



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

Desarrollo de un traje simulador de la tercera edad como herramienta de diseño empático

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestra en Diseño e Innovación

Presenta:

Diana Sarai González Bolívar

Dirigido por:

Dr. Juvenal Rodríguez Reséndiz

Dr. Juvenal Rodríguez Reséndiz
Presidente

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez.
Secretario

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera
Vocal

MI. Jorge Arturo García Pitol
Suplente

Dr. Fernando Maldonado Azpeitia
Suplente

Nombre y Firma
Director de la Facultad
Dr. Manuel Toledano Ayala

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma
Nombre y Firma
Director de Investigación y Posgrado
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

RESUMEN

El diseño actual para la tercera edad no toma en cuenta las necesidades del usuario, debido a una falta de conocimiento de la capacidad física. En este trabajo se propuso el desarrollo de un traje de simulación de edad, que funciona como una herramienta de diseño empático, para mejorar los productos que se centran en este sector. El traje contiene en su interior sensores que detectan datos de fuerza, presión y ángulos de inclinación ejercitables por el cuerpo humano, para obtener información que ayuda a realizar análisis ergonómicos y antropométricos, además de conocer las limitaciones físicas de las personas mayores. Utilizando como base los principios del Diseño Centrado en el usuario y el análisis de la experiencia del usuario, tiene en cuenta las respuestas psicológicas, la percepción, la preferencia y la comprensión de las emociones del usuario. La parte central del traje de simulación es la creación de empatía que opera como un proveedor de experiencias. Es importante empezar a crear productos teniendo en cuenta las necesidades físicas, psicológicas, sociales y emocionales del usuario, para obtener datos concretos para los requisitos del diseño del producto.

(Palabras clave: Simulación, Vejez, Empatía, Usuario, Diseño)

SUMMARY

The current design for age does not take into consideration the needs of the user, due to a lack of knowledge of psychical capability. This work proposed the development of an age simulation suit, which functions as an empathic design tool, to improve the products that focus on this sector. The suit contains within it, sensors that detect data for force, pressure and tilt angles exercisable by the human body, to obtain information that helps achieve ergonomic and anthropometric analysis, furthermore learn about the physical limitations of the elderly. Using as a basis the principles of Human Centered Design and analysis of the user experience, it takes into account psychological responses, perception, preference, and an understanding of the emotions of a user. The central part of the simulation suit is the creation of empathy which operates as a provider of experiences. It is important to start creating products taking into consideration the physical, psychological, social and emotional needs of the user, to obtain concrete data for the requirements of product design.

(Key words: Simulation, Elderly, Empathy, User, Design)

A los alumnos de los posgrados de la Universidad Autónoma de Querétaro

AGRADECIMIENTOS

A José, mi padre por siempre dar más de lo que puedes esperar, amor, paciencia, valores. Por trabajar tanto para sacar a mi familia adelante. A Isabel, mi madre, por el cariño, el entendimiento, la sensibilidad y la fortaleza que me ofreces toda la vida, no sería quien soy sin ustedes.

A Gautier por el ejemplo de madurez que siempre nos has dado a mis hermanos y a mí y ahora a tu hijo, por siempre apoyarme aunque a veces no entendieras mis razones para hacer las cosas. A Miguel por tu gran ejemplo de empeño y ganas de seguir aunque se cierren puertas. Ya que sin saberlo me has guiado a lograr todo esto, eres mi ejemplo a seguir. A Amaury mi hermanito, por tu fuerza a pesar de los obstáculos de la vida haz demostrado ser una gran persona, independiente y fuerte que consigue todo lo que se propone. Estoy muy orgullosa de ustedes y nunca podré terminar de agradecerles todo lo que han hecho por mí a lo largo de toda mi vida. Los amo.

A Rodolfo por tu amor incondicional. Por crecer conmigo y apoyarme en todo momento. No hay manera de explicarte todo lo que siento por ti. Y sobre todo gracias por impulsarme a conseguir mis sueños y metas.

A Karen por tu gran amistad, por ser mi compañera inseparable a lo largo de toda esta experiencia. Tú más que nadie sabe que no ha sido fácil. Pero te agradezco infinitamente por estar en mi vida.

A mi sínodo por el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros, por la paciencia, el apoyo moral y amistad formada a lo largo de estos dos años.

A CONACyT, por el apoyo financiero brindado a lo largo de la Maestría.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	13
2.1. Degeneración natural del cuerpo	16
2.2. Huesos	16
2.3. Ligamentos	17
2.4. Músculos	17
2.5. Articulaciones	18
2.6. Antropometría	19
2.7. Características antropométricas	19
2.8. Ergonomía	21
2.9. Percentiles	21
2.10. Diseño Centrado al Usuario (DCU)	21
2.11. Diseño de experiencia de usuario	22
2.12. Diseño empático	22
2.13. Empatía	23
2.14. Soluciones encontradas	23
III. JUSTIFICACIÓN	25
IV. HIPOTESIS	26
V. OBJETIVOS	26
5.1. Objetivo	26
5.2. Objetivos específicos	26
VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
6.1. Método de investigación	27
6.2. Etapa de información	28
6.3. Etapa de investigación	28

6.4. Etapa de diseño	28
6.5. Etapa de planeación.....	29
6.6. Construcción del prototipo.....	29
6.7. Marco contextual	29
6.8. Etapa de medición.....	29
6.9. Matriz de congruencia.....	30
6.10. Diseño de investigación.....	30
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
7.1. Etapa de información	31
7.2. Etapa de investigación.....	32
7.3. Etapa de diseño	33
7.4. Etapa de planeación.....	36
7.5. Construcción del prototipo.....	40
7.6. Marco contextual	46
7.7. Etapa de medición.....	48
7.8. Validación de aumento de empatía	48
7.8.1. Variables implicadas en las pruebas de aumento de empatía	48
7.8.2. Matriz de congruencia.....	49
7.8.3. Instrumentos de medición	49
7.8.3. Procesamiento de Datos.....	52
7.8.4. Especificación de la prueba.....	53
7.8.5. Análisis de formulario 1 (F1)	54
• Por usuario.....	54
• Por ítem.....	56
7.8.6. Análisis de formulario 2 (F2)	57

• Por usuario.....	58
• Por ítem.....	59
7.8.7 Análisis filtrados.....	59
• Factores.....	60
• Items.....	60
7.8.8. ANOVA.....	61
7.9. Pruebas de usabilidad de producto con traje simulador.....	61
7.9.1. Instrumento de medición.....	61
7.9.2. Segmentación de factores.....	62
7.9.3. Descripción de las pruebas.....	63
7.9.4. Procesamiento de datos.....	64
7.9.5. Análisis por factor.....	66
VIII. CONCLUSIONES.....	78
IX. TRABAJO FUTURO.....	79
Bibliografía.....	80
Anexo I.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuente: Documento digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el Censo de Población y Vivienda 2010. (INEGI, 2010).....	16
Tabla 2. Edad y Datos antropométricos de personas mayores de 60 años de una región rural del norte de México. (Heliodoro, et al., 1999).....	18
Tabla 3. Opciones de mediciones antropométricas de la población latinoamericana (Ávila Chaurand, et al., 2007).....	19
Tabla 4. Fuente: Elaboración propia, basado en características (Herrera, 2014) (Ávila Chaurand, et al., 2007).	32
Tabla 5. Fuente: Elaboración propia. Lista de componentes de mercado de proyecto.....	39
Tabla 6. Fuente: Elaboración propia. Lista de materiales de proyecto.....	40
Tabla 7. Fuente: Elaboración propia. Matriz de congruencia de variables.....	49
Tabla 8. Segmentos del instrumento, Fuente: (elaboración propia)	50
Tabla 9. Encuesta de percepción de empatía. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 10. Consistencias de alfa, (Tavakol, y otros, 2011).....	52
Tabla 11. Tabla general de análisis de fiabilidad, Fuente: Elaboración propia.	52
Tabla 12. Resultados de análisis de fiabilidad, Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 13. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F1 Fuente: elaboración propia	55
Tabla 14. Respuestas preliminares de instrumento de medición y usuario. Fuente: elaboración propia	56
Tabla 15. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems del F1 Fuente: elaboración propia.	56
Tabla 16. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F2. Fuente: elaboración propia	58
Tabla 17. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F2. Fuente: elaboración propia	59
Tabla 18. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F1. Fuente: elaboración propia..	60
Tabla 19. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F2. Fuente: elaboración propia..	60
Tabla 20, 21. Total de ponderaciones positivas y % por ítem entre el F1 y el F2. Fuente: elaboración propia	61
Tabla 22 Análisis de varianza.....	61

Tabla 23. Método de Validación para la Experiencia de Usuario (VEU), <i>items</i> seleccionados para pruebas de usabilidad.....	62
Tabla 24. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F2. Fuente: elaboración propia..	63
Tabla 25. Rangos de consistencia del VEU. Fuente: (Martínez Lara, 2018).....	63
Tabla 26. Resultados de pruebas de usabilidad	65
Tabla 27. Resultados del factor de usabilidad	66
Tabla 28. Resultados del factor de usabilidad	67
Tabla 29. Resultados del factor de interacción	67
Tabla 30. Resultados del factor de interacción	68
Tabla 31. Resultados del factor de interacción	69
Tabla 32. Resultados del factor de interacción	69
Tabla 33. Análisis de límite convergente en la actividad de caminar.....	73
Tabla 34. Análisis de límite convergente en la actividad de levamiento de objeto.....	75
Tabla 35. Análisis de límite convergente en la actividad de subir y bajar escaleras.....	76
Tabla 36. Análisis de límite convergente en la actividad de subir y bajar escaleras.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuente: (Ham Chande, 2011), documento digital del Consejo Nacional de Población, Octubre 2011.....	14
Figura 2. Fuente: Metodología de investigación del proyecto, en base al proceso de diseño según Gugelot (Rodríguez Morales, 2010).	27
Figura 3. Fuente: Elaboración propia. CTQ.....	33
Figura 4. Elaboración propia. Conceptualización de proyecto.	34
Figura 5. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, chaleco.	35
Figura 6. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, sujeciones superiores	35
Figura 7. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, sujeciones inferiores.....	36
Figura 8 y 9.- Proceso de prototipado, recorte de patrones	41
Figura 10 y 11. Proceso de prototipado, impedimentos de movimiento	42
Figura 12 y 13. Proceso de prototipado, costura de detalles.....	42
Figura 14. Proceso de prototipado, colocación de impedimentos de movimiento dentro del traje	43
Figura 15. Proceso de prototipado, colocación del bias en las orillas para cerrar	43
Figura 16. Proceso de prototipado, Arduino MEGA con bluetooth	44
Figura 17. Proceso de prototipado, placa de circuito impreso.....	44
Figura 18. Proceso de prototipado, captura de primer diseño de labVIEW	45
Figura 19. Proceso de prototipado, captura diseño final de labVIEW.....	45
Figura 20. Fuente: elaboración propia en base a Documento digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el Directorio Nacional de Asociaciones de y para Personas con Discapacidad (INEGI, 2010).	46
Figura 21. Usuario portando traje	54
Figura 22. Bastón utilizado en pruebas de usabilidad.....	64
Figura 23. Interfaz gráfica labVIEW. Fuente: elaboración propia.	70
Figura 24. Captura de datos labVIEW. Fuente: elaboración propia.	70
Figura 25. Usuario mayor utilizando el sensor muscular MyoWare.....	72

Figura 26 y Figura 27. Usuario realizando las pruebas caminando.....	72
Figura 28. Grafica de observación de rangos del pie en la actividad de caminar (usuarios jóvenes)	74
Figura 29. Grafica de observación de rangos del pie en la actividad de caminar (usuarios jóvenes)	74

I. INTRODUCCIÓN

La movilidad limitada puede suscitarse por diversas circunstancias durante el transcurso de la vida de las personas, acentuándose mayormente en la etapa de envejecimiento (García, et al., 2010), siendo ésta la principal característica del proceso de senectud en sus distintas facetas (Gutiérrez, 2010). La pérdida de la capacidad motora, trae como consecuencia que éste sector de la población sea sujeto al uso de diversos productos de apoyo que le permiten sostenerse, moverse o mantenerse activos (Dirk , et al., 2008). Sin embargo la mayoría de estos productos como son bastones, andadores, sillas de ruedas entre otros, son enfocados a personas que sufren discapacidad no genera por la edad, por lo cual su diseño, específicamente no enfocado en las necesidades de los adultos mayores, dificulta su uso en estos.

Actualmente existen metodologías de diseño de productos que suelen abordar la creación de productos inclusivos (productos que satisfacen las necesidades de la mayoría de los usuarios), tal como el diseño empático, una rama del diseño centrado al usuario (DCU) que busca interacciones directas entre el usuario y el desarrollador. Mediante el diseño empático se pueden identificar las necesidades básicas de los usuarios por medio de la observación y captura de datos.

Sin embargo no existe una forma precisa de creación de empatía entre los desarrolladores de productos y las personas de la tercera edad, lo que permitiría diseñar productos adecuados a ellos.

Por lo anterior, este proyecto pretende desarrollar un traje que simule las limitantes de movimiento de las personas de la tercera edad, para generar empatía en los diseñadores de productos para esta población, mediante el diseño centrado en el usuario y el diseño empático.

I. ANTECEDENTES

La tercera edad es definida como el resultado del desarrollo de un ciclo de vida, el cual ha sido enmarcado por diferentes características y etapas a lo largo de su vida (Rodríguez Daza, 2011). De acuerdo con datos del INEGI la esperanza de vida en México en 2015 fue de 72 años para hombres y 77 años para mujeres, el promedio de ambos sexos es 75 años, de los cuales llegan a edades extremas de 80 años (Ham Chande, 2011). A su vez el índice de envejecimiento es de 23 hombres y 28 mujeres por cada 100 niños (0-14 años), esta cifra relaciona los dos extremos de las edades, dando cuenta del balance entre generaciones, y nos dice que el total es de personas mayores de 60 años en México (INEGI, 2015).

México experimenta un proceso de envejecimiento que se acelerará en las próximas décadas. El contexto es muy delicado porque gran parte de los adultos de 65 años o más enfrenta condiciones económicas precarias y seguirá altamente apegado a su vivienda y a su familia (CONAPO, 2015). Estos grupos de personas de la tercera edad aumentara con respecto a otros grupos de edad, en un proceso ineludible que finalmente supone una perenne estructura envejecida (CONAPO, 2011). En la gráfica 1 se ilustra desde 1970 y nos dice que en el año 2000 el índice de envejecimiento era de 13.7 personas de la tercera edad por cada 100 niños (0-14 años), y aumenta de manera notoria, en 2010 es ya de 21.4. Se proyecta que después del 2040 existan más personas de la tercera edad que jóvenes y que esta diferencia crezca notoriamente para ser de 130 en 2050.

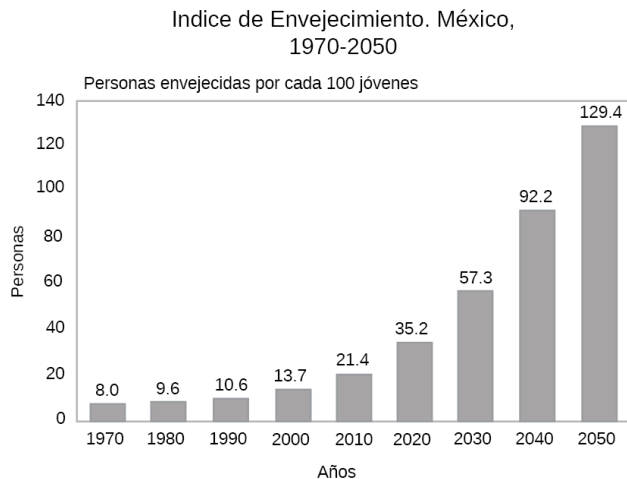


Figura 1. Fuente: (Ham Chande, 2011), documento digital del Consejo Nacional de Población, Octubre 2011.

La característica fundamental del proceso de envejecimiento en sus distintas facetas es la pérdida de la reserva funcional (Gutiérrez, 2010). La movilidad limitada puede suscitarse por diversas circunstancias durante el transcurso de la vida de las personas y se acentúa en el envejecimiento. Además, el cambio en los patrones de mortalidad ha propiciado el aumento de la población en edad avanzada.

