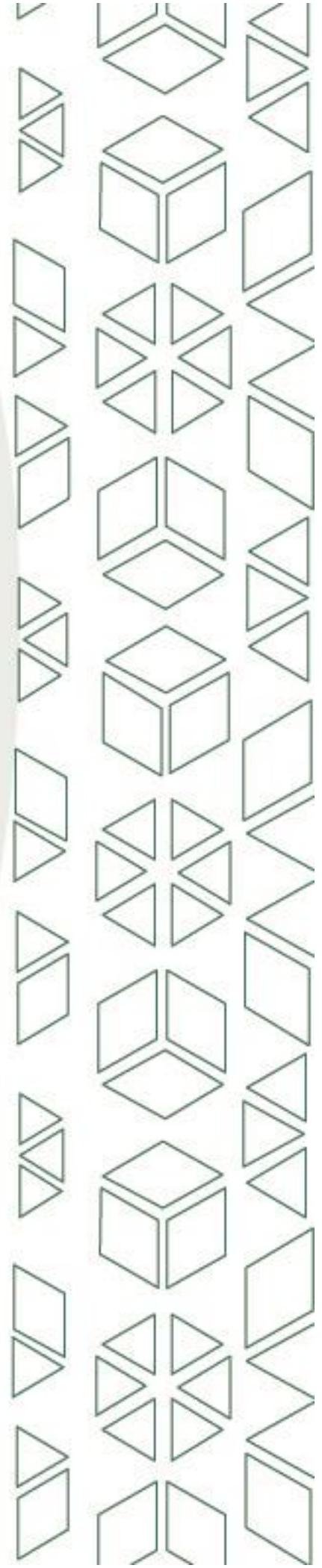
- Malaver, F., Pérez, M. V., & Rodríguez, F. M. (2016). Gestión de operaciones de operaciones  
Luces y sombras del vínculo del diseño y la innovación [Link lights and shadows  
design and industrial innovation]. *INNOVAR Journal*, 22(46), 149–164.
- March, Artemis. (1994). Usability: The New Dimension of Product Design. *Harvard  
Business Review* Sept/Oct:144–149.
- Matarranz, A. (2012). Descubre las necesidades de tu mercado mediante entrevistas en  
profundidad [Discover the needs of your market through in-depth interviews].  
Retrieved from <https://conversisconsulting.com/2012/10/27/descubre-las-necesidades-de-tu-mercado-mediante-entrevistas-en-profundidad/>
- Milton, A., & Rodgers, P. (2013). *Research Methods for Product Design*. L. K. Publishing,  
First edition. China.
- Money, A. G., Barnett, J., Kuljis, J., Craven, M. P., Martin, J. L., & Young, T. (2011). The  
role of the user within the medical device design and development process: medical  
device manufacturers' perspectives. *BMC Medical Informatics and Decision Making*,  
11(1), 15. Retrieved from <http://doi.org/10.1186/1472-6947-11-15>
- Nagase, T., Sanada, H., Takehara, K., Oe, M., Iizaka, S., Ohashi, Y., Nakagami, G. (2011).  
Variations of plantar thermographic patterns in normal controls and non-ulcer  
diabetic patients: Novel classification using angiosome concept. *Journal of Plastic,  
Reconstructive and Aesthetic Surgery*, 64(7), 860–866. Retrieved from  
<http://doi.org/10.1016/j.bjps.2010.12.003>
- OCDE. (2005). *Oslo Manual. Communities*, Vol. Third edit. Retrieved from  
<http://doi.org/10.1787/9789264013100-en>

- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2015). Diabetes. Retrieved August 6, 2016.  
Recuperada de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/>
- Ojeda, J., Villa, T., Murguía, P., Revuelta, M., López, M., Kuri, P., & González, F. (2012). Boletín epidemiológico Diabetes *Mellitus* tipo 2 primer trimestre-2013 [Epidemiological Bulletin Diabetes *Mellitus* type 2 first trimester-2013]. Health Secretary. Mexico, 2–7.
- Ovink, H. (2015). Reform by Design. *Journal of Extreme Events*, 2(1), 1502001. Retrieved from <http://doi.org/10.1142/S2345737615020017>
- Peregrina Barreto, H., Morales Hernandez, L. A., Rangel Magdaleno, J. J., Avina Cervantes, J. G., Ramirez Cortes, J. M., & Morales Caporal, R. (2014). Quantitative estimation of temperature variations in plantar angiosomes: A study case for diabetic foot. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2014. Retrieved from <http://doi.org/10.1155/2014/585306>
- Pérez-Escamilla, R., Villalpando, S., Shamah-Levy, T., & Méndez-Gómez Humarán, I. (2014). Household food insecurity, diabetes and hypertension among Mexican adults: Results from Ensanut 2012. *Salud Publica de Mexico*, 56(SUPPL.1), 62–70.
- Pérez De Pablos, S. (2017, Agosto 31). El diseño es tan importante para la economía como la investigación (Manuel Estrada). Recuperada de: [https://elpais.com/cultura/2017/08/25/actualidad/1503682081\\_884620.html](https://elpais.com/cultura/2017/08/25/actualidad/1503682081_884620.html)
- Rampino, L. (2011). The Innovation Pyramid: A Categorization of the Innovation Phenomenon in the Product-design Field. *International Journal of Design*, 5(1), 3–16.
- Real Academia Española. (2016). Significar [To mean]. Recuperada de <http://dle.rae.es/?id=XrTiN4>

- Salter, A., & Tether, B. S. (2006). Innovation in Services through the Looking Glass of Innovation Studies. Background paper for Advanced Institute of Management (AIM) Research's Grand Challenge on Service Science.
- Sánchez P., C., de Planell M., E., Moliné R., C., & Alvarez M., G. (2016). Evaluación de un nuevo método diagnóstico [Evaluation of a new diagnostic method]. Spanish Journal of Podiatry, XXIII (3): 96 – 101
- Sanders N., E.B. (2002) From User-Centered to Participatory Design Approaches. In Design and the Social Sciences. J.Frascara. Taylor & Francis Books Limited. Recuperada de [http://maketools.com/articles-papers/FromUsercenteredtoParticipatory\\_Sanders\\_%2002.pdf](http://maketools.com/articles-papers/FromUsercenteredtoParticipatory_Sanders_%2002.pdf)
- Sigolotto, D. (2010). Design-Driven Innovation: innovation strategies adopted in the furniture industry the comparison between two leading countries: italy and sweden. Politecnico Di Milano. Italy.
- Sun, P. C., Lin, H. Da, Jao, S. H. E., Ku, Y. C., Chan, R. C., & Cheng, C. K. (2006). Relationship of skin temperature to sympathetic dysfunction in diabetic at-risk feet. Diabetes Research and Clinical Practice, 73(1), 41–46. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.diabres.2005.12.012>
- The Dark Horse. (2016). OUR INNOVATION PRINCIPLES. Retrieved August 17, 2016. Retrieved from <http://www.thedarkhorse.de/approach-en.html>
- Vásquez R., P. (2013). Evaluación termográfica del pie diabético y su asociación con retinopatía diabética [Thermographic evaluation of diabetic foot and its association with diabetic retinopathy]. Autonomous University of Queretaro, Mexico. Retrieved from <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Verganti, R. (2008). Design, meanings and radical innovation: A research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 25(5), 436-456. Retrieved from <http://doi.org/10.1111/j.15405885.2008.00313.x>
- Verganti, R. (2009). *Design-Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*. Harvard Business Press, First edition. Boston.
- Verganti, R. (2017). *Overcrowded: Designing Meaningful Products in a World Awash with Ideas*. The MIT Press, First edition. Cambridge.
- Vilcahuaman, L. (2013). *Early Diagnosis of Diabetic Foot Using Thermal Images*. Universite D'Orleans. Lima, Peru.
- Yagita, H., & Shirasaka, S. (2015). Solving agricultural challenges in Japan through Scenario-based Amorphous Design approach. 24th International Association for Management of Technology Conference: Technology, Innovation and Management for Sustainable Growth, IAMOT 2015, 2672–2686. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.084959269467&partnerID=40&md5=14800445a7833637979e8ccd111f8e6b>
- Zampollo, F. (2015). *Design - Driven Innovation VS User - Centred Design . Not Really ...* Research Gate.

# APÉNDICES



## 9. APÉNDICES

### 9.1 Formatos a llenar en la evaluación osteomioarticular

Castro G y col.

#### ACTUACIÓN PODOLÓGICA EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL PIE DIABÉTICO

PROTOCOLO PACIENTE DIABÉTICO		Fecha		
Nombre:	Apellidos:	Edad		
Sexo	V	H	Fecha detección de la enfermedad	Tipo
				I
				II
*Factores de riesgo				
> de 40 años		SI	NO	
-Diabetes > de 10 años de duración		SI	NO	
-Complicaciones asociadas		SI	NO	
	Oculares	SI	NO	
	Renales	SI	NO	
	Cardiovasculares	SI	NO	
	H.Y.A.	SI	NO	
	S/N Periférico	SI	NO	
	S/N Autónomo	SI	NO	
-Tabaquismo		SI	NO	
-Alcoholismo		SI	NO	
-Bajo nivel socio -económico		SI	NO	
*Exploración física		Izquierdo	Derecho	
-Trastornos trófico -cutáneos				
-Atrofia celular subcutánea				
-Piel lustrosa / seca / escamosa				
-Fisuras talón / prominencias				
-Hiperqueratosis:				
Localización				
-Lesiones Micóticas				
Localización				
-Engrosamiento ungueal				
Localización				
-Trastornos de la pilificación				
-Trastornos de la sudoración				
-Trastornos estructurales				
-Deformidades del pie				
-Deformidades de los dedos				

Figura 3. Historia clínica y exploración física en el paciente con pie diabético.

<b>EXPLORACIÓN NEUROLÓGICA</b>						
*Reflejo rotulario:	Normal	I	D	Disminuido	I	D
*Reflejo aquileo:	Normal	I	D	Disminuido	I	D
*Sensibilidad táctil:	Normal	I	D	Disminuido	I	D
*Sensibilidad térmica:	Normal	I	D	Disminuido	I	D
*Sensibilidad dolorosa:	Normal	I	D	Disminuido	I	D
*Sensibilidad vibratoria	Graduación		Izquierda		Derecha	
			Rótula		Rótula	
			Maleólo Int:		Maleólo Int:	
			Cabeza 1er Met		Cabeza 1er Met	
*Signo de Romberg			Normal		Alterado	
<b>-Exploración vascular</b>			<b>Izquierdo</b>		<b>Derecho</b>	
-Coloración pierna/pie						
-Frialdad cutánea/plantar						
-Pulsos - tibial posterior						
		Pedio				
Tiempo de repleción venosa (en seg)						
Oscilometría (valores)						
Índice presión maleólo/brazo						
		Muslo/brazo				
*Doppler gráfico			<b>Izquierdo</b>		<b>Derecho</b>	
Curva velocidad de flujo femoral			Perf simet	Perf asim	Perf simet	Perf asim
Curva velocidad de flujo poplítea						
Curva velocidad de tibial p.						
Curva velocidad de flujo pedia.						
<b>*Pruebas complementarias</b>						
-Pedigrafías						
-Radiografías						
<b>Observaciones</b>						
<b>NIVEL DE RIESGO</b>			I		II	III

Figura 4. Historia clínica y exploración física en el paciente con pie diabético.

**ACTUACIÓN PODOLÓGICA EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL PIE DIABÉTICO**

VISITAS CONTROL PROCESO ULCERATIVO			Fecha			
Nombre:	Apellidos:		Edad			
Sexo	V	H	Fecha detección de la enfermedad	Tipo	I	II
CURA NÚMERO						
-Evolución zona circundante			Igual	Mejora	Empeora	
-Dimensiones úlcera			Igual	Disminuye	Aumenta	
-Aspecto úlcera			Igual	Mejora	Empeora	
-Aparición signos infección			SI	NO	¿Cuándo?	
-Aparición signos reacción local			SI	NO	¿Cuándo?	
*Pruebas complementarias						
-Radiología	SI		NO			
-Resultados						
-Cultivo	SI		NO			
-Resultados						
*Tratamiento						
-F. Tópico			-Pauta			
-F. Sistémico			-Pauta			
-Tratamiento ortopodológico						
-Observaciones						
Próximo control			ALTA			

Figura 5. Historia clínica y exploración física en el paciente con pie diabético.

## 9.2 Consentimientos informados para paciente y médico.



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
Facultad de Ingeniería  
División de Investigación y Posgrado



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO      INSIGHTS    PACIENTE    N° \_\_\_\_\_

Querétaro, Qro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2017

Por medio de la presente acepto participar en la investigación titulada "Desarrollo de dispositivo auxiliar en la determinación temprana de úlceras en diabéticos con termogramas plantares". La cual está siendo realizada por la DI Mónica Ávila Moreno, quien se ha identificado como desarrolladora del proyecto.

Se me ha informado que el objetivo de la sesión a la cual estoy invitado(a) a participar es hacer toma de imágenes de las plantas de los pies con una cámara termográfica y toma de mis actividades en consulta con cámara fotográfica sin mostrar mi identidad o datos personales.

Así mismo se me ha explicado ampliamente lo siguiente:

- Se trata de una investigación sin riesgos para mi salud e integridad física, mental y social.
- Tengo libertad de retirarme de la investigación cuando así lo desee sin que ello ocasione daño físico o moral alguno a mi persona y sin que tenga necesidades de explicar los motivos de mi decisión.
- Toda la información que yo proporcione será manejada de forma confidencial garantizando mi derecho a la privacidad no registrando mi nombre, dirección, teléfono o algún otro dato personal en los resultados del estudio, mediante el cual me pudieran identificar personas ajenas a la investigación.
- Las preguntas y dudas que tenga sobre el desarrollo de la investigación y mi participación en ella, serán contestadas y aclaradas oportunamente por el investigador.
- Por disposición del protocolo médico, el investigador presente en la consulta mantendrá confidencialidad de la información proporcionada por el paciente, requerida para llenar el expediente médico.