El INEGI en el Censo General de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010), se pregunta por la existencia de discapacidades en las categorías que se muestran en el cuadro 2, donde se presentan las estimaciones de prevalencia por hombres, mujeres y para ambos sexos. Por ejemplo, 15.4 por ciento de los hombres en edades [65-69] presentan alguna discapacidad, de los cuáles 63.4 por ciento tienen problemas para caminar o moverse. En ese mismo grupo de edad 15.7 por ciento de las mujeres tienen alguna discapacidad de las cuales 69.5 por ciento es por el mismo problema de movilidad. De esa misma manera se pueden leer el resto de los datos que dan cuenta de los incrementos por edad y las diferencias de sexo. Los porcentajes por tipo de incapacidad suman más de 100 debido a la presencia de más de una incapacidad en una misma persona, como se muestra en el Cuadro 2 (Ham Chande, 2011).

En México se encuentran 603 centros de rehabilitación motriz, de los cuales 447 corresponden a centros que atienden a pacientes en general incluyendo a personas de la tercera edad, y existen 15 que se enfocan solamente a la vejez.

Distribución de la población por limitación en caminar y moverse en México, 2010			
Con limitación en la actividad			
Grupos de edad	Total	Caminar o moverse	Sin limitación en la actividad
Nacional	4.1	53.6	95.9
Menos de 65 años	2.7	43.6	97.3
65 a 69 años	15.5	66.7	84.5
70 a 74 años	21.1	69	78.9
75 a 79 años	28.2	70.4	71.8
80 y más	41.6	72.4	58.4
Hombres	4.2	50.3	95.8
Menos de 65 años	2.9	42.1	97.1
65 a 69 años	15.4	63.4	84.6
70 a 74 años	20.7	65.5	79.3
75 a 79 años	27.7	66.5	72.3
80 y más	40.5	68	59.5
Mujeres	4	57	96
Menos de 65 años	2.5	45.3	97.5
65 a 69 años	15.7	69.5	84.3
70 a 74 años	21.4	71.9	78.6
75 a 79 años	28.6	73.6	71.4
80 y más	42.5	75.6	57.5

Tabla 1. Fuente: Documento digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el Censo de Población y Vivienda 2010. (INEGI, 2010)

2.1. Degeneración natural del cuerpo

El envejecimiento se puede definir como un proceso de deterioro, donde se suman todos los cambios en el organismo que conducen a alteraciones funcionales o muerte.

El deterioro depende de del tipo de vida que lleva cada individuo. Por ejemplo las costumbres de actividad o sedentarismo, tipo de alimentación, características hereditarias de longevidad e incluso por su sexo. También influye en estos casos a nivel social, la exposición de la persona a los agentes biológicos, infecciones, tabaquismo, enfermedades etc.

2.2. Huesos

El esqueleto proporciona apoyo y estructura al cuerpo. Las articulaciones son las áreas en donde se unen los huesos y proporcionan la flexibilidad al esqueleto para el movimiento. En una articulación, los huesos no tienen contacto directo entre sí, sino que están amortiguados por cartílagos, membrana sinovial alrededor de la articulación y líquido.

La columna está conformada por huesos llamados vértebras y entre cada hueso se encuentran unos cojines de la masa o densidad ósea se pierde a medida que las personas envejecen, ya que los huesos pierden calcio y otros minerales. Además, las vértebras pierden parte de su contenido mineral, haciendo que cada hueso sea más delgado. La columna vertebral se vuelve curva y comprimida. Los arcos del pie se vuelven menos pronunciados, lo que contribuye a una pérdida ligera de estatura. Los huesos largos de los brazos y las piernas, a pesar de ser más frágiles debido a la pérdida mineral, no cambian de longitud. Esto hace que los brazos y las piernas se vean más largos al compararlos con el tronco acortado. Los huesos se vuelven más frágiles y se pueden romper con más facilidad. Se presenta disminución de la estatura, principalmente debido al acortamiento del tronco y la columna (Kluwer, 2009).

2.3. Ligamentos

Entre los efectos ocasionados por el envejecimiento se mencionan, la disminución de la agilidad, la coordinación, los trastornos del equilibrio, la disminución de la movilidad articular y un aumento de la rigidez de cartílagos, tendones y ligamentos (Mazzeo, et al., 1998).

2.4. Músculos

La sarcopenia es un término que indica la pérdida extrema de masa muscular que deja a la persona mayor incapaz de realizar muchas actividades de la vida diaria, siendo este un factor importante que conlleva al deterioro de la calidad de vida. La pérdida de masa muscular en las piernas y los cambios en la forma del cuerpo pueden afectar el equilibrio, contribuyendo a que se presenten caídas. Ana Becerril y entre otros autores concuerdan con que hay una pérdida en el número de fibras musculares relacionadas con el aumento de la edad. Esta se hace más evidente después de los 70 años, debido principalmente a la disminución en el tamaño y número de las fibras musculares y al desuso.

Niveles moderados de fuerza son necesarios para realizar las actividades de la vida diaria, tales como cargar alimentos, compras diversas, subir escaleras y para salir del asiento de los automóviles. La fuerza y la resistencia muscular son importantes recursos para todos los individuos, teniendo una importancia particular en cada rango de edad. Una sustancial pérdida de la fuerza de las piernas y de la baja espalda en personas mayores, no sólo limita la locomoción sino que también se asocia con un incremento en el riesgo de caídas. Una adecuada fuerza en las

piernas puede prevenir una caída por diversas razones, como corrección de la pérdida momentánea del balance con el objeto de prevenir caídas catastróficas y la fuerza de miembros superiores puede reducir la cantidad de lesiones que resultan de una caída por falta de fuerza para estabilizar las articulaciones durante la caída (Becerril, 2000).

2.5. Articulaciones

Las articulaciones están formadas por huesos y, entre ellos, hay un cartílago que los tapiza y los protege, favoreciendo además la movilidad articular. Con el paso de los años, nuestro organismo se va deteriorando y las articulaciones también sufren un proceso de desgaste en el que el cartílago pierde agua y se vuelve más frágil. Lo que es una evolución que podríamos llamar "normal", se puede acelerar si existen antecedentes familiares, si los componentes de la articulación "no encajan bien" por problemas congénitos, si la persona es obesa o si realiza un tipo de actividad que sobrecargue las articulaciones (Reumatología, 2010).

	Mujeres (n= 22)	Hombres (n= 32)	p
Edad (años)	68.8 (65.5-72.1)	68.6 (66.2-70.9)	0.92
Peso (kg)	66.3 (61.1-71.5)	71.9 (66.4-77.4)	0.15
Talla (m)	1.55 (1.53-1.58)	1.67 (1.66-1.69)	0.001*
IMC (peso kg/talla ²)	27.2 (25.4-29.0)	25.5 (23.8-27.3)	0.18
Talón-Rodilla (cm)	48.2 (46.9-49.5)	52.5 (51.8-53.2)	0.001*
Pliegue cutáneo bicipital (mm)	14.1 (11.3-16.9)	5.1 (4.1-6.2)	0.001*
Pliegue cutáneo tricpital (mm)	21.6 (18.1-25.2)	11.1 (9.4-12.8)	0.001*
Pliegue cutáneo subescapular (mm)	17.8 (14.9-20.7)	15.4 (13.2-17.6)	0.17
Pliegue cutáneo suprailiaco (mm)	21.7 (18.8-24.5)	8.4 (7.3-9.4)	0.001*
Circunferencia de cadera (cm)	101.6 (96.1-105.2)	96.2 (93.6-98.8)	0.68
Circunferencia de cintura (cm)	98.3 (92.5-104.0)	95.1 (89.1-101.2)	0.47
Relación cintura-cadera	0.97 (1.00-1.02)	0.98 (0.94-1.03)	0.70

IMC: índice de masa corporal

* Diferencias significativas por sexo $p < 0.001$

Nota: los valores promedio se presentan como medias (intervalos de confianza al 95%)

Tabla 2. Edad y Datos antropométricos de personas mayores de 60 años de una región rural del norte de México. (Heliodoro, et al., 1999).

Las dimensiones de los objetos requieren ser determinadas a partir de las medidas del cuerpo. Para que los objetos puedan ser utilizados por diversos usuarios, es importante identificar las medidas que son críticas para que sean adecuadas las dimensiones de los objetos para los sujetos que los usarán (Villareal E, 2016).

2.6. Antropometría

El progresivo deterioro biológico y consecuente aumento de problemas de salud asociados al envejecimiento, son la resultante de la interacción de factores genéticos y ambientales, tales como estilos de vida, hábitos alimentarios, actividad física y presencia de enfermedades.

Las limitaciones funcionales, definidas como la restricción de las capacidades físicas o mentales para efectuar las tareas que requiere una vida independiente, son importantes predictores de mortalidad, morbilidad y discapacidad en el adulto mayor. Uno de los hechos centrales que acompañan al envejecimiento son los cambios en la composición corporal, la disminución de la fuerza muscular impacta negativamente sobre el desempeño físico y limita la movilidad, lo que se asocia con dependencia funcional y aumento de morbilidad y mortalidad (Arroyo, et al., 2007).

2.7. Características antropométricas

En el libro “Bodyspace, Anthropometrics, Ergonomics and Design for Work” (Pheasant, et al., 2005) así como en el libro “dimensiones antropométricas de población latinoamericana” (Ávila Chaurand, et al., 2007) se menciona que existen varias dimensiones humanas que no se deben pasar por alto a la hora de diseñar un producto.

OPCIONES DE MEDICIONES		
Peso	Altura de rodilla	Ancho de hombros bideltoides
Estatura	Altura poplítea	Ancho de cadera
Altura de ojos	Grosor de muslo	Longitud del miembro superior
Altura de hombros	Longitud de rodilla a nalga	Longitud del hombro a puño
Altura de codo	Longitud nalga a poplítea	Alcance para agarre horizontal
Altura de cadera	Longitud de la cabeza	Alcance para agarre vertical
Altura de los nudillos	Longitud de hombro a codo	Envergadura
Altura de punta de los dedos	Longitud de codo a punta de dedos	Envergadura de codos
Altura posición sentado	Profundidad de tórax	Longitud de la mano
altura de ojos posición sentado	Profundidad del abdomen	Ancho de la mano
Altura de hombros sentado	Ancho cabeza	Longitud del pie
Altura de muslos sentado	Ancho de hombros biacromial	Ancho del pie

Tabla 3. Opciones de mediciones antropométricas de la población latinoamericana (Ávila Chaurand, et al., 2007).

La antropometría se puede definir como la ciencia que estudia la medición del cuerpo humano y de sus partes con fin de establecer diferencias entre los seres humanos basándose en unos criterios de edad, sexo, raza, medio ambiente y situación socioeconómica (Moreno de la Fuente, et al., 2003).

Se define como el uso de métodos de medición física científica aplicada a los humanos para el desarrollo de estándares de diseño y con el propósito de asegurar la comodidad y seguridad de los productos que se desarrollen. En la antropometría aplicada al diseño interesan ciertas dimensiones que en la antropometría clásica no tienen utilidad tales como capacidades de alcance, mediciones en estado de reposo y de posición de pie, longitudes hasta los ojos, etcétera (Industrial, 2005). La aplicación de la técnica antropométrica en el diseño se ha convertido en una herramienta de uso indispensable para eliminar los diseños inadecuados como consecuencia de no considerar las características físicas de los sujetos que interactúan con los objetos de diseño (Flores, 2001). Las dimensiones de los objetos requieren ser determinadas a partir de las medidas del cuerpo. Para que los objetos puedan ser utilizados por diversos usuarios, es importante identificar las medidas que son críticas para que sean adecuadas las dimensiones de los objetos para los sujetos que los usarán (Villareal E, 2016).

La descripción antropométrica por grupos de edad en los adultos mayores es compleja debido a que algunas personas muestran pequeños cambios en la antropometría, mientras que otros muestran variaciones muy rápidas en pocos años, por ejemplo, en la estatura debido a la postura y a la altura cada vez menor de los discos intervertebrales.

La pérdida de altura de aproximadamente 1 cm por década, comenzando de la década de los 30 años es resultado de una combinación de factores (Rayo G, 2016):

- Aplanamiento de los discos vertebrales.
- Adelgazamiento general de todas las articulaciones cartilaginosas que soportan peso.
- Aplanamiento o adelgazamiento de los segmentos óseos de las vértebras.
- Aumento de la forma en S de la columna vertebral en vista lateral, sobretodo de la cifosis torácica.
- Desarrollo de escoliosis, desviación lateral de la columna vertebral en vista frontal.

En el diseño de productos, es importante tener en consideración la estandarización de dimensiones antropométricas enfocadas en una región en particular; ya sea que se trate de un producto que se maneja manualmente, como puede ser en el caso del diseño de un mueble o vehículo impulsado por medio de la fuerza humana.

2.8. Ergonomía

Ergonomía, la ciencia aplicada de diseño de los equipos destinados a reducir operador fatiga o malestar, se ha convertido en una zona indispensable de conocimientos para hoy gerentes de las instalaciones. La ergonomía se ha aplicado durante años, sobre todo por diseñadores industriales (Villareal E, 2016).

2.9. Percentiles

Los percentiles indican el porcentaje de personas entre la población (segmento) que tiene una dimensión corporal de cierto tamaño. En la antropometría, la población se divide para fines de estudios de 100 categorías: desde los más pequeños (en dimensión). Hasta los más grandes, con respecto a un tipo de medida (estatura, pesos, longitud de brazo, etc.). Se utiliza la curva de Gauss o Curva de distribución de frecuencia estándar para ilustrar los percentiles.

Los percentiles (P) más empleados en diseño ergonómico son el P 5 y el P 95, es decir, que se proyectan para un 90% de los usuarios. Sin embargo, cuando se trata de garantizar la seguridad del usuario, se emplea el P 1 y el P 99 que cubren a la mayor parte de la población, solo deja fuera un 2% (Cabello, 2010), los P son necesarios para definir cuáles son las dimensiones que se requieren de acuerdo al grupo de población para el cual se enfoca el diseño, se pueden definir los rangos de adaptabilidad, y por ejemplo de acuerdo a P 5, 50 o 95, definir tamaño pequeño, mediano o grande de un producto o diseño (Industrial, 2005).

2.10. Diseño Centrado al Usuario (DCU)

El DCU es una corriente que propone que los diseñadores comprendan el contexto de uso, esto significa un profundo entendimiento del usuario, del entorno donde desarrolla su trabajo y sus tareas. El diseño centrado al usuario contempla aspectos como el mantenimiento del producto o del sistema, la asistencia al usuario y la documentación. Este enfoque se caracteriza por la implicación activa de los usuarios en todo el proceso de diseño y un claro entendimiento de los requerimientos de uso, un reparto apropiado de funciones entre los usuarios - la tecnología, y un

equipo de diseño multidisciplinar (Herrera Saray, 2011) contempla aspectos como el mantenimiento del producto o del sistema, la asistencia al usuario y la documentación. Este enfoque se caracteriza por la implicación activa de los usuarios en todo el proceso de diseño y un claro entendimiento de los requerimientos de uso, un reparto apropiado de funciones entre los usuarios y la tecnología, y un equipo de diseño multidisciplinar (Herrera Saray, 2011). Para crear nuevos productos los diseñadores tienen que investigar cómo convertir sus ideas en diseños terminados, y también están obligados a evaluar sus productos en situaciones reales para comprobar su efectividad (Papanek, 1977).

2.11. Diseño de experiencia de usuario

Diseño de Experiencia de Usuario es una tendencia del diseño que busca generar productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales, logrando una mayor satisfacción y mejor experiencia de uso, con el mínimo esfuerzo. Se utiliza para tener una comprensión completa de las emociones del usuario, preferencias, percepciones, respuestas psicológicas que suceden antes y después de utilizar un producto (ISO 9241-210). Esta forma de análisis ayuda a conceptualizar de forma concisa los atributos del producto. A su vez ayuda a los diseñadores a desarrollar prototipos que satisfagan las necesidades del usuario (Borsci, et al., 2014).

2.12. Diseño empático

El diseño empático es una enfoque del DCU que permite exponer a los usuarios a la experiencia con algún producto en situaciones difíciles, esto ofrece a los diseñadores reunir y organizar datos recibidos al momento de la observación directa del usuario en interacción con un producto, para comprender sus necesidades y condiciones (Leonard, et al., 1997). El diseño empático busca adaptar de forma correcta distintos productos o servicios para favorecer al bienestar de usuario. Para esto se necesita un conocimiento completo de las características del usuario para comprender las condiciones de este sector poblacional y mejorar la interacción entre usuarios de la tercera edad y sus productos.

Es de vital importancia tomar en cuenta tanto limitaciones funcionales como mentales, características del proceso de envejecimiento, las cuales llevan a un gran grupo de personas a diferentes grados de dependencia funcional. Esto se debe en buena medida a la falta de adecuación de los entornos donde viven y a los productos que los componen. De esta manera se revela el

envejecimiento y sus limitaciones como un fenómeno amplio y duradero que se podría definir como una emergencia silenciosa, en donde es fundamental preservar la independencia de las personas para evitarles una doble angustia: la discapacidad y la vejez (Herrera Saray, 2011).

Para crear nuevos productos los diseñadores tienen que investigar cómo convertir sus ideas en diseños terminados, y también están obligados a evaluar sus productos en situaciones reales para comprobar su efectividad (Papanek, 1977).

2.13. Empatía

La empatía se produce por una imitación interna que tiene lugar a través de una proyección de uno mismo en el otro (Wispé, 1986). Existen dos enfoques en el estudio de la empatía, el disposicional y el situacional. La disposicional se refiere a las respuestas cognitivas definiéndola como un afecto compartido o sentimiento que otra persona siente (Stotland, 1969). La empatía situacional emplea medidas de ejecución en la evaluación, es decir, la empatía que efectivamente demuestra el sujeto en una situación concreta. La empatía requiere la adecuada identificación de las respuestas emocionales en otras personas e implica no sólo actitudes sino también habilidades o competencias bien definidas (Salovey, et al., 1990).

2.14. Soluciones encontradas

Actualmente existen diferentes trajes en el mercado, los cuales están enfocados directamente al ámbito médico o de cuidado para la tercera edad, además, fueron desarrollados en otros países tomando en cuenta antropometría de otra población, lo que provoca un poco viabilidad de uso en México.

KINdReD es un traje simulador de movilidad limitada el cual se enfoca en simular dos enfermedades de limitación motriz en extremidades superiores, artritis reumatoide y esclerosis múltiple. Este traje se utiliza para sustituir a estos usuarios en los análisis de usabilidad de productos para conocer sus necesidades y crear mejoras de diseño de los mismos (Armstrong, et al., 2015).

El Centro Insular de Validación de Ayudas Técnicas (CIVAT), es un centro de validación que ofrece apoyo a personas con discapacidad y de la tercera edad, por medio de cooperación con

diseñadores para proporcionar productos que faciliten el desarrollo de estas personas y mejoren su calidad de vida, y mejorar estos productos (CIVAT, Centro Insular de Validación, 2009).

PAUL suit por sus siglas en inglés *Premature Ageing Unisex Leisure*, se desarrolló como parte de un proceso de aprendizaje para estudiantes de medicina, con el fin de entender las dificultades que un adulto mayor puede tener. El traje puede ser ajustado para simular cierto rango de edad, falta de sensibilidad incluyendo déficits visuales y auditivos. Fue desarrollado por el Departamento de Salud Rural, de la Universidad de Sydney en Australia (Bennett, et al., 2015).

El traje de envejecimiento AGNES, diseñado para imitar las restricciones físicas de la vejez. Construido en 2005 por un equipo de investigadores del MIT Desarrollado por investigadores AgeLab y estudiantes, AGNES se ha calibrado para aproximar el motor, visual, flexibilidad, destreza y la fuerza de una persona en sus mediados de los años 70 (Wu, 2010).

El juego de simulación de edad KOKEN es un material didáctico destinado a demostrar las molestias sentidas por las personas de edad, debido a musculo esquelético, el envejecimiento visual y auditivo. Este sistema es el más adecuado para la práctica médica, de enfermería y la formación del bienestar (Hirotoomi, et al., 2010).

La medición de las capacidades físicas a través de la observación directa es atractiva porque este producto proporciona una medida objetiva y cuantificable del desempeño de las personas. Además, contiene ciertas ventajas teóricas en términos de validez, fidelidad, sensibilidad al cambio para el diseño de nuevos productos.

Por lo anterior, este proyecto busca desarrollar un traje simulador de la edad, generador de empatía, enfocado a conocer las limitantes físicas de los adultos mayores para mejorar el diseño de productos enfocados a dicho sector.

III.JUSTIFICACIÓN

Según la Organización mundial de la salud, entre los años 2000 y 2050 el número de personas mayores de 60 años en el mundo pasara de 605 millones a 2,000 millones. El incremento en esta población generará la necesidad de producir mejores herramientas, sistemas, productos y servicios para personas de la tercera edad, que estén diseñados de acuerdo a las limitadas condiciones de movilidad de esta población, que les permita una adecuada adaptación a la vida. Por ello, se requiere pensar en productos y servicios ergonómicos que atiendan los requerimientos de un usuario creciente en número en esta etapa de la vida (Flores, 2001).

Las personas de la tercera edad sufren de distintos niveles de dependencia funcional debido a la perdida de movilidad que se acentúa en edades avanzadas. Aunado a esto los productos que pueden ayudar a disminuir esta dependencia funcional, están enfocados directamente hacia personas con movilidad limitada no ocasionada por la edad, por lo que los adultos mayores deben adaptarse a este tipo de productos habituándose a condiciones de que comúnmente les ocasiona incomodidad. Es importante resolver este problema ya que no se deben seguir realizando productos sin tomar en cuenta las necesidades físicas, psicológicas, antropométricas de los usuarios. Además se debe empezar a crear esa empatía a la hora de diseñar, favoreciendo así la experiencia de uso en productos para la tercera edad.

Si se aumenta la empatía de los desarrolladores de productos, por medio de un traje simulador de la tercera edad, diseñado en base a sus características antropométricas, se facilitará el análisis de experiencia de usuario, mejorando así los productos que están en interacción con las personas mayores.

IV. HIPOTESIS

Es posible aumentar la empatía hacia las personas de la tercera edad al implementar un traje simulador que emule sus limitantes de movimiento, facilitando el análisis de la experiencia de usuario.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo

Desarrollar un traje que simule las limitantes de movimiento de las personas de la tercera edad, para generar empatía en los diseñadores de productos con el fin de mejorar la experiencia de usuario y el diseño empático.

5.2. Objetivos específicos

- Comparar las características antropométricas entre una población joven y una de la tercera edad.
- Diseñar un traje ergonómicamente funcional, que simule la limitación motriz de las personas de la tercera edad.
- Validar el incremento de empatía en los usuarios hacia las personas mayores por medio de una encuesta de percepción.
- Evaluar la usabilidad de un producto para personas de la tercera edad, por medio del traje simulador en personas jóvenes.
- Evaluar la funcionalidad la simulación por medio de pruebas entre población joven y de la tercera edad, obtenida por medio de un sistema de instrumentación.

VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación de diseño tipo mixta, con un enfoque experimental / transversal, de tipo aplicada. La investigación experimental se basa en la manipulación de variables en condiciones controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el efecto que producen las mismas. Los datos de este tipo de investigación son aleatorios. Se permite establecer distintas hipótesis y contrastarlas mediante su método (Hernández Sampieri, et al., 2006). La investigación aplicada por otro lado se orienta a la producción de conocimientos con el fin de mejorar o hacer más eficiente al sector productivo. Busca generar un bienestar a través de una mejora de métodos o conocimientos (Rojas Crotte, 2011). El principal beneficio de este tipo de investigación en el diseño es que en su fase investigativa, incluye tipos de experimentos que pueden llevar a la creación de prototipos.

6.1. Método de investigación

El método de la investigación está basado en la metodología de diseño de Hans Gugelot, (Rodríguez Morales, 2010). Gugelot propone esta metodología para el diseño de productos, y con base a la misma se dieron los fundamentos de la “buena forma”.

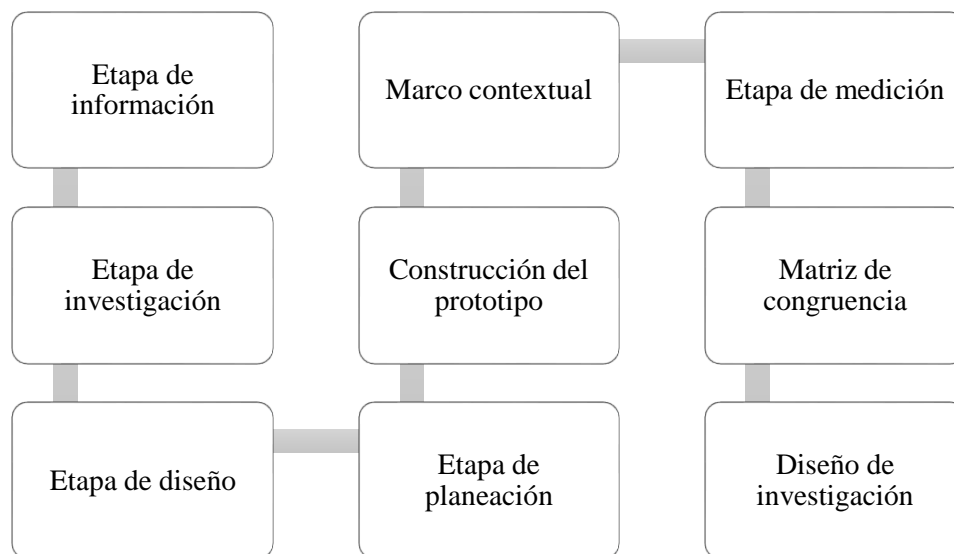


Figura 2. Fuente: Metodología de investigación del proyecto, en base al proceso de diseño según Gugelot (Rodríguez Morales, 2010).

Este proceso tiene varias etapas, las cuales son la etapa de información, de investigación, de diseño, de cálculo, de construcción del prototipo. Estas son las principales fases enunciadas en la metodología, sin embargo algunas de las mismas se adaptaron a los fines del proyecto, además se agregaron etapas posteriores a la de prototipado con el fin de considerar la etapa de validación del proyecto.

6.2. Etapa de información

En la etapa de información e investigación, se realizó un estudio documental que permitió conocer el problema y familiarizarse con el fenómeno a estudiar, lo que permitió conocer sobre las limitaciones que sufre el sector de la tercera edad, la evaluación del estado del arte, los antecedentes del problema, investigación de materiales, necesidades del usuario y contextualización del problema.

6.3. Etapa de investigación

En la etapa de investigación, se realizó un análisis de críticos de calidad (QFD), el cual es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los usuarios y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias; es decir, define los requisitos del producto. El enfoque central del QFD es involucrar al usuario en el desarrollo, lo antes posible, priorizando sus necesidades, encontrando respuestas innovadoras y mejorando procesos de producción (González, 2001).

6.4. Etapa de diseño

En la etapa de diseño se generó la conceptualización del producto, entendiéndose como conceptualización al desarrollo creativo del producto. Se tomó en cuenta el resultado de los análisis de productos existentes en antecedentes para generar los atributos tangibles del traje (forma, tamaño, color...), a su vez los requerimientos ergonómicos del producto en base a las limitaciones del sector de la tercera edad

6.5. Etapa de planeación

Esta etapa se ajusta el diseño del producto, con los respectivos materiales y componentes de mercado para proceder a la etapa de construcción de prototipo. La selección de los materiales fue como resultado del QFD donde se observaron los distintos requerimientos de producto.

6.6. Construcción del prototipo

En la etapa de construcción del prototipo, se realizó primero la compra de materiales y componentes de mercado, aunado a esto se comenzó con la mano de obra del prototipo con la colaboración de una Lic. Diseño de Modas de la ciudad de Querétaro. La modista sugirió algunos materiales que no fueron tomados en cuenta en primera instancia, y después fueron seleccionados por su precio y proveedores. Esta etapa se manejó con respecto a los objetivos iniciales, siguiendo los requerimientos de forma y diseño.

6.7. Marco contextual

El marco contextual de la investigación describe el lugar donde se ubicó el problema de investigación, además de la selección de la muestra para la validación del prototipo. Para su elaboración se realizó una investigación de los principales laboratorios de ergonomía, y centros de rehabilitación donde incluyeran a personas de la tercera edad, para poder generar un universo de la muestra.

6.8. Etapa de medición

La etapa de medición se divide en tres secciones que se presentan en base a los objetivos 4, 5 y 6 de la investigación. Los cuales fueron (4) validar el incremento de empatía en los usuarios hacia las personas mayores por medio de una encuesta de percepción, (5) evaluar la usabilidad de un producto para personas de la tercera edad, por medio del traje simulador en personas jóvenes, (6) evaluar la funcionalidad la simulación por medio de pruebas entre población joven y de la tercera edad, obtenida por medio de un sistema de instrumentación. Dichas etapas se encuentran desarrolladas en el capítulo de resultados y discusión.

6.9. Matriz de congruencia

La matriz de congruencia se utilizó en la etapa de validación del aumento de empatía, ya que su herramienta de medición fue una encuesta de percepción de empatía, a la cual se le realizó un análisis de confiabilidad. Esta herramienta brinda la oportunidad de abreviar el tiempo dedicado a la investigación, su utilidad permite organizar las etapas del proceso de la investigación de manera que desde el principio exista una congruencia entre cada una de las partes involucradas en el proyecto (Pedroza Rendón, 2005).

6.10. Diseño de investigación

Se llegó a la conclusión de que esta investigación es de tipo cuantitativa, con un enfoque experimental / transversal, de tipo aplicada. La investigación experimental se basa en la manipulación de variables en condiciones controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el efecto que producen las mismas. Los datos de este tipo de investigación son aleatorios. Se permite establecer distintas hipótesis y contrastarlas mediante su método (Hernández Sampieri, et al., 2006). La investigación aplicada por otro lado se orienta a la producción de conocimientos con el fin de mejorar o hacer más eficiente al sector productivo. Busca generar un bienestar a través de una mejora de métodos o conocimientos (Rojas Crotte, 2011). El principal beneficio de este tipo de investigación en el diseño es que en su fase investigativa, incluye tipos de experimentos que pueden llevar a la creación de prototipos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta el desarrollo e implementación del traje simulador de la tercera edad. Se muestran los resultados de los distintos análisis realizados y se discuten para darle forma a la investigación.

7.1. Etapa de información

En la etapa de información, se realizó una investigación de las características antropométricas de las personas de la tercera edad, así como un análisis comparativo de los percentiles entre personas mayores y jóvenes. Se realizó un estudio comparativo entre ambos percentiles (adultos jóvenes, adultos mayores), para llegar a un punto medio entre las medidas de los jóvenes con respecto a las características de los adultos mayores para llegar a una simulación exitosa. A su vez se tomaron en cuenta distintas características adicionales a las medidas antropométricas de los segmentos poblaciones, tales como pérdida de fuerza muscular después de los 70 años del 30% (sarcopenia), curvatura cervical mayor al 50% (cifosis cervical) y limitaciones del rango de movimiento en articulaciones del 25%.

Muestra comparativa entre segmentos de edad									
Dimensiones	Percentiles (adultos mayores)			Percentiles (adultos jóvenes)			Percentiles (punto medio)		
	5	50	95	5	50	95	5	50	95
1.- Peso (kg)	46.2	68	95.2	55.31	72.1	97.3	50.75	70.05	96.25
2.- Estatura	1519	1635	1746	1576	1668	1780	1547.5	1651.5	1763
3.- Altura de rodilla	406	458	506	434	476	526	420	467	516
4.- Altura de cadera	884	974	1062	N/A	N/A	N/A	884	974	1062
5.- Anchura máx. De cuerpo	439	506	586	455	520	596	447	513	591
6.- Diámetro transversal del tórax	269	314	366	293	338	398	281	326	382
7.- Diámetro bitrocancéntrico	309	348	401	310	341	387	309.5	344.5	394
8.- Prof. máx. del cuerpo	226	292	369	219	272	323	222.5	282	346
9.- Alcance del brazo frontal	549	620	687	590	648	810	569.5	634	748.5
10.- Alcance de brazo lateral	541	612	675	581	738	818	561	675	746.5
11.- Prof. de tórax	221	268	317	196	235	287	208.5	251.5	302
12.- Altura tobillo	68	82	98	54	72	88	61	77	93
13.- Perímetro del brazo	223	272	324	216	265	324	219.5	268.5	324

14.- Perímetro de pantorrilla	298	342	397	315	362	420	306.5	352	408.5
15.- Altura máx. muslo	175	225	277	127	150	178	151	187.5	227.5
16.- Altura poplítea	460	512	562	374	412	453	417	462	507.5
17.- Altura lumbar	514	554	604	N/A	N/A	N/A	514	554	604
18.- Anchura de cuello	99	114	128	97	109	122	98	111.5	125
19.- Longitud de la mano	165	184	200	158	170	185	161.5	177	192.5
20.- Longitud de palma de la mano	95	104	114	90	97	105	92.5	100.5	109.5
21.- Anchura de la mano	94	104	116	83	90	99	85.5	50	105
22.- Anchura de la palma de la mano	79	86	94	71	76	82	75	81	88
23.- Diámetro de empuñadura	38	44	51	39	45	50	38.5	44.5	50.5
24.- Longitud de pie	228	258	280	217	232	250	222.5	245	265
25.- Anchura de pie	88	10	111	83	90	99	85.5	50	105
26.- Anchura de talón	60	68	79	61	68	77	60.5	68	78

Tabla 4. Fuente: Elaboración propia, basado en características (Herrera, 2014) (Ávila Chaurand, et al., 2007).