\_\_\_\_\_  
Lic. D.I. Mónica Ávila Moreno  
RESPONSABLE

\_\_\_\_\_  
(firma o huella del dedo)  
PARTICIPANTE



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Ingeniería**  
**División de Investigación y Posgrado**



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO      INSIGHTS    MÉDICO N° \_\_\_\_

Querétaro, Qro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2017

Por medio de la presente acepto participar en la investigación titulada "Desarrollo de dispositivo auxiliar en la determinación temprana de úlceras en diabéticos con termogramas plantares". La cual está siendo realizada por la DI Mónica Ávila Moreno quien se ha identificado como desarrolladora del proyecto.

Se me ha informado que el objetivo de la actividad a la cual estoy invitado(a) a participar es con el objetivo de entrevistarme, generar un respaldo de mis actividades en consulta con cámara fotográfica sin mostrar la identidad del paciente.

Así mismo se me ha explicado ampliamente lo siguiente:

- Se trata de una investigación sin riesgos para mi salud e integridad física, mental y social.
- Tengo libertad de retirarme de la investigación cuando así lo desee sin que ello ocasione daño físico o moral alguno a mi persona y sin que tenga necesidades de explicar los motivos de mi decisión.
- Toda la información que yo proporcione será manejada de forma confidencial garantizando mi derecho a la privacidad no registrando dirección, teléfono o algún otro dato personal en los resultados del estudio, mediante el cual me pudieran identificar personas ajenas a la investigación.
- Las preguntas y dudas que tenga sobre el desarrollo de la investigación y mi participación en ella, serán contestadas y aclaradas oportunamente por el investigador.
- Por disposición del protocolo médico, el investigador presente en la consulta mantendrá confidencialidad de la información proporcionada por el paciente, requerida para llenar el expediente médico.

---

Lic. D.I. Mónica Ávila Moreno  
**RESPONSABLE**

---

(nombre y firma)  
**PARTICIPANTE**

### 9.3 Consentimientos informados para paciente y médico.

#### INFORMACIÓN EN LA QUE SE BASARÁ LA ENTREVISTA CON EL PACIENTE RESPECTO AL CONTROL Y CONOCIMIENTO DE LA DM2 (Daoud, N. & et al, 2016)

Datos	Respuestas
<b>VARIABLES DEMOGRÁFICAS</b>	
Edad	
Sexo	
<b>ESTADO SOCIOECONÓMICO</b>	
Educación	
Ingresos	
<b>VARIABLES CLÍNICAS</b>	
Año que fue diagnosticado DM2	
Último nivel de hemoglobina glucosilada (HbA1C)	
Índice de masa corporal	
Tipo de tratamiento para la DM2	
Ha recibido orientación	
<b>PRÁCTICAS DE AUTO CUIDADO</b>	
Dieta baja en grasas	
Dieta baja en azúcares	
Ejercicio	
Cuidado de pies	
Calzado adecuado	
Adormecimiento en extremidades	
Calor o frío en pies	
Hábito de tabaco o alcohol	
Último nivel de glucosa medido en casa/por el paciente	
Toma de medicamentos (Frecuencia)	
<b>ASIGNAR PUNTOS DE CONTROL PARA MEDIR ESCALA</b>	
Se percibe riesgo	
Susceptibilidad de la enfermedad	
Percibe beneficios	
Percibe impedimentos para tratamiento y control	
Percibe impedimentos económicos	

## 9.4 Formato de entrevista. Fuente: Elaboración propia con la asesoría del Dr. Jorge Raúl Palacios.

¿Qué se quiere obtener de la entrevista?

\*Variables (insights) para conceptualización del dispositivo médico.

¿Cómo conducir la entrevista semi-estructurada? Captura de fotos y/o video, grabación de audio.

- 1) Explicar a <<grosso modo>> el tema de tesis y objetivo, presentar consentimiento para firma.
- 2) Generar <<Rapport>> para empatizar con el entrevistado durante dos minutos previos a la aplicación de la entrevista.
- 3) Se procede a llenar el formato.

### Características demográficas

Edad/ Sexo/ Actividad en a que se desempeña/ Departamento o área en la que desempeña su función/ sector público privado.

### Operación-Ventas

- 1) ¿Demanda que tiene el mercado de equipo médico tomográfico? ¿Hay oferta?
- 2) ¿Cuál es la estrategia o cómo le haces para adquirir la información para saber que quiere tu cliente? ¿Dime cómo lo haces?
- 3) ¿Con qué nuevo producto y cómo logras interesar al cliente para que lo compre o adquiera?
- 4) ¿Rango de precio del equipo médico de análisis de imagen? Indícame un rango/ más o menos un precio para venta.
- 5) ¿Qué es lo que el cliente reclama?
- 6) ¿Cómo se sabe que se cumple con las necesidades y requerimiento del cliente?
- 7) ¿Se cubre la demanda de lo que pide el cliente con el diseño vendido?
- 8) ¿Cuáles son las necesidades no satisfechas?
- 9) ¿Qué no hay en productos y se tiene mercado o demanda?
- 10) ¿Tiempo que se utiliza para crear un producto?

### Ingeniería-Mantenimiento

- 1) ¿Qué dimensiones tienen los equipos médicos con los que interactuaras?
- 2) ¿Dificultades técnicas para dar mantenimiento o reparar un equipo médico?
- 3) ¿Qué errores cometen los operadores que provocan fallas?
- 4) ¿Qué refacciones (partes y/o insumos) tardan más en llegar para lograr una reparación?
- 5) ¿Cuáles son los más caros?
- 6) ¿Qué herramientas utilizas para dar servicio a los equipos?
- 7) ¿Utilizas manuales para intervenir los equipos? ¿Cómo son? ¿Son muy extensos?
- 8) ¿Te es cómodo dar el servicio a los equipos?

### Uso-Operación

- 1) ¿Qué tarea es la más compleja para operar el equipo?
- 2) ¿Es fácil de operar el equipo? ¿Los botones se relacionen con las funciones fácilmente?

9.5 Postal de invitación. Fuente: Diseño propio.



9.6 Folleto de información y selección para pacientes. Fuente: Diseño propio.

¡A Paso firme!  
Termografía GRATIS  
para la prevención de úlceras.

**Criterios de selección**

Pacientes de ambos géneros.  
Pacientes con DM tipo 2 diagnosticada.  
Con 6 años o más de evolución de la diabetes.  
Dentro de un rango de edades entre 35 y 80 años.  
Estar de acuerdo con el estudio.  
Criterios

**criterios de exclusión**

Ausencia de algún miembro inferior o alguno de los ortijos.  
Sin fracturas ni cirugías en los miembros inferiores.  
Sin presencia de úlceras o historial de úlceras.  
Que no acepten participar en el estudio.

**¿Qué es la termografía?**

El cuerpo humano es una máquina, al realizar actividades emite calor. Con la toma de un termograma es posible medir las temperaturas del cuerpo, no visibles para el ojo humano.  
En la medicina estas temperaturas ayudan a prevenir la evolución de enfermedades.