Los resultados de la tabla 7, se utilizaron para la creación del prototipo del traje simulador de la tercera edad. Tomando en cuenta las diferencias entre ambos segmentos poblacionales y llegando a una media entre percentiles para desarrollar una simulación adecuada a las características antropológicas del sector de la tercera edad y que a su vez fuera enfocado al usuario joven.

7.2. Etapa de investigación

En esta etapa se realizó un análisis de las características críticas de calidad (QFD) para conocer los principales requerimientos para el desarrollo del traje simulador. Por medio de la evaluación de los productos existentes y del usuario, se obtuvo como resultado imagen 6. En donde se lograron conocer los factores de diseño de producto para un mayor acoplamiento con el usuario, los principios básicos de diseño inclusivo que promueven un enfoque centrado en la accesibilidad y usabilidad de productos con el objetivo de proporcionar productos que satisfagan a la mayor parte de la sociedad (Marshall, 2002). Otro de los factores fue que su diseño no fuera invasivo, es decir, que fuera práctico, que se adhiriera de forma sencilla al cuerpo y que su tamaño fuera lo más reducido posible tomando en cuenta los otros requerimientos.

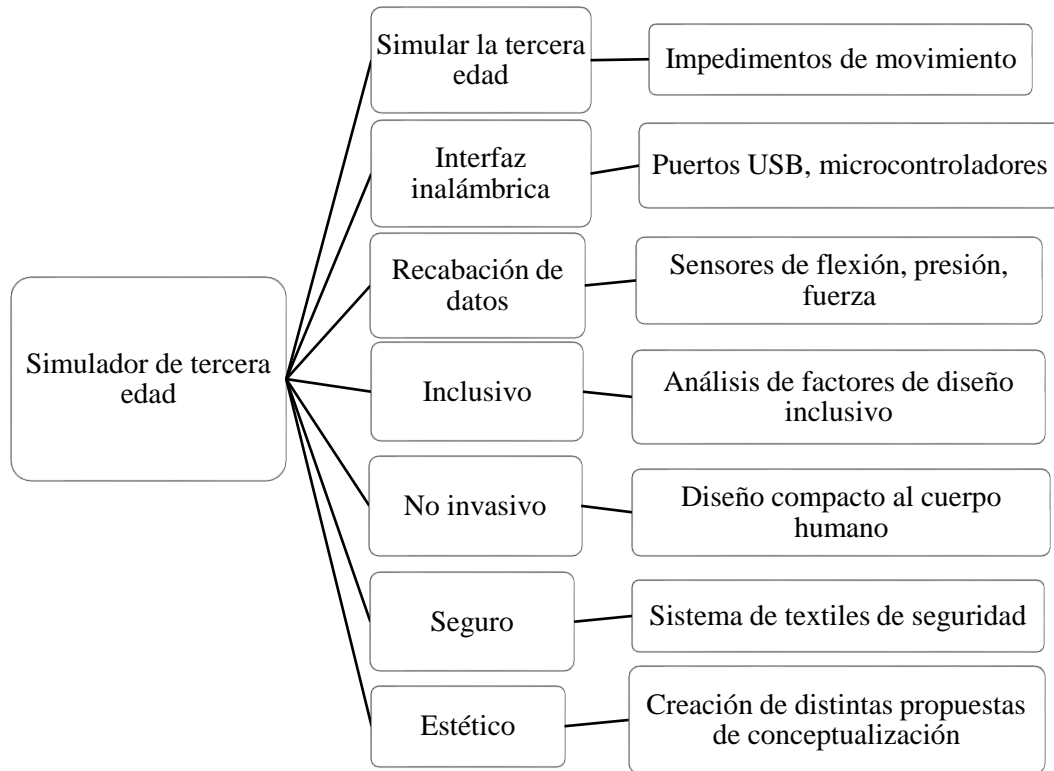


Figura 3. Fuente: Elaboración propia. CTQ.

7.3. Etapa de diseño

Se realizó una conceptualización del producto en primera estancia. El traje simulador de la tercera edad cuenta de 9 partes subdivididas en 3, que incluyen limitantes de movimiento (IM) y microcontrolador Arduino Mega (Ar), este último funciona como la interface de conexión de cada uno con diferentes tipos de sensores conectados adentro de él.

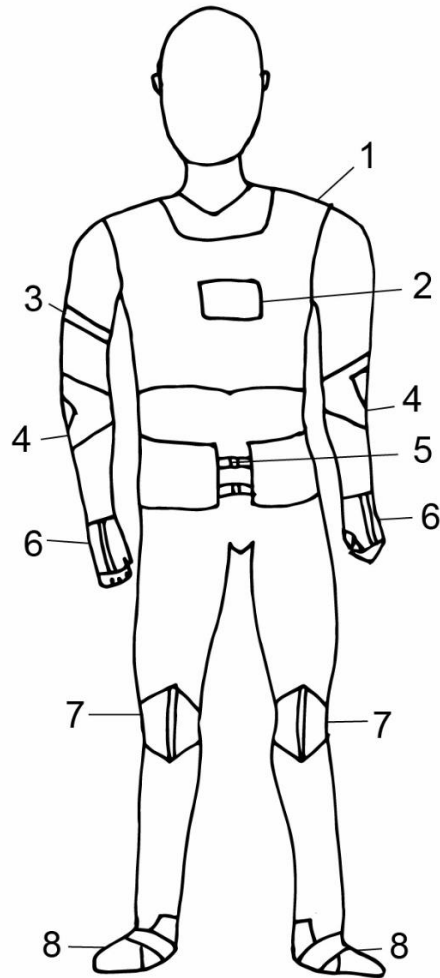


Figura 4. Elaboración propia. Conceptualización de proyecto.

- 1) IM Chaleco.- su función principal es simular la curvatura de dos puntos de la espalda, la cervical y el área lumbar, cuenta con dos sensores, *flex sensor 2.2"* y *4.5"* respectivamente.
- 2) Ar, Microcontrolador Arduino Mega.- función principal, realizar la interconexión e interfaz de sensores para su interpretación de datos.
- 3) Brazalete.- contiene el sensor *MyoWare Muscle* y su función principal es detectar el movimiento y fuerza muscular.
- 4) IM Codo.- su función principal es impedir relativamente el movimiento de esta articulación y contiene un *flex sensor 4.5"*, detectando el ángulo de inclinación que se genera al utilizar cierto producto.
- 5) IM Cinturón de cadera.- impide relativamente el movimiento de esta parte del cuerpo, contiene el sensor *MyoWare Muscle* para detectar el movimiento muscular de esta parte al caminar o realizar alguna actividad.

- 6) IM, P Muñequeras/manopla.- su función principal es impedir relativamente el movimiento de esta articulación y contiene *Flexi force Pressure Sensor 25lbs* para medir la presión ejercida por las manos al realizar diferentes actividades.
- 7) IM Rodilleras.- su función principal es impedir relativamente el movimiento de esta articulación y contiene un *flex sensor 4.5"* , detectando el ángulo de inclinatura que se genera al utilizar cierto producto.
- 8) Tobilleras.- su función es generar una pesades en las extremidades inferiores, contiene *Force Sensitive Resistor 0.5"* para detectar el peso ejercido en cada extremidad al caminar.

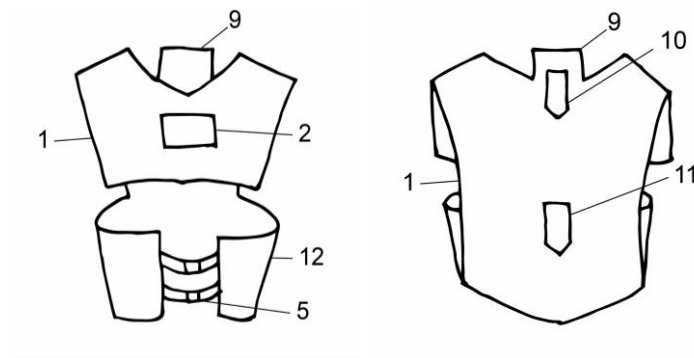


Figura 5. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, chaleco.

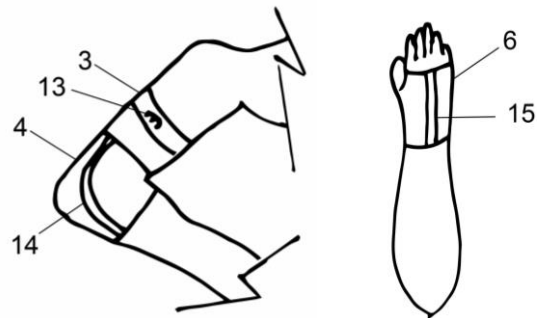


Figura 6. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, sujeciones superiores

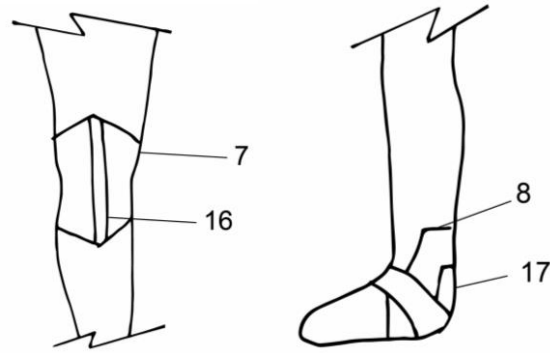









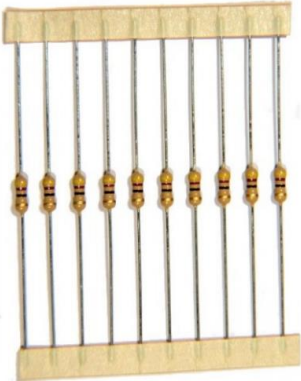

Figura 7. Fuente: Elaboración propia. Conceptualización de proyecto, especificaciones de diseño, sujeciones inferiores.

7.4. Etapa de planeación

Después del análisis conceptual se definieron los componentes de mercado y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto y su funcionalidad eléctrica, los cuales se muestran en la tabla 4.

Componente	Características	Necesidad	Justificación
 Arduino Mega 2560 Rev3	El Arduino Mega 2560 es una placa microcontroladora basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada / salida digitales, 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador (AG, 2017).	La necesidad de utilizar este microcontrolador es porque contiene una gran memoria interna para el almacenamiento de datos, y rapidez de uso, más puertos de entrada y salida que el Arduino UNO para poder utilizar mayor cantidad de sensores.	Este componente es importante para el proyecto ya que es el procesador de datos de los sensores, además es ideal para proyectos donde se necesiten varias entradas por su elevada cantidad de pines de entrada y salida y sus 4 puertos UART por hardware.
Flexi force Pressure Sensor - 25lbs	La salida del sensor FlexiForce A401 tiene un conector de 2 pines. Este es uno de los sensores estándar con el área	Detectar la presión utilizada en manos para realizar ciertas actividades o	A diferencia de otros sensores es la dimensión del área de detección de presión, además de la cantidad de peso que soporta 25

	<p>de detección más grande: 1 in. Los sensores A401 están disponibles en un rango de fuerza: 111 N (0 - 25 lb) (Tekscan, Inc., 2017).</p>	<p>levantar ciertos objetos. Este sensor oscila entre 0 y 25 libras de presión.</p>	<p>lbs. Que es igual a una fuerza de 111 N. ideal para usarse para detectar la fuerza que ejercen las palmas de las manos al cargar algún objeto.</p>
<p>Force Sensitive Resistor 0.5"</p> 	<p>Se trata de una resistencia sensible a la fuerza con un área de detección de 0,5" de diámetro, que varía su resistencia dependiendo de la presión que se está aplicando a la zona de detección. Cuanto más fuerte es la fuerza, menor es la resistencia (Sparkfun, 2017).</p>	<p>Detectar la fuerza utilizada al caminar en personas de la tercera edad.</p>	<p>Este FSR puede detectar la fuerza aplicada en cualquier lugar en el rango de 100g-10kg. La presión máxima que puede ejercer una persona de $68,7 \pm 4,8$ años es de 138,7 N, normalizada en 71 N, (Hessert, et al., 2005). Por lo que se llegó a la decisión de utilizar este sensor.</p>
<p>Flex Sensor 4.5"</p> 	<p>Un sensor flexible simple de 4.5 "de largo. Cuando el sensor se flexiona, la resistencia a través del sensor aumenta.</p> <p>El conector tiene una separación de 0.1" (Sparkfun, 2017).</p>	<p>Detectar la curvatura en ángulos de distintas posturas y flexiones de articulaciones.</p>	<p>La resistencia del sensor flexible cambia cuando las almohadillas de metal están en el exterior de la curva. Detectando ángulos de inclinación, además es compatible para programación con Arduino.</p>
<p>Flex Sensor 2.2"</p> 	<p>Un sensor flexible de 2,2" de longitud, a medida que el sensor se flexiona, aumenta la resistencia a través del sensor.</p> <p>El conector tiene una separación de 0.1" (Sparkfun, 2017).</p>	<p>Detectar la curvatura en ángulos de distintas posturas y flexiones de articulaciones.</p>	<p>La resistencia del sensor flexible cambia cuando las almohadillas de metal están en el exterior de la curva. Detectando ángulos de inclinación, además es compatible para programación con Arduino.</p>
<p>MyoWare Muscle Sensor Development Kit</p>	<p>Este es el kit de desarrollo de sensores musculares de MyoWare, contiene: todos los escudos asociados</p>	<p>La necesidad de adquisición de este kit es que cuenta con todas los componentes necesarios para</p>	<p>La medición de la actividad muscular mediante la detección de su potencial eléctrico, denominado electromiografía</p>

	<p>(Power, Cable, LED y Proto), las almohadillas biométricas del sensor y el cable, así como los cabezales que se pueden soldar en cada escudo para unirse entre sí.</p>	<p>el funcionamiento del sensor MyoWare que funciona para medir y detectar la actividad y movimiento de los músculos.</p>	<p>(EMG). Los circuitos EMG y los sensores han encontrado su camino en todo tipo de sistemas de control (Sparkfun, 2017).</p>
<p>MyoWare Muscle Sensor</p> 	<p>El MyoWare Muscle Sensor con un diseño portátil que le permite conectar almohadillas de sensor biomédicas directamente. Además, se han desarrollado algunos escudos (Cable, Power y Proto) que se pueden conectar al sensor muscular Myoware para ayudar a aumentar su versatilidad y funcionalidad.</p>	<p>La detección de movimientos de los músculos al levantar cosas como base para pruebas de ergonómicas.</p>	<p>La medición de la actividad muscular mediante la detección de su potencial eléctrico, denominado electromiografía (EMG), se ha utilizado tradicionalmente para la investigación médica (Sparkfun, 2017).</p>
<p>Resistencias diferentes valores</p> 	<p>Características: tamaño medio, pequeños valores de resistencia eléctrica, hasta 6W de potencia máxima, aumenta el valor óhmico al aumentar la temperatura de ésta.</p>	<p>Armado de circuito eléctrico, evitar sobrecargar elementos.</p>	<p>Es un componente que se resiste al paso de los electrones eliminándolos en forma de calor.</p>
<p>Cable puente</p> 	<p>Un cable puente para prototipos es un cable con un conector en cada punta, que se usa normalmente para interconectar entre sí los componentes en una placa de pruebas. P.E. Se utilizan de forma general para</p>	<p>Funcionamiento del prototipo eléctrico.</p>	<p>Los conectores se insertan en la placa de prototipos, sin necesidad de soldar, en los agujeros que convengan para el conexionado del diseño.</p>




	transferir señales eléctricas de cualquier parte de la placa de prototipos a los pines de entrada/salida de un microcontrolador (Katayama, 2005).		
<p>Bateria 9v y conexión</p> 	Para alimentar Arduino podemos: Aplicar 6-12V en la clavija jack que disponen Arduino Mega.	Alimentación de energía para funcionamiento eléctrico.	Todas las placas Arduino disponen de un regulador de voltaje. Este regulador supone una pequeña caída de tensión, por lo que deberemos proporcionar una tensión de al menos 6V (AG, 2017).
<p>Velcro</p> 	El velcro está formado por dos cintas de poliamida o nylon de distinto tipo. Una de ellas es denominada garfio. La otra cinta tiene el nombre de lazo y, al igual que el garfio, cuenta con cientos de rizos delgados, también alrededor de 50 por cm ² (Velcro BVBA, 2017).	Practicidad de apertura y cierre en distintas partes del producto, para operación.	A pesar que se podría utilizar zipper también, el velcro nos da la versatilidad de adaptación para que se pueda utilizar por varios usuarios (hablando de ergonomía). 
<p>tesa® 51025 PV10</p> 	Tesa® 51025 PV10 es una cinta de malla de cable de tela PET con un adhesivo sin caucho. Características principales: Resistencia a la temperatura 125 ° C / 3000h Adhesivo libre de solventes Handtearable (tesa, 2017).	Este tape es útil para aislar el circuito eléctrico.	Este tape es útil para aislar el circuito eléctrico del exterior, su cara posterior es de tela la cual a su vez provee un diseño limpio. Además que provee alta resistencia al desgarre y a la temperatura.

Tabla 5. Fuente: Elaboración propia. Lista de componentes de mercado de proyecto.

Los materiales a utilizarse se eligieron por medio de sus características físicas y mecánicas con el fin que cumplieran con los requerimientos de diseño del producto el cual necesitaba ser resistente al desgarre y suave al tacto, los materiales elegidos se muestran en la tabla 5.

Material	Justificación
Nylon	<p>Parte interior de las partes del traje, selección por su ajuste corporal al usuario, además de su fácil maleabilidad a la costura de los sensores y partes. Durante la fabricación las fibras de nylon se someten a extrusión, texturizado e hilado en frío hasta alcanzar cerca de 4 veces su longitud original, lo cual aumenta su cristalinidad y resistencia a la tracción. Na resistencia mecánica, dureza, rigidez y tenacidad medias-elevadas, otras características del material son (Ensinger, 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Una elevada capacidad de amortiguación mecánica -Buena resistencia a la fatiga -Excelente resistencia al desgaste -Buenas propiedades de deslizamiento -Elevada absorción de humedad -Estabilidad dimensional
Gabardina	<p>Parte posterior de las partes del traje, selección por su resistencia al desgaste. La tela de gabardina es resistente al desgaste, es muy duradera. La característica de este tipo de tejido es que son suaves y densos, sin muda, su superficie cuenta con un pelo grueso y uniformemente distribuido, dirigido en un mismo sentido. El hilo de la lana para la gabardina se compone de 48 a 64 ramas de lana, con más del 80% compuesto de lana de nivel uno a cuatro y lana corta por debajo de un 20%. Los de lana mezclada se componen de 48 a 64 ramas de lana o de lana corta por debajo de un 20%, y menos del 40% de fibras viscosas o de acrílico. El rango de densidad del hilo es de 71,4 250tex-, y la unidad de masa es de 380-780g/m². El cambio de la textura es compleja, incluyendo 2 / 2, 1/33/1 sarga o sarga partida (IEEE GlobalSpec, 2017).</p>

Tabla 6. Fuente: Elaboración propia. Lista de materiales de proyecto

7.5. Construcción del prototipo

Se realizó el proceso de prototipado en las siguientes etapas:

Etapas 1.- El proceso de construcción del prototipo, comenzó con la conceptualización del mismo, la cual implicó una investigación previa de los factores implicados en el proyecto y variables a analizar en la validación del prototipo.

Etapa 2.- Se realizó un prototipo rápido del traje, para visualizar de forma tangible las dimensiones del mismo, así como el diseño, los materiales, las texturas y la usabilidad del mismo. Este prototipo creo un buen antecedente para el prototipo final.

Etapa 3.- Análisis de la funcionalidad del traje, así como de la forma de validación del mismo, esta parte fue importante para definir los detalles del prototipo, tales como los impedimentos de movimiento, las dimensiones del traje, la forma en que se realizó el circuito, la ubicación de los sensores. En esta parte también se diseñó la encuesta de percepción de la simulación, realizando preguntas concretas acerca de las partes de las características de las personas de la tercera edad.

Etapa 4.- Realización del prototipo final, esta etapa se divide en dos partes, el traje de simulación y el circuito eléctrico.

En la primera parte se buscó la asistencia de un experto en costura y textiles que pudiera colaborar con la fabricación, se contó con el apoyo de la Lic. en Diseño de moda Gabriela Arias. La modista oriento al proyecto con la recomendación de textiles aptos para la funcionalidad del traje, así como de los componentes de mercado que necesitaba el prototipo en detalles del mismo. Contactó a proveedores de materiales en la ciudad, y fabricó el traje a medida de las necesidades del proyecto. Las fases del proceso de costura son, marcar los patrones de la forma del traje en la tela, realizar el corte de los patrones, zurcir los detalles del diseño, antes de unir la parte frontal con el forro se unieron los impedimentos de movimiento a cada una de las partes destinadas para ello, se generaron los canales donde se localizan los cables, se cerró con el bies de las orillas y se vistió con el traje al usuario, para corregir detalles.

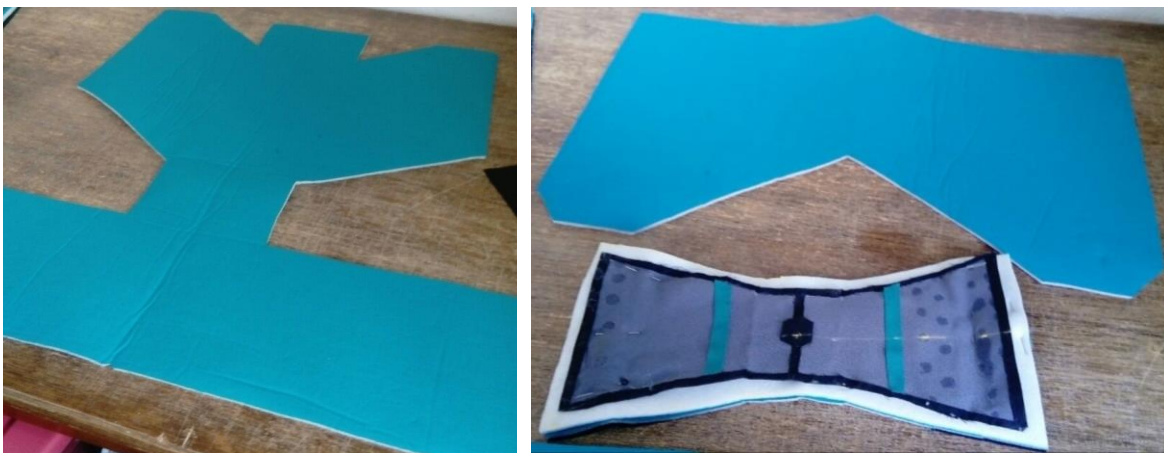


Figura 8 y 9.- Proceso de prototipado, recorte de patrones

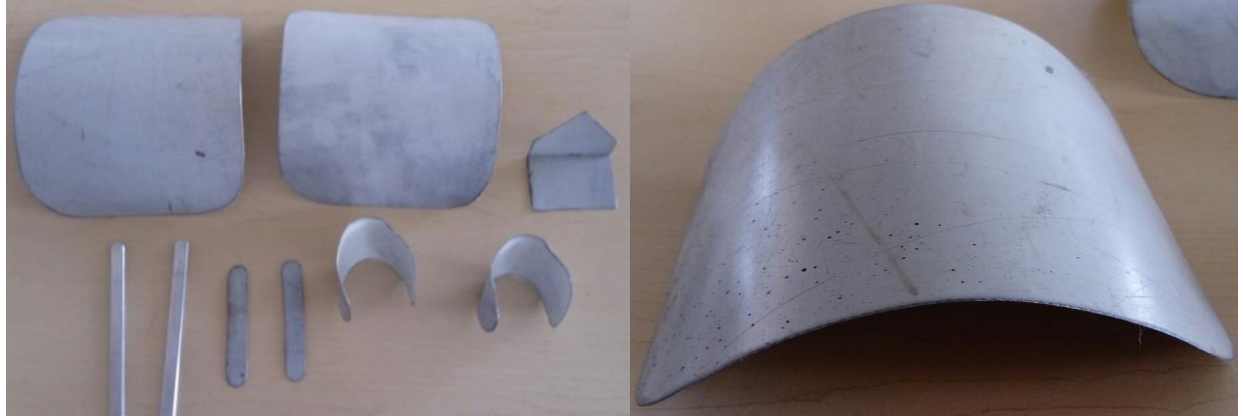


Figura 10 y 11. Proceso de prototipado, impedimentos de movimiento



Figura 12 y 13. Proceso de prototipado, costura de detalles



Figura 14. Proceso de prototipado, colocación de impedimentos de movimiento dentro del traje

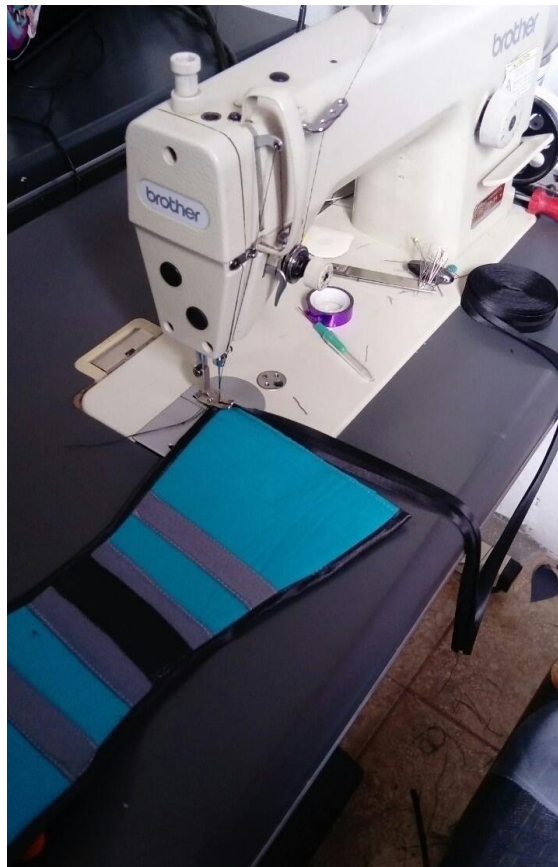


Figura 15. Proceso de prototipado, colocación del bias en las orillas para cerrar

En la parte eléctrica se contó con el apoyo de José María Becerril Escamilla, Rodrigo González Moya, Rodrigo González Arreola estudiantes de Ingeniería de Automatización. Los estudiantes asistieron en la programación de la interfaz gráfica, la calibración de sensores, el maquinado de las placas de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés), la codificación del *bluetooth* entre el PCB y el Arduino MEGA, así como por su apoyo en las pruebas de validación.

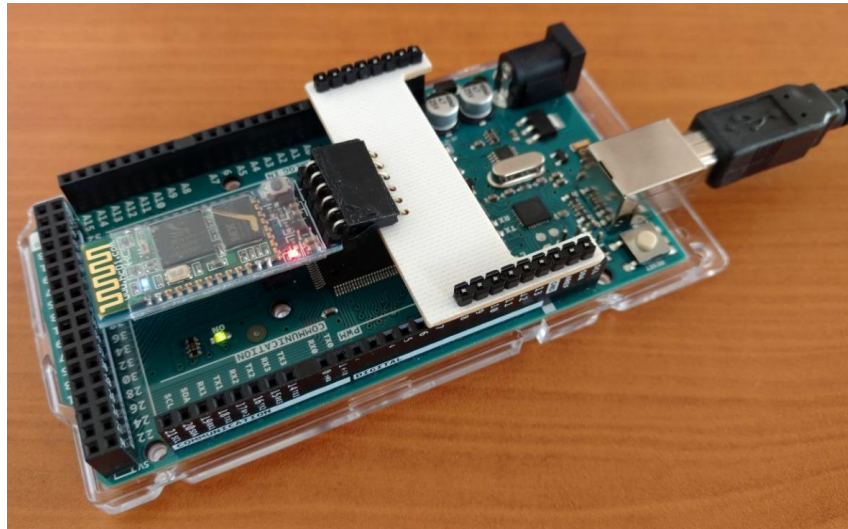


Figura 16. Proceso de prototipado, Arduino MEGA con bluetooth

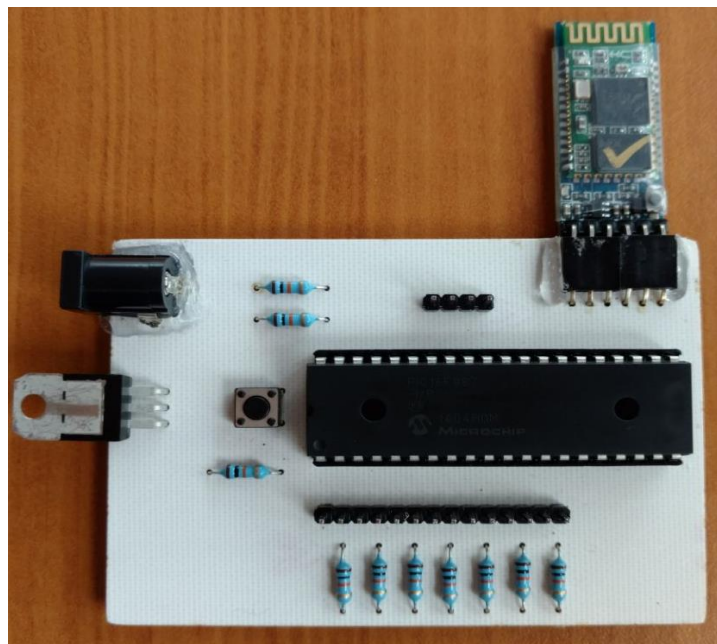


Figura 17. Proceso de prototipado, placa de circuito impreso

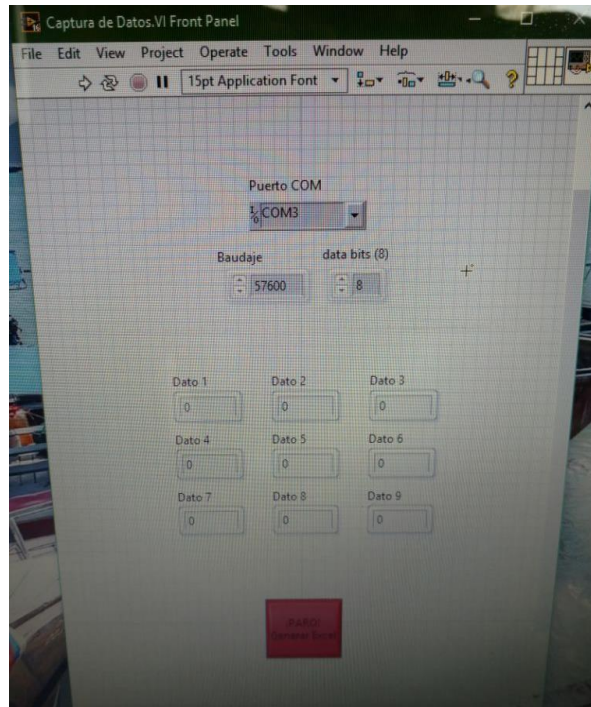


Figura 18. Proceso de prototipado, captura de primer diseño de labVIEW

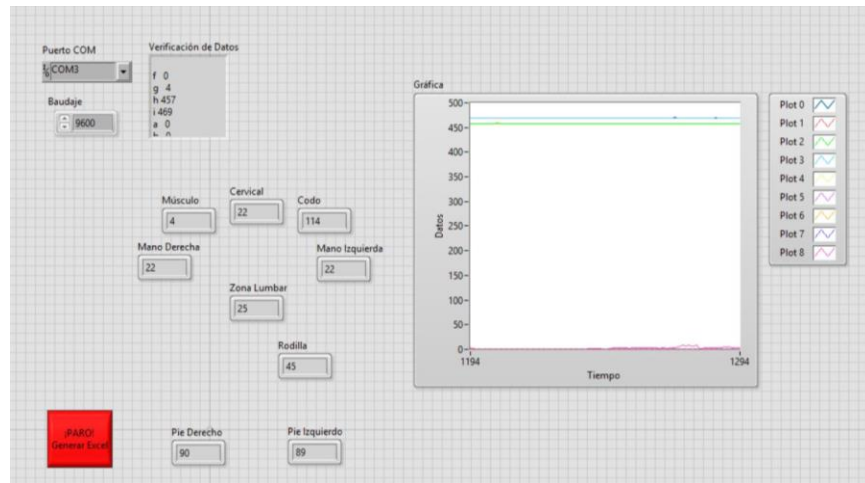


Figura 19. Proceso de prototipado, captura diseño final de labVIEW

7.6. Marco contextual

El universo de la muestra se ubica en México. Con grupos de centros de rehabilitación, laboratorios de ergonomía, diseñadores, arquitectos, ingenieros en general, que se interesen por generar productos o espacios de forma inclusiva. Existen 603 centros de rehabilitación motriz, 447 que cuentan con una atención general y 15 especializados en personas de la tercera edad. A su vez existen 13 laboratorios de ergonomía en México, 6 en CDMX, 2 en Querétaro, 2 en Baja California, 1 en Guadalajara, 1 en Ciudad Juárez. Es un total de 616 asociaciones y laboratorios, que cuentan con los principales clientes potenciales (INEGI, 2010).