**¿Qué requieres para el estudio?**

Bañarse con jabón neutro.  
Se debe lavar todo el pie, sin olvidar las zonas debajo del pie y entre los dedos.  
No usar talco, cremas, pomadas o aceites,  
Llenar la hoja de datos, firmar el consentimiento informado y entregarlos al entrar al estudio.



**CITAS**

Su médico lo ha seleccionado como candidato para realizarse el estudio termográfico.  
**ES TOTALMENTE GRATUITO.**  
Asista:  
Martes 11 am  
Sábados 4 pm

**CLÍNICA SANTA BÁRBARA**

**CORREGIDORA**

Emilio Portes Gil S/N  
M40 L17  
Esq. Luis Echeverría  
Col. Santa Bárbara

**QUERÉTARO**

Teléfonos  
2252027  
2250171

[www.uaq.mx](http://www.uaq.mx)

**Pie**  
DIABÉTICO

## 9.7 Observaciones en consultas pacientes del 1 al 10, durante tres meses de seguimiento.

### Observaciones en consulta Febrero / Llenar formatos y auscultación tradicional.

Tiempos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Llenado de datos	24 min	20 min	17 min	16 min	15 min
Notas	Deja trabajo por malestar en los pies y piernas.	Molestia en la cabeza.	Placa y tornillo en pierna.	Disminución de la visión.	Indica angustia y preocupación.
Auscultación	20 min	14 min	19 min	18 min	19 min
Notas	Molestia en la rodilla derecha	Hongos en pies y cabeza.	Resequedad en pie.		Calambres en los pies.
Indicaciones	5 min	10 min	1 min	1 min	1 min
Notas	Se recomienda revisión.	Se da tratamiento, se explican cuidados y aplicación.	Se recomienda aplicarse Vaselina en los pies.		
Tiempo TOTAL	49 min	44 min	37 min	35 min	35 min

### Observaciones en consulta Marzo / Primera tomografía

Tiempos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Tomografía	Cámara Flir A310, escala de grises. Montaje de equipo 25 minutos.				
Notas	Enfriamiento en los dedos de ambos pies y algunas zonas de las plantas.	Enfriamiento en los dedos de ambos pies.	Temperatura uniforme en ambos pies, sin anomalía.	Pie derecho con menor temperatura.	Dedos del pie izquierdo con mayor temperatura que los derechos.
Temperatura pie					
Derecho	23.2	20.6	23.8	23.4	25.2
Izquierdo	25.6	20.6	26.6	25.2	27.8
Variación de temperatura entre pies.	2.4	0	2.8	1.8	2.6
Tiempo TOTAL	12:06	15:00	06:40	09:24	08:19

**Observaciones en consulta Abril/ Segunda toma termográfica**

Tiempos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Entrevista	12 min	10 min	5 min	7 min	
Notas	Manifiesta depresión y cansancio.	Se envía a consulta nutricional.			
Auscultación	3 min	6 min	1 min	2 min	
Notas	Sin actividad 6 min el sistema, se apaga. Ojo.	Perdida de sensibilidad en los dedos y planta de los pies.	Se realiza punsión en diversas partes del pie.	Se realiza punsión en diversas partes del pie.	
Tomografía Flir Lepton	10 min	14 min	13 min	6 min	
Notas	Pies más fríos que elacrílico, detecta la cámara.	Enfriamiento en los dedos de ambos pies.	La punsión se mezcla con la toma de termografía.	Sin anomalías se concluye.	
Tiempo TOTAL	25 min	30 min	19 min	14 min	

**Observaciones en consulta Mayo/ Tercera toma termográfica**

Tiempos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Entrevista	10 min	6 min			
Notas	Revisión de analgesico y vitaminas.				
Glucosa	129 mg/dl	141 mg/dl			
Auscultación	6 min	3 min			
Notas	Aumento de sensibilidad	Disminución de hongos en cabeza y pies.			
Tomografía Flir Lepton	13 min	13 min			
Notas	Se regularizan temperaturas de los pies dentro de rango [26 °C-35°C]	Se regularizan temperaturas de los pies dentro de rango [26 °C-35°C]			
Temperatura máxima en los pies	30.4	29.2			

Indicaciones	7 min	7 min			
Notas	Se pide continuar con nueva dosis de medicamentos.	Se pide continuar con la dieta y el tratamiento de los hongos.			
Tiempo TOTAL	36 min	29 min			

**Observaciones en consulta Mayo / Llenar formatos y auscultación tradicional.**

Tiempos	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10
Llenado de datos	13 min	8 min	14 min	13 min	6 min
Notas	Camina hasta 3 hrs. Diarias continuas.	Ojos y riñón daño no especificado	No se controla en dieta o realiza ejercicio.	No lleva control médico toma una raíz de Sonora.	Siente toques y adormecimiento, en ambos pies.
Auscultación	35 min	11 min	11 min	22 min	15 min
Notas	Piel reseca en planta y entre dedos.	Pies en buen estado.	Pies con adormecimiento.	Pies en buen estado.	Siente leves descargas. Posible cuadro de neuropatía.
Indicaciones	5 min	12 min	6 min	20 min	16 min
Notas	Modificar calzado y dieta.	Continuar asistiendo a podologo.	Se recomienda ejercicio y asistir a un podologo.	Se comienza tratamiento para control de azúcar.	Permanecer en alerta y aplicar cuidados de pie diabético.
Tiempo TOTAL	53 min	31 min	31 min	55 min	37 min

**Observaciones en consulta Junio / Primera tomografía**

Tiempos	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10
Tomografía	Cámara LEPTON, diapositivo compacto.				
Notas	En un dedo presnetá temperatura baja, aproximadamente 21°C	Enfriamiento en los dedos de ambos pies.	Gradiente de temperatura uniforme, dentro de rango.	Pies con gradientes dentro de rango.	Aparentemente pies dentro de los gradientes, sin embargo, no son simétricas las temperaturas.

Temperatura pies					
Temperatura máxima	29	32	29	33.8	30
Tiempo TOTAL	32:00	27:00	30:00	15:00	20:00

**Observaciones en consulta Julio/ Segunda toma termográfica**

Tiempos	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10
Entrevista	6 min	3 min	5 min	5 min	1 min
Notas	Gran enojo por la pérdida de sus pollos de corral.	Se percibe consumo indebido de harinas.	Se envía a consulta de optometría.	Deja de sentir la cabeza pesada.	Continúan descargas.
Tomografía Flir Lepton	10 min	9 min	7 min	6 min	6 min
Notas	Gradiente dentro de rango, aumenta la temperatura en el dedo, siguió indicaciones.	Las temperaturas están dentro de rango. No se percibe anomalía.	El gradiente es uniforme y dentro de rango, se percibe una variación de temperaturas mayores en el pie derecho.	Disminuye temperatura, gradiente de temperaturas dentro de rango.	Gradiente asimétrico en pies, sin embargo, dentro de rango de pie sano diabético.
Temperatura máxima	16	32	32	31	31
Tiempo TOTAL	16 min	12 min	12 min	11 min	7 min

## 9.8 Información registrada en los formatos llenos en los 10 pacientes

### Formatos podológicos en prevención y tratamiento del pie diabético

		Datos obtenidos				
Nº de Sección	Reactivos	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Sección 1	19	0	0	0	0	0
Sección 2	18	2	5	1	4	5
Sección 3	17	2	3	4	4	3
Sección 4	16	3	0	2	2	2
Sección 5	8	0	0	0	0	0
Sección 6	3	1	1	1	1	1
Sección 7	Sin ulceración, esta sección no aplica.					