Figura 20. Fuente: elaboración propia en base a Documento digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el Directorio Nacional de Asociaciones de y para Personas con Discapacidad (INEGI, 2010).

Si en cada uno de centros de rehabilitación en Querétaro (21), y en los laboratorios de ergonomía en la misma localidad (2), trabajan en ese grupo aproximadamente de 5 personas, se tienen un total máximo de 115, los cuales se tomaron como universo.

El análisis de la muestra fue seleccionado por un proceso de muestreo aleatorio, realizando un análisis de segmentación de elementos que componen la población. Se calculó el tamaño de la muestra por medio del teorema de Cochran (Cascaes da Silva, et al., 2013):

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

En donde:

N= tamaño de la población

Z= nivel de confianza

p= probabilidad de éxito

q= probabilidad de fracaso

d= precisión (error máximo admisible en términos de la proporción)

El tamaño de la muestra se calculó utilizando los siguientes valores, los cuales se sustituyeron en la expresión.

N= 114

Z= 1.96

p= 0.5

q= 1

d= 0.1

Por lo tanto. El tamaño de la muestra es igual a, n

$$n = \frac{114 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 1}{0.1^2 \times (114-1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 1} = 73$$

La muestra se determinó en base a una investigación previa del total de centros en donde se relacionen con productos para la vejez. En la ciudad de Querétaro se encuentran 21 centros de rehabilitación en Querétaro (21), y 2 laboratorios de ergonomía, trabajan en ese grupo aproximadamente de 5 personas, tenemos un total máximo de 115 que se tomó como universo. Se evaluó la muestra con la expresión de Cochran la Se realizó un análisis del universo para llegar a la muestra dio un total de 73 personas.

Dichos usuarios se segmentaron en grupos de 3 con 20 personas cada uno para la realización de las pruebas con el fin de completar cada uno de los objetivos específicos 3, 4 y 5.

7.7. Etapa de medición

Esta etapa se divide en tres secciones que se presentan en base a los objetivos de la investigación. El primero fue validar el incremento de empatía en los usuarios hacia las personas mayores por medio de una encuesta de percepción de empatía dicha encuesta se aplicó antes de utilizar el traje simulador de la tercera edad y después de utilizarlo. El segundo fue evaluar la usabilidad de un producto para personas de la tercera edad por medio del traje simulador en personas jóvenes, estas pruebas se realizaron utilizando el método de validación de la experiencia de usuario en prototipos (VEU) elaborado por la LDCV. Mónica Dessireé Martínez Lara (Martínez Lara, 2018), este método es utilizado para realizar pruebas de usabilidad de productos y fue elegida por su forma de escalar los resultados de dichas pruebas. El tercero fue evaluar la funcionalidad la simulación por medio de pruebas entre población joven y de la tercera edad, obtenida por medio de un sistema de instrumentación. Dichas etapas se encuentran desarrolladas a continuación.

7.8. Validación de aumento de empatía

7.8.1. Variables implicadas en las pruebas de aumento de empatía

Las variables implicadas del producto toman como base la función principal del mismo. Por una parte la simulación de la tercera edad, para la cual son necesarios los impedimentos de movimiento y la restricción de fuerza, por otra parte las señales físicas las cuales serán medidas por los sensores, evaluando los factores antes mencionados.

7.8.2. Matriz de congruencia

La matriz de congruencia se realizó en base a las variables identificadas en la hipótesis investigativa.

Hipótesis	Variable	D. conceptual	D. operativa	Dimensiones	Contexto	Indicadores	Tipo de variables	Instrumentos	Respuestas
Es posible aumentar la empatía hacia las personas de la tercera edad al implementar un traje simulador que emule sus limitantes de movimiento, facilitando el análisis de la experiencia de usuario en el diseño empático	VI: Simulación	La simulación es el proceso de diseñar un modelo de algún factor y llevar a término de experiencias con él, con la finalidad de comprenderlo	Se validara por medio de una encuesta de percepción de la simulación	Impedimentos de movimiento	Centros y laboratorios de ergonomía, diseñadores, ingenieros en general	Escala de confort, dificultad de movimiento	Cualitativa ordinaria	Encuesta de percepción de simulación	Validar que el usuario se percibe las características de la tercera edad para validar la simulación
	VD: Empatía	La empatía es la intención de comprender los sentimientos y emociones, internando experimentar de forma objetiva y racional lo que siente otro individuo	Por medio de una encuesta de aumento de empatía	Empatía	Usuarios del traje		Cualitativa ordinaria	Encuesta de aumento	Validar el aumento de empatía en el usuario hacia las personas mayores después del uso del traje simulador

Tabla 7. Fuente: Elaboración propia. Matriz de congruencia de variables

7.8.3. Instrumentos de medición

Las encuestas de percepción se realizaron en base a la escala de Likert, se trata de un instrumento de medición que consistente en la obtención de respuestas directamente de sujetos estudiados a partir de la formulación de una serie de preguntas por escrito (Murillo Torrecilla, 2006). Likert se conforma de distintos tipos de respuesta que aplican dependiendo de lo que se está buscando. Como el tipo de preguntas del instrumento eran en base a niveles de percepción se utilizó, nada (1), poco (2), regular (3), bastante (4), mucho (5).

El diseño de las preguntas, se definió según los resultados que se quieren obtener. En este caso, se diseñó en fases y en función de las preguntas de investigación, centrándose principalmente en las características antropológicas de las personas de la tercera edad. Por otro lado en la parte de circuitos eléctricos se validó cada sensor desde antes de la compra con la hoja de especificaciones donde se verifico la calidad de los mismos.

La encuesta de percepción de empatía se puede observar en la tabla 9, consta de 11 ítems separados en 4 segmentos, dichos segmentos fueron basados respecto a las limitantes de movimiento que sufren las personas de la tercera edad, con la finalidad de medir el grado de empatía del proyecto. La tabla 8 muestra los segmentos utilizados.

Segmentos del instrumento	Limitantes de movimiento	Extremidades superiores
		Extremidades inferiores
		Espalda
		Actividades

Tabla 8. Segmentos del instrumento, Fuente: (elaboración propia)

ENCUESTA MEDICION DE EMPATÍA					
Esta encuesta tiene como finalidad medir el grado de simulación del proyecto “Traje simulador de la tercera edad para pruebas de validación de productos” realizado para obtener grado de Maestría en Diseño e Innovación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.					
Edad: Alguna vez ha sufrido de alguna lesión motriz grave: Si respondió afirmativo a la pregunta anterior indique en que parte del cuerpo tuvo la lesión:					
En cada una de las preguntas siguientes, rodee con un círculo el número que mejor se adecúe a su opinión sobre la importancia del asunto en cuestión. La escala que aparece encima de los números refleja las diferentes opiniones.					
Medición de empatía (desde las limitantes físicas)					
	Escala de importancia				
Pregunta	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
	Extremidades inferiores				
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al caminar en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al estirar las piernas en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
	Extremidades superiores				
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al estirar los brazos en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al estirar las manos en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
	Espalda				
¿En qué nivel considera que existe molestia cervical (cuello) en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe molestia cervical (espalda baja) en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe dificultad para mantener una postura recta en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
	Actividad				
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al sentarse en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al levantarse en las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al subir o bajar escaleras para las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5
¿En qué nivel considera que existe una dificultad al sostener objetos para las personas de la tercera edad?	1	2	3	4	5

Tabla 9. Encuesta de percepción de empatía. Fuente: Elaboración propia

Se utilizó la escala Likert para su valoración. Primero se preparó una serie de preguntas afirmativas o negativas. Se asignaron los puntales de cada ítem del 1 al 5 para reducir el grado de subjetividad en las respuestas.

7.8.3. Procesamiento de Datos

Se determinó la confiabilidad del instrumento de medición por medio del alfa de Cronbach, la cual es un coeficiente que requiere solo una prueba piloto para su medición y produce valores entre el 0 y 1. El valor mínimo aceptado en la escala de Cronbach es 0,70. Este valor muestra una correlación entre cada uno de los ítems, por otro lado los valores más altos pueden llegar hasta 0,90 a 0,95 (García-Bellido, et al., 2010).

Alfa de Cronbach	Índice de consistencia
$\alpha \geq 0.9$	Excelente
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	Bueno
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	Aceptable
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	Cuestionable
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	Pobre
$0.5 > \alpha$	Inaceptable

Tabla 10. Consistencias de alfa, (Tavakol, y otros, 2011)

Se realizó la prueba de confiabilidad del alfa de Cronbach al instrumento de medición antes mencionado, en una prueba piloto con 5 usuarios, los resultados obtenidos se muestra en la tabla 12. El resultado obtenido fue 0.904 esto indica que las preguntas que conforman las variables en el instrumento de medición son consistentes y muestran un alto grado de correlación, por lo que se puede decir que la información aportada a través de este instrumento es confiable y significativa.

	Extremidades superiores		Extremidades inferiores		Espalda			Actividad				
n	Item 1	item 2	item 3	item 4	item 5	item 6	item 7	item 8	item 9	item 10	item 11	sumatoria de ítems p/p
1	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	50
2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	34
3	4	4	2	3	3	4	4	3	3	5	4	39
4	5	4	3	2	4	5	5	4	3	5	4	44
5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	46
Varianza	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.3	0.7	0.3	1.2	0.8	0.5	38.8

Tabla 11. Tabla general de análisis de fiabilidad, Fuente: Elaboración propia.

SUMA DE VARIANZAS	6.9
VARIANZA TOTAL	38.8
ALFA DE CRONBACH	0.90438144
ITEMS	11

Tabla 12. Resultados de análisis de fiabilidad, Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto se considera que el instrumento de medición diseñado para probar la hipótesis tiene un índice de consistencia excelente ya que sobrepasa el 0,9.

7.8.4. Especificación de la prueba

Se realizaron pruebas para la validación del prototipo, las cuales se realizaron con 20 usuarios de con un rango de edad de 20-28 años. Dichas pruebas se especifican a continuación.

- Encuesta de percepción de empatía.
- Pruebas de funcionamiento y validación del circuito eléctrico, ambas pruebas se realizaron con el traje de simulación puesto.
- Se separaron las pruebas en actividades básicas, para observar el comportamiento del mismo.
- Encuesta de percepción de empatía.

Las actividades fueron las siguientes.

- Prueba del usuario caminando sobre superficie plana de 10 a 15 metros
- Prueba del usuario sentándose en una silla
- Prueba del usuario subiendo y bajando escaleras



Figura 21. Usuario portando traje

7.8.5. Análisis de formulario 1 (F1)

El formulario 1 arrojó la información que el usuario en ese momento percibía acerca de las personas de la tercera edad, los resultados se analizaron por usuario y por ítem para evaluar la diferencia de los resultados en cada uno de estos factores.

- **Por usuario**

Se aplicó el F1 a los usuarios antes de realizar las pruebas con el simulador de la tercera edad, para obtener información que pudiera influir en el grado de empatía del usuario, se le preguntó al encuestado si había sufrido alguna lesión motriz grave (refiriéndonos a grave, como alguna lesión que le hubiera provocado alto grado de molestia o hasta inmovilidad en alguna extremidad), y si así había sido, que especificara en que parte del cuerpo había sucedido. Las respuestas arrojaron un total de 72.5% de empatía hacia las personas de la tercera edad por los usuarios.

%	usuario	respuesta neutral
69.090909	1	6
61.8182	2	10
70.9091	3	4
80	4	2
83.6364	5	0
63.6364	6	5
69.0909	7	6
72.7273	8	3
78.1818	9	4
76.3636	10	3
72.7273	11	4
76.3636	12	3
72.7273	13	4
69.0909	14	6
76.3636	15	3
78.181818	16	2
76.3636	17	4
65.4545	18	7
65.4545	19	5
72.7273	20	4

Tabla 13. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F1 Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los usuarios con menor porcentaje de empatía son el 1, 6, 7, 14, 18 y 19, los cuales tienen los valores negativos más alejados de la media. También se infiere que existe una relación entre las respuestas neutrales (ponderación en 3) de los usuarios con el grado de empatía reflejado del F1. El usuario 2 fue el más bajo de empatía con 10 respuestas neutrales en la encuesta. Las filas en color amarillo son los valores que se encuentran más cercanos a la muestra con de 3 a 4 respuestas neutras. Por último los usuarios con mayores puntajes de empatía cuentan con 0 a 2 respuestas neutras en el F1. El usuario número 5 presenta un alto grado de empatía hacia las personas de la tercera edad con 0 respuestas neutras. Esto indica que los usuarios con más neutralidad en sus respuestas son indecisos al contestar las preguntas.

En la tabla 14 se observan las edades de los usuarios y las respuestas hacia las preguntas preliminares del F1, las cuales se refieren si habían sufrido alguna lesión con anterioridad. Las respuestas arrojan que existe una relación entre algunos de los usuarios que no han sufrido lesiones con el bajo nivel de empatía presentado, que aunque supere el 50% de empatía es de los más bajos presentados en el F1.

Edad	Lesión	Donde	Usuario
29	No		1
26	Si	pierna	2
24	No		3
22	Sí	tobillo	4
22	Sí	tobillo	5
23	No		6
28	No		7
24	No		8
27	Si	pierna	9
26	No		10
25	No		11
26	No		12
24	Si	brazo	13
23	No		14
22	No		15
22	No		16
24	Sí	brazo	17
24	No		18
26	No		19
26	No		20

Tabla 14. Respuestas preliminares de instrumento de medición y usuario. Fuente: elaboración propia

- **Por ítem**

El análisis por ítem es importante para saber si existe alguna pregunta que no se entienda ya sea por mala redacción o por desconocimiento del tema. Además el análisis permite considerar si pudiera existir una relación entre los ítems y los usuarios.

	Extremidades superiores		Extremidades inferiores		Espalda			Actividades			
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11
%	76	72	69	66	71	82	76	71	67	77	71
r. neutras	7	8	8	7	10	2	7	8	10	7	11
r. negativas	1	1	3	5	1	0	0	1	2	0	0

Tabla 15. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems del F1 Fuente: elaboración propia

Los ítems 1 y 2 se refieren al análisis de extremidades superiores, el 3 y 4 a las extremidades inferiores, el 5, 6 y 7 a los ítems relacionados con la espalda y del ítem 8 al 11 son los ítems relacionados a las actividades de las pruebas. Como se puede observar en la tabla 16 que el mayor porcentaje de empatía se ve reflejado en el ítem 6, que está relacionado con alguna molestia cervical en las personas de la tercera edad. Dicho valor se encuentra ubicado en el factor de las limitantes de movimiento en la espalda, donde se encuentra alto también el ítem 7 que habla acerca de la espalda baja. Los otros dos ítems con alto porcentaje de empatía son el 1 que habla acerca de

la dificultad al caminar de las personas de la tercera edad y el ítem 10 que menciona la dificultad al subir y bajar escaleras.