		Datos obtenidos				
Nº de Sección	Reactivos	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10
Sección 1	19	12	9	14	11	11
Sección 2	18	10	9	8	6	9
Sección 3	17	8	4	5	10	4
Sección 4	16	4	5	4	8	7
Sección 5	8	0	0	0	0	0
Sección 6	3	1	1	1	1	1
Sección 7	Sin ulceración, esta sección no aplica.					

### Información de control y conocimiento de la DM2

Datos	Respuestas				
Variables demográficas	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Edad (años)	66	64	78	63	75
Sexo	Femenino	Femenino	Femenino	Femenino	Femenino
Estado Socioeconómico					
Educación	Primaria	Primaria	Primaria	Primaria	No
Ingresos	D	D	D	D	D
Variables clínicas					
Año que fue diagnosticado DM2	18	11	40	15	40
Último nivel de hemoglobina glucosilada (HbA1C)		8.1			
Índice de masa corporal	29.5	24.4	23.2	33.2	27.4
Tipo de tratamiento para la DM2	No recuerda el nombre	2	3	2	3
Ha recibido orientación	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Prácticas de auto cuidado					
Dieta baja en grasas	No	Sí	Sí	No	No
Dieta baja en azúcares	No	Sí	Sí	Sí	No

Ejercicio	No	No	Sí	No	No
Cuidado de pies	Corte uñas	Corte uñas	Corte uñas	Corte uñas	No
	Aceo	Aceo	Aceo	Aceo	
Calzado adecuado	No	Sí	Sí	No	No
Adormecimiento en extremidades	No	No	No	Sí	No
Calor o frío en los pies	No	No	No	No	No
Hábitos de tabaco o alcohol	No	No	No	No	Sí
Último nivel de glucosa medido en casa/por el paciente (mg/dl)	87	155	195	184	276
Toma de medicamentos (Frecuencia)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Asignar puntos de control para medir la escala					
Se percibe riesgo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Susceptibilidad de la enfermedad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Percibe beneficios	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Percibe impedimentos para tratamiento y control	Sí	No	No	No	No
Percibe impedimentos económicos	Sí	Sí	No	No	No

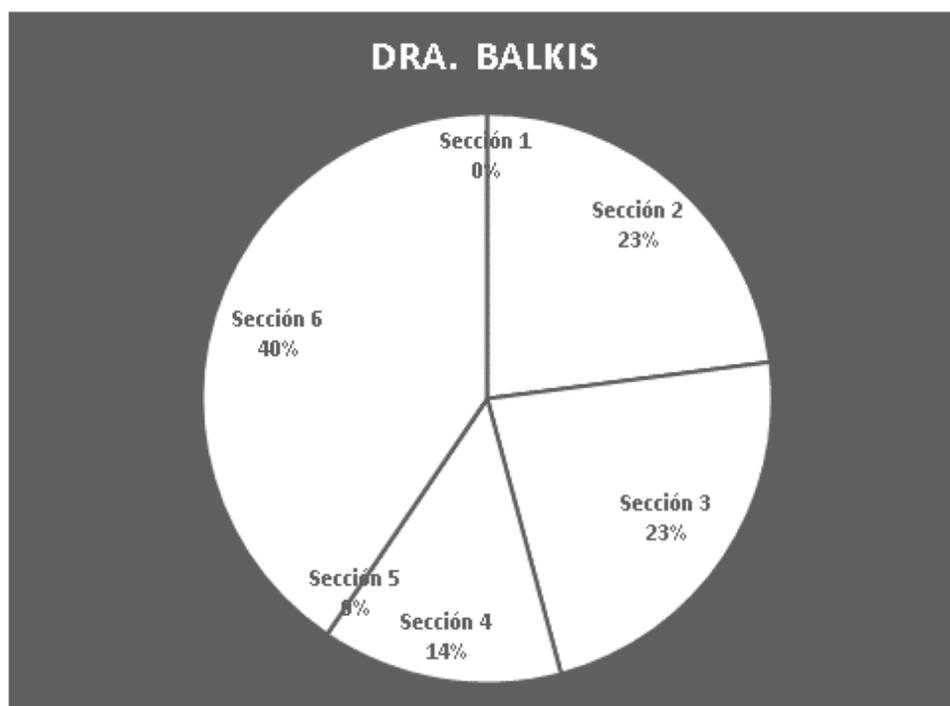
Datos	Respuestas				
Variables demográficas	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10
Edad (años)	73	48	79	54	60
Sexo	Femenino	Femenino	Femenino	Masculino	Femenino
Estado Socioeconómico					
Educación	No	Secundaria	No	Secundaria	Secundaria
Ingresos	D	D+	C	D	C
Variables clínicas					
Año que fue diagnosticado DM2 (Años)	11	10	26	2	8
Último nivel de hemoglobina glucosilada (HbA1C)					
Índice de masa corporal					
Tipo de tratamiento para la DM2	2	2	3	1	3
Ha recibido orientación	No	Sí	Sí	No	Sí
Prácticas de auto cuidado					
Dieta baja en grasas	Sí	No	No	No	No
Dieta baja en azúcares	Sí	No	No	No	No
Ejercicio	Sí	No	Sí	Sí	No
Cuidado de pies	No	Corte uñas	Corte uñas	No	Corte uñas
		Aceo	Aceo		Aceo

Calzado adecuado	No	No	Sí	No	Sí
Adormecimiento en extremidades	Sí	Sí	No	No	Sí
Calor o frío en los pies	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Hábitos de tabaco o alcohol	No	No	No	Sí	No
Último nivel de glucosa medido en casa/por el paciente (mg/dl)	340			500	
Toma de medicamentos (Frecuencia)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Asignar puntos de control para medir la escala					
Se percibe riesgo	Sí	No	No	Sí	Sí
Susceptibilidad de la enfermedad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Percibe beneficios	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Percibe impedimentos para tratamiento y control	Sí	No	No	Sí	No
Percibe impedimentos económicos	Sí	No	No	Sí	No