Las respuestas neutras son las ponderadas con nivel 3 en la escala de Likert y las respuestas negativas son las ponderadas con nivel 1 y 2. En el análisis por usuario se observa que existe la misma relación de las respuestas neutras en los porcentajes más bajos, como en el ítem 9 con un porcentaje del 67%, 10 respuestas neutras y 2 negativas. Este ítem habla acerca de la dificultad al levantarse de las personas de la tercera edad, deja ver que pudo haber sido confuso el ítem 8 que habla acerca de sentarse. Se ve lo mismo en el ítem 5, que habla acerca de las molestias en el área cervical y el y en el ítem 11 que es acerca de la dificultad al sostener objetos.

El factor de las extremidades superiores que habla acerca de la dificultad al estirar los brazos y las manos de las personas mayores, se observan los valores más bajos de empatía, respuestas neutras entre 8 y 7 y alto valor en respuestas negativas 3 y 5.

7.8.6. Análisis de formulario 2 (F2)

Después de las pruebas con el traje simulador, se aplicó el F2 a los usuarios. Las respuestas arrojaron un total de 92% de empatía hacia las personas de la tercera edad por los usuarios. Esto sugiere que el nivel de empatía después de la simulación aumento un 19.5%, en comparación con el F1.

Para analizar específicamente el efecto del uso del traje simulador sobre el incremento en la empatía del diseñador, se analizó el resultado de la segunda encuesta (F2), por usuario y por ítem, comparando los resultados de la encuesta realizada anteriormente (F1), en la que los usuarios aún no usaban el traje simulador de la tercera edad. A continuación se describen los principales hallazgos.

- **Por usuario**

%	Usuario	R. neutras
90.90909091	1	0
87.2727273	2	0
100	3	0
100	4	0
94.5454545	5	0
98.1818182	6	0
72.7272727	7	5
89.0909091	8	0
96.3636364	9	1
100	10	0
92.7272727	11	0
98.1818182	12	0
72.7272727	13	4
89.0909091	14	0
100	15	0
100	16	0
94.5454545	17	0
92.7272727	18	1
81.8181818	19	2
89.0909091	20	0

Tabla 16. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F2. Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los usuarios con menor porcentaje de empatía son el 7 y el 13, los cuales tienen los valores negativos (ponderación 1 y 2) más alejados de la media. A su vez como se menciona en el análisis del F1, se puede inferir que existe una relación entre las respuestas neutras (ponderación en 3) de los usuarios con el grado de empatía reflejado del F2 con un total de 4 y 5 respuestas neutras. Por el contrario de los resultados del F1 se puede ver que después de las pruebas de simulación, la empatía aumento en el usuario 2 que fue el nivel más bajo de en el F1 con un 61.81% y llego a un 87.27% en el F2, mostrando un incremento de 25.4% en este usuario.

Los usuarios con mayores puntajes de empatía son el 1, del 3 al 6, del 9 al 12 y del 15 al 18 y sus resultados oscilan entre el 90.90 y el 100%. Este aumento está relacionado con el uso del traje simulador, ya que después de haber realizado las pruebas se volvió a contestar la encuesta, el aumento es favorable para la investigación.

Por último se observa que el usuario 7 tuvo un poco porcentaje de aumento de empatía con un 3.63% a comparación del F1, con 5 respuestas neutras. Y el usuario 13 en donde no se observaron cambios en sus porcentajes con un 72.72%, con 4 respuestas neutras. Esto nos hace suponer como en el F1 que los usuarios con más neutralidad en sus respuestas son indecisos al contestar las preguntas.

- **Por ítem**

	Extremidades superiores		Extremidades inferiores		Espalda			Actividades			
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11
%	92	93	91	89	90	92	95	90	94	94	92
r. neutras	0	1	0	1	3	2	1	2	1	1	1

Tabla 17. Porcentaje de total de ponderaciones de los ítems por usuario del F2. Fuente: elaboración propia

Se observa en la tabla (25) que todos los porcentajes de empatía aumentaron considerablemente a comparación del F1 hasta 95 %, así como el total de respuestas neutras por ítem. El ítem 5 que en el F1 arrojaba 10 respuestas neutras bajo a 3, esto se ve reflejado en el porcentaje total.

El factor de las extremidades superiores que en el F1 arrojaba un total de empatía de un 66 y 69% en sus ítems (3 y 4 respectivamente), sus respuestas aumentaron a 91 y 89%, este aumento sugiere que las personas después del uso de la simulación notaron este tipo de dificultades en las extremidades superiores.

7.8.7 Análisis filtrados

En los instrumentos de medición con escala se debe realizar una limpieza de datos, debido a que en los resultados se observa una clara relación entre las respuestas neutras (ponderación 3) en contra a las respuestas negativas (ponderación 1 y 2). Una calificación de cinco o cuatro indican que los factores tienen relación con la simulación. Una calificación de 3 significa que el encuestado no entiende la pregunta o es neutral. Una calificación de uno debía ser eliminada del análisis de resultados para que no afecte la validez del cuestionario (Bulger, 2004). Se realizó un análisis donde se filtró el número de respuestas neutras y negativas, para una mejor observación de los datos.

- **Factores**

Extremidades inferiores			Extremidades superiores		
Positivos	Total	Porcent	Positivos	Total	Porcent
23	40	57.5%	17	40	42.5%

Espalda			Actividad		
Positivos	Total	Porcent	Positivos	Total	Porcent
40	60	66.7%	41	80	51.3%

Tabla 18. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F1. Fuente: elaboración propia

Se observa que el factor con mayor porcentaje de percepción de empatía en el F1 fue la espalda con 66.7% con 40 ponderaciones positivas. Las extremidades superiores con un total de 42.5%, donde se presentan solo 17 ponderaciones positivas, esto habla acerca de que los usuarios no conocían las limitantes físicas de las personas de la tercera edad en esta parte.

El promedio total del F1 fue de 54.5% de percepción de empatía hacia las personas de la tercera edad en el F1.

Extremidades inferiores			Extremidades superiores		
Positivos	Total	Porcent	Positivos	Total	Porcent
39	40	97.5%	39	40	97.5%

Espalda			Actividad		
Positivos	Total	Porcent	Positivos	Total	Porcent
54	60	90.0%	75	80	93.8%

Tabla 19. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F2. Fuente: elaboración propia

En el F2 se observa un aumento significativo de la empatía en los usuarios con un total de 94.7%, después del uso del traje simulador de la tercera edad, los usuarios pudieron percibir las limitantes de movimiento que sufren estas personas. Los factores con mayor porcentaje de empatía fueron las extremidades que en el análisis del F1 que fueron los más bajos en porcentaje.

- **Ítems**

Se filtraron los datos por ítems con las ponderaciones positivas con sus respectivos porcentajes entre el antes de la simulación con el F1 y el después con el F2. Se observa un aumento de empatía de 55 a 93% (un aumento de 38%).

antes			después		
item	positivos	porcentaje	item	positivos	porcentaje
1	12	60%	1	20	100%
2	11	55%	2	19	95%
3	9	45%	3	20	100%
4	8	40%	4	19	95%
5	9	45%	5	17	85%
6	18	90%	6	18	90%
7	13	65%	7	16	80%
8	11	55%	8	18	90%
9	8	40%	9	19	95%
10	13	65%	10	19	95%
11	9	45%	11	19	95%
	55%			93%	

Tabla 20, 21. Total de ponderaciones positivas y % por ítem entre el F1 y el F2. Fuente: elaboración propia

7.8.8. ANOVA

Análisis realizado en Minitab sobre la comparación entre los resultados del formulario uno y del formulario dos, en donde arrojo datos como la media del F1 de 0.55, del F2 con 0.9182, una desviación estándar en F1 de 0.1483 y el F2 de 0.056. Nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Después de un factor ANOVA: F2 vs. F1, se observa que el R-cuadrado de 74.79%, convirtiéndolo en R, nos da un valor igual a 86.48%. El resultado muestra que existe un nivel de relación del 86,48% entre las variables y la simulación con una mayor empatía en los usuarios.

S	R-sqr.	R-sqr. (adjusted)	R-sqr. (default)
0.0875162	84.58%	83.81%	81.35%

Tabla 22 Análisis de varianza

7.9. Pruebas de usabilidad de producto con traje simulador

7.9.1. Instrumento de medición

Para las pruebas de usabilidad de producto que se aplicaron a los usuarios portando el traje simulador de la tercera edad, se implementó el Método de Validación para la Experiencia de Usuario (VEU), desarrollado por la Lic. Dessire Martínez Lara como proyecto para obtener el grado de maestría en Diseño e Innovación de la Universidad Autónoma de Querétaro (datos no publicados). El método VEU se muestra en la tabla tiene como objetivo validar la experiencia de usuario en prototipos con respecto a productos.

Cuestionario para validación de usabilidad de producto		
Fecha de aplicación: 24 marzo 2018 Lugar: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro Categoría: evaluación de producto Rango de edad: 18-30 años Género: masculino Alfabetización: Si Zona geográfica: Urbana Otras especificaciones: Estudiantes de diseño, Ingeniería civil, Arquitectura.		
Nº Item	Afirmación	Escala
USABILIDAD USA_A		
USA_A_01	¿Qué tan fácil es aprender a manipular el producto por primera vez?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
USA_A_02	¿Qué tan fácil es manipular el producto ágilmente?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
USA_A_03	¿Qué tan fácil es recordar el uso del producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
INTERACCIÓN INT_A		
INT_A_01	¿Qué tan fácil es el inicio de la interacción con el producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
INT_A_02	¿Qué tan fácil es el desarrollo de la interacción con el producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
INT_A_03	¿Qué tan fácil es el final de la interacción con el producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
INT_B_01	¿Cómo percibe la reacción física al utilizar el producto?	Malo 1. 2. 3. 4. 5. Excel.
INT1_B_02	¿Con que facilidad percibe molestia al uso?	Malo 1. 2. 3. 4. 5. Excel.
EMPATÍA EMP_A		
EMP_B_01	¿Con que facilidad le provoca motivación el uso del producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil
EMP_B_02	¿Con que facilidad percibe algún beneficio en el producto?	Difícil 1. 2. 3. 4. 5. Fácil

Tabla 23. Método de Validación para la Experiencia de Usuario (VEU), *items* seleccionados para pruebas de usabilidad.

7.9.2. Segmentación de factores

Por medio del VEU se pueden medir varios factores de la experiencia de usuarios en la validación de productos. Tales como la usabilidad, interacción, estética, empatía y emocional. De los cuales se seleccionaron solo 3 factores los cuales son los más relevantes para el tipo de prueba necesario, se observan en la tabla 34.

Usabilidad	Aspectos referentes a la manipulación del prototipo por parte del usuario para lograr tareas específicas dado a un contexto específico de uso.
Interacción	Siendo una acción recíproca entre dos o más objetos provocando reacciones como aprendizajes e intenciones.
Empatía	Participación efectiva de una persona en una realidad ajena a ella, generalmente en los sentimientos de otra persona.

Tabla 24. Total de ponderaciones positivas y % por factor del F2. Fuente: elaboración propia

Los resultados serán evaluados bajo los rangos de la consistencia los cuales derivan del promedio obtenido por factor y no por usuario siendo la máxima puntuación 5.0 y la mínima de 0.0. Los rangos de consistencia se observan en la tabla 25.

Tabla de consistencia

Rangos	Consistencia
$5 \geq x > 4.5$	Excelente
$4.5 \geq x > 3.5$	Bueno
$3.5 \geq x > 3.0$	Aceptable
$3.0 \geq x > 2.5$	Cuestionable
$2.5 \geq x > 2$	Pobre
$2.0 \geq x \geq 0$	Inaceptable

Tabla 25. Rangos de consistencia del VEU. Fuente: (Martínez Lara, 2018)

7.9.3. Descripción de las pruebas

Se realizaron pruebas de usabilidad con un producto de uso de las personas de la tercera edad, un bastón. El bastón (fig. 22) tiene como función el apoyo al caminar y mantener el equilibrio en personas con movilidad limitada y el sector de la tercera edad, ya sea por cirugía, lesiones, o desgaste en articulaciones de alguna de las piernas.



Figura 22. Bastón utilizado en pruebas de usabilidad

El objetivo de las pruebas fue evaluar la usabilidad de un bastón de movilidad para personas de la tercera edad, en jóvenes desarrolladores de producto, por medio del uso del traje de simulación de la tercera edad, con la finalidad de reconocer las posibles debilidades del producto evaluado. A su vez observar oportunidades de mejora en dicho producto, adecuándose en las fases del diseño empático.

Las pruebas se realizaron con 20 usuarios de con un rango de edad de 18-25 años. Dichas pruebas se especifican a continuación.

- Comprensión de carta de consentimiento informado por parte del usuario
- Colocación del traje simulador de la tercera edad
- Observación del producto a evaluar
- Prueba del usuario caminando 5 metros con el bastón
- Prueba del usuario subiendo y bajando 10 escalones con el bastón
- Retroalimentación del usuario
- Remoción del traje
- Realizar encuesta

7.9.4. Procesamiento de datos

El análisis de los resultados de la encuesta por ítem es de gran importancia para conocer los resultados de cada uno de los segmentos del instrumento de medición. Se dividen entre usabilidad con tres ítems, interacción con cinco y empatía con dos. Los resultados de dichas encuestas se pueden observar en la tabla 26.

		USABILIDAD			INTERACCIÓN					EMPATÍA				
Edad		¿Qué tan fácil es aprender a manipular el producto por primera vez?	¿Qué tan fácil es manipular el producto ágilmente?	¿Qué tan fácil es recordar el uso del producto?	¿Qué tan fácil es el inicio de la interacción de uso con el producto?	¿Qué tan fácil es el desarrollo de la interacción de uso con el producto?	¿Qué tan fácil es el final de la interacción de uso con el producto?	¿Cómo percibe la reacción física al utilizar el producto?	¿Con que facilidad percibe molestia al uso?	¿Con que facilidad le provoca motivación el uso del producto?	¿Con que facilidad percibe algún beneficio en el producto?			
	n	Item 1	item 2	item 3	item 4	item 5	item 6	item 7	item 8	item 9	item 10		sumatoria de items p/p	
Edad	Usuario												%	
22	1	4	4	5	3	3	3	3	3	4	4		36	65.45
23	2	3	3	5	3	3	3	3	3	4	3		33	60.00
21	3	4	4	5	3	3	4	4	3	4	5		39	70.91
20	4	5	3	5	4	4	4	3	4	3	5		40	72.73
19	5	4	4	5	4	4	3	4	4	5	4		41	74.55
22	6	3	3	5	4	3	4	3	4	4	4		37	67.27
24	7	4	3	5	3	3	3	4	3	4	3		35	63.64
20	8	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4		38	69.09
20	9	3	3	4	5	4	4	4	4	3	4		38	69.09
24	10	5	3	5	4	5	4	4	3	4	5		42	76.36
23	11	5	2	5	4	3	3	3	4	4	3		36	65.45
22	12	3	4	4	5	3	4	4	3	4	3		37	67.27
19	13	3	5	5	3	4	5	4	3	3	4		39	70.91
20	14	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3		34	61.82
21	15	3	3	5	4	3	3	4	5	4	4		38	69.09
20	16	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4		40	72.73
23	17	5	3	5	3	4	3	4	4	3	4		38	69.09
24	18	3	3	4	3	3	3	3	4	3	5		34	61.82
22	19	4	4	5	3	2	4	3	3	3	3		34	61.82
21	20	4	3	4	5	4	4	5	4	4	3		40	72.73
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	P	37.45	68.09
	Total	78	68	93	75	69	72	72	72	73	77	74.9		
	%	3.9	3.4	4.65	3.75	3.45	3.6	3.6	3.6	3.65	3.85	3.75		

Tabla 26. Resultados de pruebas de usabilidad

Se observa en la tabla 26 que el ítem con mayor porcentaje es el que menciona si es fácil recordar el uso del producto con un 4.65%, lo cual indica según el VEU que tiene un índice de consistencia excelente. Por lo tanto se considera que el producto tiene un buen diseño intuitivo ya que permite que el usuario recuerde la forma de uso sin tener que recurrir a factores externos para saberlo. Por el contrario se observa dentro del mismo segmento de usabilidad el ítem “Que tan fácil es manipular el producto ágilmente” tiene el valor más bajo de todo el instrumento con un 3.4% el cual según el VEU. Tomando en cuenta que las pruebas se realizaron con el sistema simulador colocado en los usuarios, este ítem nos habla que se puede hacer una mejora de diseño en la parte de mejorar la usabilidad, del mismo.