**9.9 Cálculo de porcentaje utilizado de los formatos de control de pie diabético durante la consulta.**

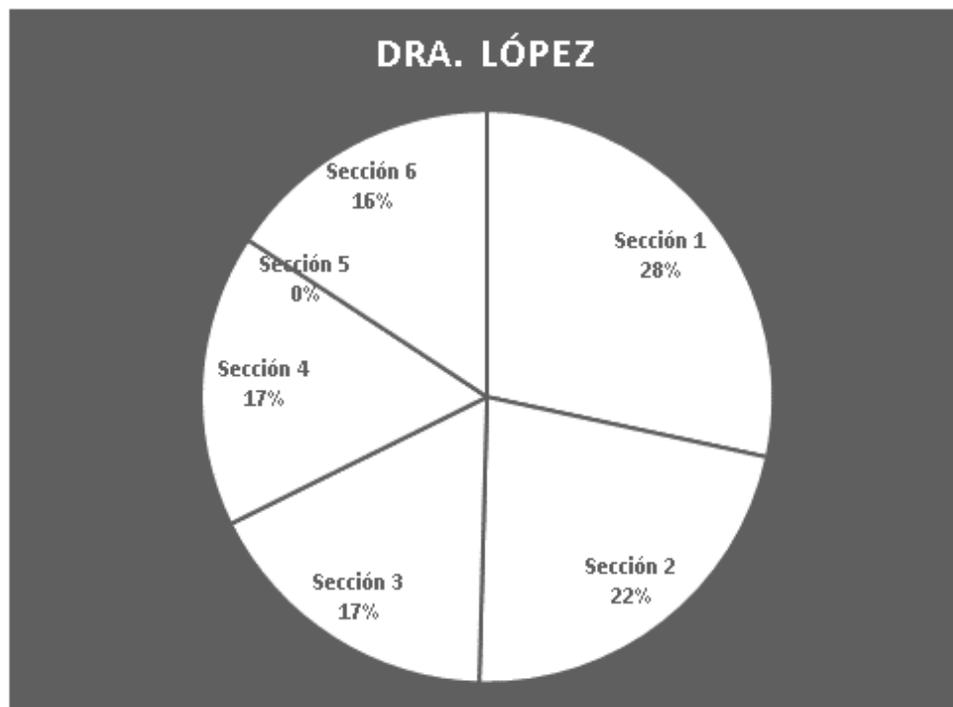
**Porcentaje utilizado de los formatos podológicos en prevención y tratamiento del pie diabético**

Nº de Sección	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Total
Sección 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sección 2	11,11%	27,78%	5,56%	22,22%	27,78%	18,89%
Sección 3	11,76%	17,65%	23,53%	23,53%	17,65%	18,82%
Sección 4	18,75%	0,00%	12,50%	12,50%	12,50%	11,25%
Sección 5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sección 6	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%
Sección 7	Sin ulceración, esta sección no aplica.					



**Porcentaje utilizado de los formatos podológicos en prevención y tratamiento del pie diabético**

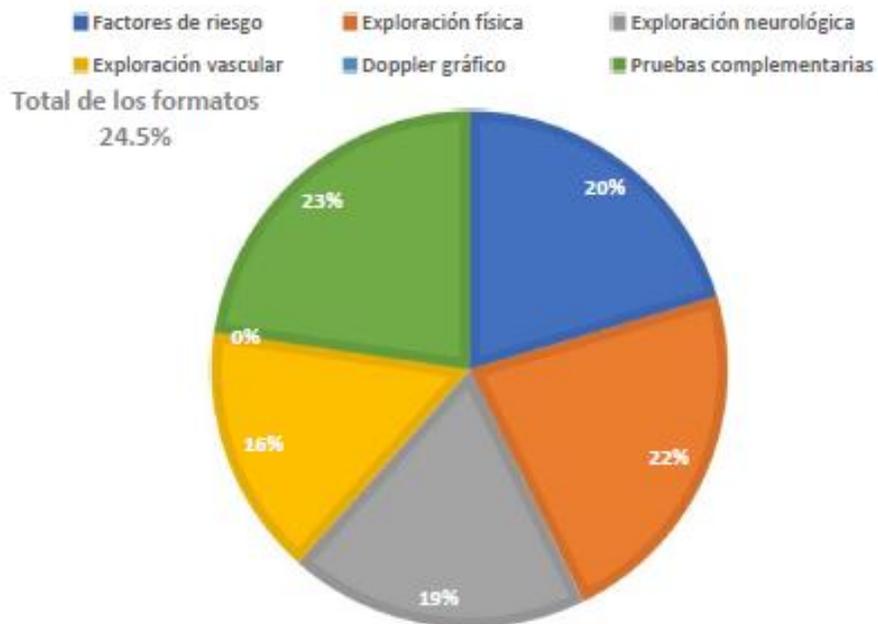
Nº de Sección	Paciente 6	Paciente 7	Paciente 8	Paciente 9	Paciente 10	Total
Sección 1	63,16%	47,37%	73,68%	57,89%	57,89%	60,00%
Sección 2	55,56%	50,00%	44,44%	33,33%	50,00%	46,67%
Sección 3	47,06%	23,53%	29,41%	58,82%	23,53%	36,47%
Sección 4	25,00%	31,25%	25,00%	50,00%	43,75%	35,00%
Sección 5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sección 6	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%	33,33%
Sección 7	Sin ulceración, esta sección no aplica.					



Porcentaje utilizado de los formatos podológicos en prevención y tratamiento del pie diabético

Nº de Sección	Variables	Porcentaje
Sección 1	Factores de riesgo	30,00%
Sección 2	Exploración física	32,78%
Sección 3	Exploración neurológica	27,65%
Sección 4	Exploración vascular	23,13%
Sección 5	Doppler gráfico	0,00%
Sección 6	Pruebas complementarias	33,33%
	Total	24,48%

**PORCENTAJE UTILIZADO DE LOS FORMATOS  
PODOLÓGICOS EN PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO  
DEL PIE DIABÉTICO**



## 9.10 Conclusiones de las características de la muestra de los pacientes tratados

Caracterización de muestra

Datos			
Edad	66 años		
Sexo	90%	10%	
	Mujeres	Hombres	
Educación	30%	40%	30%
	No asistió a la escuela	Primaria	Secundaria
Ingresos	70%	10%	20%
	D	D+	C
Años diagnosticado con DM2	18 años		
Último nivel de glucosa medido en casa/por el paciente	10%		
	Porcentaje de los pacientes que lo sabía		
Índice de masa corporal	24,80		
	Sobre el 50% de la muestra		
Número de medicamentos para la DM2	20%	40%	40%
	1	2	3
Ha recibido orientación	80%	20%	
	Sí	No	
Dieta baja en grasas	40%	70%	
	Sí	No	
Dieta baja en azúcares	40%	60%	
	Sí	No	
Ejercicio	40%	60%	
	Sí	No	
Cuidado de pies	70%		30%
	Corte uñas	Acce	No
Calzado adecuado	40%	60%	
	Sí	No	
Adormecimiento en extremidades	40%	60%	
	Sí	No	
Calor o frío en los pies	40%	60%	
	Sí	No	
Hábitos de tabaco o alcohol	20%	80%	
	Sí	No	
Último nivel de glucosa medido en casa/por el paciente	248		

	Sobre el 70% de la muestra		
Toma de medicamentos (Frecuencia)	90%	10%	
	Sí	No	
Se percibe riesgo	80%	20%	
	Sí	No	
Susceptibilidad de la enfermedad	100%	0%	
	Sí	No	
Percibe beneficios	Sí		
	Posterior a la primera termografía		
Percibe impedimentos para tratamiento y control	30%	70%	
	Sí	No	
Percibe impedimentos económicos	40%	60%	
	Sí	No	

## 9.11 Análisis de datos de la evaluación de ambos dispositivos, versión anterior y nueva propuesta.

Nº de encuestados	Datos Generales			Selección de dispositivo							
	Especialidad Académica	Edad	Género	A	B	Duradero	Perecedero	Pesado	Ligero	Intuitivo	Confuso
1	Enfermería	21	Fem		1	1	0	0	1	2	0
2	Enfermería	20	Fem	1		2	0	3	0	0	0
3	General	41	Fem		1	1	0	0	1	1	0
4	Enfermería	19	Fem		1	1	0	1	0	0	0
5	Enfermería	21	Fem		1	3	0	0	3	3	0
6	Enfermería	19	Fem		1	3	0	1	0	3	0
7	Enfermería	23	Fem		1	3	0	0	2	3	0
8	Enfermería	20	Fem		1	0	0	0	3	3	0
9	Enfermería	19	Fem		1	1	0	0	2	0	0
10	Enfermería	21	Fem		1	0	2	0	1	0	0
11	Enfermería	22	Fem		1	0	2	0	0	0	0
12	Enfermería	19	Fem		1	2	0	0	3	2	0
13	Enfermería	19	Fem		1	1	0	0	2	0	1
14	Maestría	34	Fem		1	3	0	1	0	3	0
15	Nutrición	35	Fem		1	2	0	0	3	0	0
16	Enfermería	34	Fem	1		2	0	2	0	1	0
17	Familiar	58	Fem		1	1	0	1	0	2	0
18	General	33	Fem		1	1	0	1	0	3	0
19	Enfermería	22	Masc		1	0	0	0	3	0	1
20	Enfermería	22	Masc	1		3	0	1	0	3	0
21	Enfermería	22	Masc	1		0	2	0	2	0	2
22	Enfermería	22	Masc		1	2	0	0	2	1	0
23	Internista	62	Masc		1	2	0	0	2	2	0
24	Enfermería	23	Masc		1	3	0	0	2	3	0
25	Internista	38	Masc		1	2	0	0	0	1	0
26	Enfermería	20	Masc		1	1	0	0	1	2	0
27	Enfermería	20	Masc		1	2	0	3	0	2	0
28	Nefrólogo	50	Masc	1		2	0	0	0	0	0
29	Cardiólogo	61	Masc		1	1	0	0	2	2	0
30	General	45	Masc		1	2	0	0	3	1	0
8	29,5			5	25						
				16,7%	83,3%						
						<b>A</b>	Duradero	Perecedero	Pesado	Ligero	Intuitivo
	Masc.	40%	M	10,0%	3	5	2	1	2	3	
	Fem.	60%	F	6,7%	2	0	5	0	1	0	
			Totales			5	7	1	3	3	
						<b>B</b>	Duradero	Perecedero	Pesado	Ligero	Intuitivo
			M	30,0%	9	18	2	4	17	17	
			F	53,3%	16	23	4	5	21	25	
						41	6	9	38	42	



## 9.12 Oficio de seguimiento de registro de Diseño Industrial ante el IMPI.

<input type="checkbox"/> Solicitud de Patente <input type="checkbox"/> Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad  <input checked="" type="checkbox"/> Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique cuál: <input checked="" type="checkbox"/> Modelo Industrial <input type="checkbox"/> Dibujo Industrial	<div style="text-align: right;"> <p><b>INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL</b>          Dirección Divisinal de Patentes</p> <p>OFICINA REGIONAL DEL BAJIO</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;">         Uso exclusivo Delegaciones y Subdelegaciones de la Secretaría Economía y Oficinas Regionales de IMPI.          Sello          Folio de entrada           Fecha y hora de recepción       </div> <div style="margin-top: 5px;">         Solicitud Expediente: <b>MX/F/2017/003669</b>          Fecha: 24/NOV/2017 Hora: 13:00:51          Folio: <b>MX/E/2017/086971</b> 846255  </div>														
Antes de llenar la forma lea las consideraciones generales al reverso															
<b>I DATOS DEL (DE LOS) SOLICITANTE(S)</b>															
El solicitante es el inventor <input type="checkbox"/> El solicitante es el causahabiente <input checked="" type="checkbox"/>															
1) Nombre (s): UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO 2) Nacionalidad (es): MEXICANA 3) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: CERRO DE LAS CAMPANAS, S/N, COL. LAS CAMPANAS. C.P. 76010 Población, Estado y País: QUERÉTARO, QUERÉTARO, MÉXICO. 4) Teléfono (clave): 442 1 92 12 00 ext. 3112      5) Fax (clave):															
<b>II DATOS DEL (DE LOS) INVENTOR(ES)</b>															
6) Nombre (s): LUIS ALBERTO MORALES HERNÁNDEZ, JUAN PRIMO BENÍTEZ RANGEL, IRVING ARMANDO CRUZ ALBARRÁN Y MÓNICA ÁVILA MORENO 7) Nacionalidad (es): MEXICANA 8) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: calle Cedro No. 40 Interior 70, Colonia Bosques de San Juan Población, Estado y País: SAN JUAN DEL RÍO, Qro., MEXICO 9) Teléfono (clave):      10) Fax (clave):															
<b>III DATOS DEL (DE LOS) APODERADO(S)</b>															
11) Nombre (s): JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS      12) R G P: 13) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: CERRO DE LAS CAMPANAS S/N, COL. LAS CAMPANAS C.P. 76010 Población, Estado y País: QUERETARO, QRO., MEXICO    14) Teléfono (clave): 442 1921200 EXT. 3110    15) Fax (clave): 16) Personas Autorizadas para oír y recibir notificaciones: ARTURO GARCÍA RAMÍREZ, HILARIO BENAVIDEZ MENDOZA, LUIS ALEJANDRO PACHECO MEJIA, LUIS ALBERTO MORALES HERNANDEZ															
<b>A. 17) Denominación o Título de la Invención: MODELO INDUSTRIAL DE ESCANER TERMÓGRAFICO</b>															
18) Fecha de divulgación previa Día   Mes   Año	19) Clasificación Internacional <span style="float: right;">uso exclusivo del IMPI</span>														
20) Divisional de la solicitud Número   Figura jurídica	21) Fecha de presentación Día   Mes   Año														
22) Prioridad Reclamada: País   Día   Mes   Año   No. de serie															
<b>Lista de verificación (uso interno)</b>															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">No. Hojas</th> <th style="width: 50%;">No. Hojas</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/> Documento de cesión de derechos</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Comprobante de pago de la tarifa</td> <td><input type="checkbox"/> Constancia de depósito de material biológico</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Descripción y reivindicación (es) de la invención</td> <td><input type="checkbox"/> Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Dibujo (s) en su caso</td> <td><input type="checkbox"/> Documento (s) de prioridad</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Resumen de la descripción de la invención</td> <td><input type="checkbox"/> Traducción</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Documento que acredita la personalidad del apoderado</td> <td><input type="checkbox"/> TOTAL DE HOJAS</td> </tr> </table>	No. Hojas	No. Hojas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Documento de cesión de derechos	<input type="checkbox"/> Comprobante de pago de la tarifa	<input type="checkbox"/> Constancia de depósito de material biológico	<input type="checkbox"/> Descripción y reivindicación (es) de la invención	<input type="checkbox"/> Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa	<input type="checkbox"/> Dibujo (s) en su caso	<input type="checkbox"/> Documento (s) de prioridad	<input type="checkbox"/> Resumen de la descripción de la invención	<input type="checkbox"/> Traducción	<input type="checkbox"/> Documento que acredita la personalidad del apoderado	<input type="checkbox"/> TOTAL DE HOJAS	
No. Hojas	No. Hojas														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Documento de cesión de derechos														
<input type="checkbox"/> Comprobante de pago de la tarifa	<input type="checkbox"/> Constancia de depósito de material biológico														
<input type="checkbox"/> Descripción y reivindicación (es) de la invención	<input type="checkbox"/> Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa														
<input type="checkbox"/> Dibujo (s) en su caso	<input type="checkbox"/> Documento (s) de prioridad														
<input type="checkbox"/> Resumen de la descripción de la invención	<input type="checkbox"/> Traducción														
<input type="checkbox"/> Documento que acredita la personalidad del apoderado	<input type="checkbox"/> TOTAL DE HOJAS														
Observaciones:															
Bajo protesta de decir verdad, manifiesto que los datos asentados en esta solicitud son ciertos.															
JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS Nombre y firma del solicitante o su apoderado	QUERÉTARO, QRO., A 25 DE NOVIEMBRE DE 2017 Lugar y fecha														