Los resultados que se muestran en color amarillo son los resultados neutros o medios los cuales se encuentran cerca del promedio general de la encuesta, los resultados rojos se muestran más bajos y el verde es el resultado más alto. Los resultados neutros se encuentran entre 3.6% y 3.85% por lo tanto generan un nivel de consistencia aceptable. Se pueden realizar mejoras en el producto puede tener mejoras de usabilidad, interacción y empatía hacia el usuario.

7.9.5. Análisis por factor

Se realizó un análisis por cada uno de los factores los cuales arrojaron distintos porcentajes en sus resultados.

En el segmento de usabilidad se observa en la tabla 27. Este factor se encuentra en el nivel más bajo de toda la encuesta, el ítem 2, el cual habla acerca de la manipulación ágil del producto, en donde se pueden generar mejoras de producto para que este sea más fácil de manipular, sobre todo porque es un producto de uso para las personas de la tercera edad. A su vez este segmento tiene el factor más alto el cual habla acerca de recordar el uso del producto.

USABILIDAD		
¿Qué tan fácil es aprender a manipular el producto por primera vez?	¿Qué tan fácil es manipular el producto ágilmente?	¿Qué tan fácil es recordar el uso del producto?
Item 1	item 2	item 3
4	4	5
3	3	5
4	4	5
5	3	5
4	4	5
3	3	5
4	3	5
4	4	4
3	3	4
5	3	5
5	2	5
3	4	4
3	5	5
4	3	4
3	3	5
5	4	4
5	3	5
3	3	4
4	4	5
4	3	4
Item 1	Item 2	Item 3
78	68	93
3.9	3.4	4.65

Tabla 27. Resultados del factor de usabilidad

En la tabla 28 se observa que este factor fue el más alto de los tres evaluados con un 3.98% de consistencia se encuentra en un nivel de consistencia aceptable lo cual nos indica que se pueden realizar mejoras dentro de la parte de usabilidad en el producto.

USABILIDAD		
Positivo	Total	Porcent
18	239	3.98%

Tabla 28. Resultados del factor de usabilidad

El factor de la interacción fue el que conto con mayor número de ítems con un total de cinco las preguntas van dirigidas hacia la interacción del uso del producto y hacia la reacción física del uso del producto. En esta parte de interacción se encuentra el ítem con calificación más baja, se refiere al desarrollo de la interacción de uso con el producto. La mejora en este punto se propone directamente en el diseño y el mecanismo del producto para hacerlo más adecuado a los requerimientos de las personas de la tercera edad que son los usuarios finales del mismo. En esta parte hubo retroalimentación por parte de los participantes y hablaban que por el material del producto evaluado sentían inseguridad al caminar, ya que es muy ligero, se propone un material que sea ligero pero que se cree una mayor seguridad.

En la tabla 29 se observa que este factor fue el más bajo de los tres evaluados con un 3.6% de consistencia se encuentra en un nivel de consistencia aceptable lo cual nos indica que se pueden realizar mejoras dentro de la parte de interacción de uso en el producto.

INTERACCION		
Positivos	Total	Porcent
45	360	3.6%

Tabla 29. Resultados del factor de interacción

INTERACCIÓN				
¿Qué tan fácil es el inicio de la interacción de uso con el producto?	¿Qué tan fácil es el desarrollo de la interacción de uso con el producto?	¿Qué tan fácil es el final de la interacción de uso con el producto?	¿Cómo percibe la reacción física al utilizar el producto?	¿Con que facilidad percibe molestia al uso?
item 4	item 5	item 6	item 7	item 8
3	3	3	3	3
3	3	3	3	3
3	3	4	4	3
4	4	4	3	4
4	4	3	4	4
4	3	4	3	4
3	3	3	4	3
4	4	4	3	4
5	4	4	4	4
4	5	4	4	3
4	3	3	3	4
5	3	4	4	3
3	4	5	4	3
4	4	3	3	3
4	3	3	4	5
4	3	4	4	4
3	4	3	4	4
3	3	3	3	4
3	2	4	3	3
5	4	4	5	4
Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8
75	69	72	72	72
3.75	3.45	3.6	3.6	3.6

Tabla 30. Resultados del factor de interacción

En la tabla 31 se observa el factor de empatía, que fue el que conto con un porcentaje medio a comparacion de los otros dos factores evaluador. Este factor solo tiene dos items, pero estan evaluados desde la parte de usabilidad de los productos en especifico al producto evaluado. En esta parte la empatia se basan en la percepcion de motivacion o beneficio. Esto se evaluo con el fin de evaluar si dentro de la evaluacion existia un aumento en estas partes, ya que el fin del proyecto es que los diseñadores tengan mayor intencion y empatia hacia las personas de la tercera edad. encuentra el item con calificacion mas baja, se refiere al desarrollo de la interaccion de uso con el producto.

EMPATÍA	
¿Con que facilidad le provoca motivación el uso del producto?	¿Con que facilidad percibe algún beneficio en el producto?
item 9	item 10
4	4
4	3
4	5
3	5
5	4
4	4
4	3
3	4
3	4
4	5
4	3
4	3
3	4
3	3
4	4
4	4
3	4
3	5
3	3
4	3
Item 9	Item 10
73	77
3.65	3.85

Tabla 31. Resultados del factor de interacción

En la tabla 32 se observa que este factor que se encuentra en el centro de los otros dos segmentos evaluados con un 3.7% de consistencia se encuentra en un nivel de consistencia aceptable lo cual nos indica que se pueden realizar mejoras dentro de la parte de la minoración de empatía del producto.

EMPATIA		
Positivos	Total	Porcent
15	150	3.7%

Tabla 32. Resultados del factor de interacción

7.10. Pruebas de funcionalidad de la simulación

Por medio de los resultados obtenidos por el sistema de sensores ubicados en la parte interna del traje, se realizó un análisis de límite convergente con el fin del realizar una comparación de los datos resultantes en las personas mayores con las personas jóvenes y poder probar la funcionalidad del mismo.

Los datos de los sensores se visualizaron en una interfaz gráfica previamente diseñada específicamente para el proyecto, en el software labVIEW llamado captura de datos, se muestra en la figura 23.

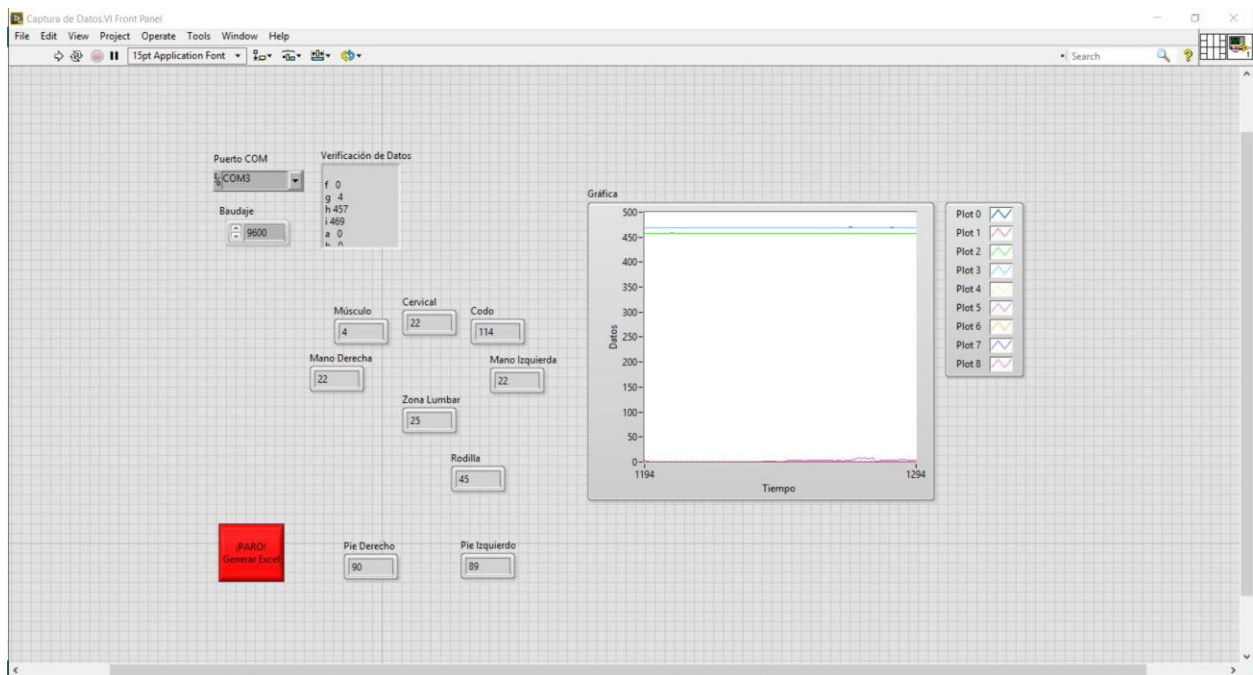
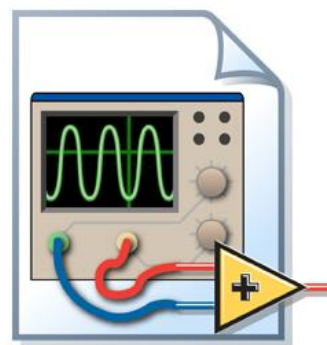


Figura 23. Interfaz gráfica labVIEW. Fuente: elaboración propia.



Captura de Datos

Figura 24. Captura de datos labVIEW. Fuente: elaboración propia.

Dicho programa tuvo la función de registrar los datos de los sensores durante las pruebas de validación cada 10 milisegundos, al momento clic en el botón “PARO”, se genera un documento de texto con todos los datos registrados durante el tiempo de la prueba.

La primera parte de las pruebas fue durante la validación del aumento de empatía, donde con ayuda de 20 usuarios jóvenes se recabaron datos de los sensores que estaban ubicados en la parte interna del traje. Las pruebas fueron, caminando sobre una superficie plana de 10 a 15m, subiendo y bajando escaleras a un segundo piso, sentándose y levantándose de una silla y levantando un objeto de 10kg. Estas actividades fueron las mismas en las personas jóvenes y en las personas mayores para crear la comparación.

Los sensores tenían distintas ubicaciones dentro del traje, la ubicación se presenta a continuación:

- Flex Sensor 4.5": Área lumbar y rodillas
- Flex Sensor 2.2": Área cervical y codos
- Force Sensitive Resistor 0.5" de 10 a 100kg: Pies
- Flexi force Pressure Sensor de 25lbs: Manos
- MyoWare Muscle Sensor: Musculo bíceps

Posteriormente se hizo una clasificación de los sensores que se utilizarían en las distintas actividades realizadas, ya que no todos los sensores arrojan datos relevantes en todas las actividades, la clasificación es la siguiente:

- Caminando: Pie izquierdo, cervical, lumbar, codo y rodilla.
- Levantamiento de objeto (10kg): Mano izquierda, codo y muscular.
- Subiendo escaleras: Pie izquierdo, cervical, codo y rodilla.
- Sentado y levantado: Mano derecha, cervical, lumbar y rodilla.

En el caso de los adultos mayores se realizaron con 20 personas mayores de 65 años. Con el objetivo comprobar la similitud entre las personas mayores y jóvenes portando el traje, se optó por no utilizar el traje simulador en las pruebas con los adultos mayores, ya que esto sesgaría los datos resultantes. La figura 25 muestra a uno de los usuarios durante las pruebas.



Figura 25. Usuario mayor utilizando el sensor muscular MyoWare

En el caso de los adultos mayores se realizaron con 20 personas mayores de 65 años. Con el objetivo comprobar la similitud entre las personas mayores y jóvenes portando el traje, se optó por no usarse en las pruebas con los adultos mayores, ya que esto sesgaría los datos resultantes. La figuras 26 y 27 muestra a uno de los usuarios durante las pruebas.

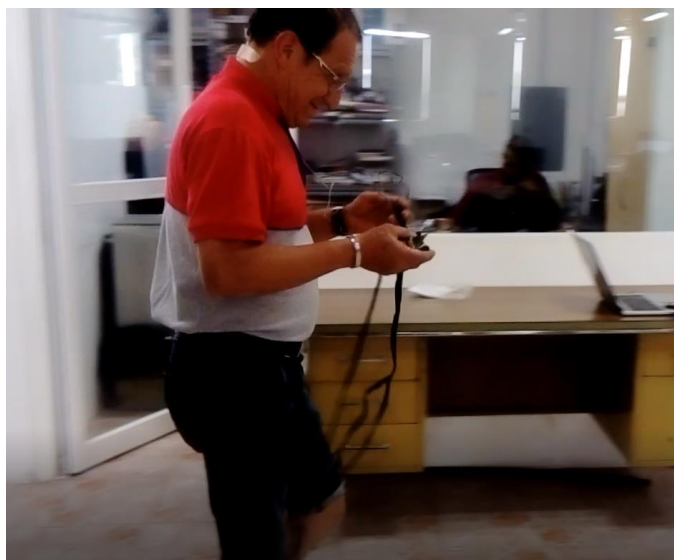


Figura 26 y Figura 27. Usuario realizando las pruebas caminando.

7.10.1. Pruebas caminando

Al finalizar las pruebas se pasaron todos los resultados contenidos en los documentos de texto a una base de datos en Excel, en donde se filtraron y prepararon para su análisis posterior. En donde se separaron por actividades y por segmentos de edad, los resultados se muestran a continuación:

Caminando Pie (kg)		
	Joven	3er edad
Lim. Sup	90.64	85
Lim. Inf	65.89	66.84
Media	73.25	70.94
Rango disp.	111	16
Desv.	3.1	0.66

Caminando Cervical (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup.	166.94	213
Lim Inf.	151	155
Media	158.97	199.6
Rango disp.	16	40
Desv.	2.65	2.02

Caminando Lumbar (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup.	99	96
Lim Inf.	85	94
Media	92.15	95.75
Rango disp.	7	1
Desv.	4.43	0.4

Caminando Rodilla (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup.	81.64	90.39
Lim Inf.	37.2	45.33
Media	51.36	53.33
Rango disp.	40	40
Desv.	8.65	6.25

Tabla 33. Análisis de límite convergente en la actividad de caminar

En las pruebas caminando se observa que aunque los límites superiores e inferiores se encuentran alejados de la media el rango de dispersión es el mismo y su media solo hay una diferencia de 1.97, lo cual es favorable en el sentido de proximidad de los datos al que se quiere llegar, en las imágenes 28 y 29 se ilustran los límites de los datos arrojados entre segmentos de edad.

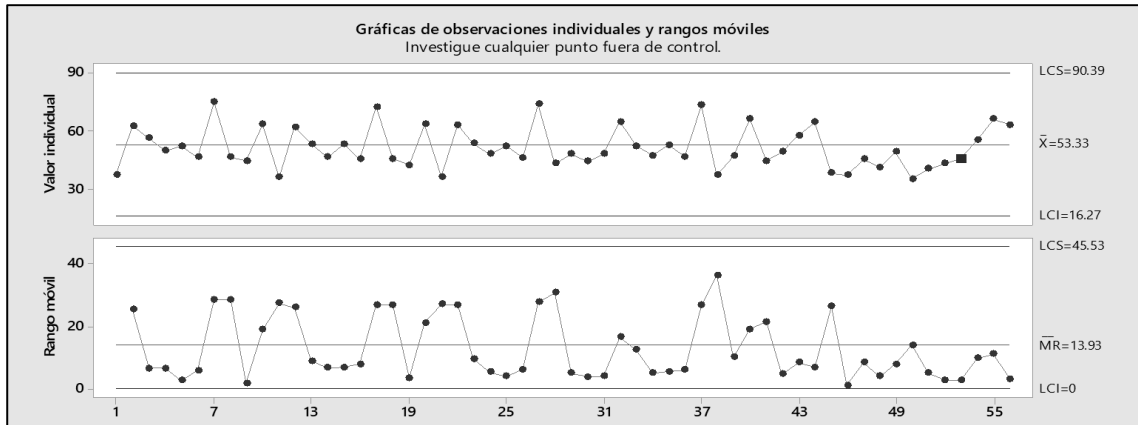


Figura 28. Grafica de observación de rangos del pie en la actividad de caminar (usuarios jóvenes)