**9.13 Cita publicación “*Influence of design to implement a thermographic device for preventing diabetic foot ulceration*”.**

Avila-Moreno Mónica, Valencia-Henández José Omar y Morales-Hernández Luis Alberto (2017). *Influence of design to implement a thermographic device for preventing diabetic foot ulceration*. Conference Proceedings of the Design Management Academy, Research Perspectives on Creative Intersections, 1. 73-90.

## 9.14 Portada de publicación en DM A 2017 y UVM Querétaro.



# RESEARCH PERSPECTIVES ON CREATIVE INTERSECTIONS

## Influence of design to implement a thermographic device for preventing diabetic foot ulceration

AVILA-MORENO Monica\*; VALENCIA-HERNANDEZ Jose Omar and MORALES-HERNANDEZ Luis Alberto

Autonomous University of Queretaro, Mexico

\* Corresponding author: di.monicavila@gmail.com

doi: 10.21606/dma.2017.141

The term Design Thinking highlighted the importance of design as a creative tool in promoting effective innovation; its importance has been increasing in academia as in business. Thus, today design is a more recent area of investigation whose main requirements define the limits and perspectives according to theory. In practice, it is necessary to establish the differentiation of values and innovations that make the object of study desirable. This article aims to show that the Universidad Autónoma de Querétaro's (UAQ) design-led thermal camera research and development, encourages collaboration between researchers, engineers and designers to implement this technology in a medical device whose goal is to prevent the formation of ulcers in patients with diabetic foot. The concepts applied to reach the goal are "Radical change of meaning" and "Interpreters" of the Design-Driven Innovation and the adoption of the method called "Asignification" developed in Germany by The Dark Horse design studio.

*keywords: design; diabetic foot; innovation; thermography*

### Introduction

Design is inherent in any human development. Everything that surrounds us is a result of the creation and inventiveness of people and business force. The design process has led to research with the purpose of documenting how to apply creativity in the daily creation of competitive products or services. Among these aspects is the user-centred design of Don

26 June, 2017

Dear Ms AVILA-MORENO Monica,

This letter serves as confirmation of the following details:

Presenter/Author: **AVILA-MORENO Monica, Autonomous University of Queretaro**

Co-Author(s): **MORALES-HERNANDEZ Luis Alberto, VALENCIA-HERNANDEZ Jose Omar.**

Date of Presentation: **Thursday, 08 June 2017**

Presentation Topic: **Influence of design to implement a thermographic device for preventing diabetic foot ulceration.**

Published: **Conference proceedings of the Design Management Academy, Research perspective on creative intersections. Volume 1, 2017.**

The Design Management Academy team for Competitiveness thanks you for your attendance and contribution to the conference.

Congratulations,  
Organizing Committee  
DMA 2017



9.15 Certificaciones de nivel 1 y 2, Olimpiadas de la Innovación verano 2017.



# GLOBAL INNOVATION MANAGEMENT INSTITUTE

This is to certify that

*Monica Avila-Moreno*

has been formally evaluated for experience, knowledge and skills demonstrated in Innovation Management and is hereby bestowed the global credential of

## INNOVATION MANAGEMENT Level 2: Innovation Master

*In witness whereof, we have affixed our signatures under the seal of the Institute.*

*Ronald Jonash*

Certifying Examiner: **Ronald Jonash**  
Board Member, GIM Institute

*Hitendra Patel*

Exam Administrator: **Hitendra Patel**  
Managing Director, IXL Center

## 9.16 Vínculos a las publicaciones de difusión locales y nacionales del proyecto de investigación que ampara esta tesis.

<http://www.elgrafico.mx/queretaro/14-11-2017/estudiante-de-la-uaq-crea-escaner-contra-pie-diabetico>

<http://adninformativo.mx/tag/pie-diabetico/>

<http://vivecondiabetes.com/noticias-e-investigacion/7729-investigadores-mexicanos-dise%C3%B1an-esc%C3%A1ner-port%C3%A1til-que-anticipa-posibles-lesiones-de-pie-diab%C3%A9tico.html>

<http://www.noticiasdequeretaro.com.mx/2017/07/31/investiga-generar-dispositivo-diagnostico/>

<http://invdes.com.mx/agencia-id/disenan-investigadores-mexicanos-innovador-escaner-portatil-anticipa-posibles-lesiones-pie-diabetico/>

<http://www.cambiodigital.com.mx/v3/mosno.php?nota=356471>

<http://www.salud.carlosslim.org/expertos-mexicanos-crean-escaner-portatil-para-determinar-posibles-danos-por-pie-diabetico/>

<http://www.eluniversalqueretaro.mx/sociedad/13-11-2017/estudiante-de-la-uaq-crea-escaner>

<http://www.seciti.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/disenan-investigadores-mexicanos-innovador-escaner-portatil-que-anticipa-posibles-lesiones-de-pie-diabetico>

[https://issuu.com/universidadautonomadequeretaro/docs/gazzeta\\_268](https://issuu.com/universidadautonomadequeretaro/docs/gazzeta_268)

<https://ingenieria.uaq.mx/ingenieria-uaq-se-proyecta-a-nivel-mundial-en-las-olimpiadas-de-innovacion-2017/>

<http://www.salud.carlosslim.org/english2/mexican-researchers-designed-innovative-portable-scanner-that-anticipates-potential-diabetic-foot-lesions/>

<https://www.facebook.com/uaq.mx/posts/10155082230949849>

<https://www.facebook.com/fiuaq/posts/1486080831451580>

[https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/estudiante-de-la-uaq-crea-escaner-termico/?utm\\_content=buffer888d8&utm\\_medium=social&utm\\_source=facebook.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/estudiante-de-la-uaq-crea-escaner-termico/?utm_content=buffer888d8&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer)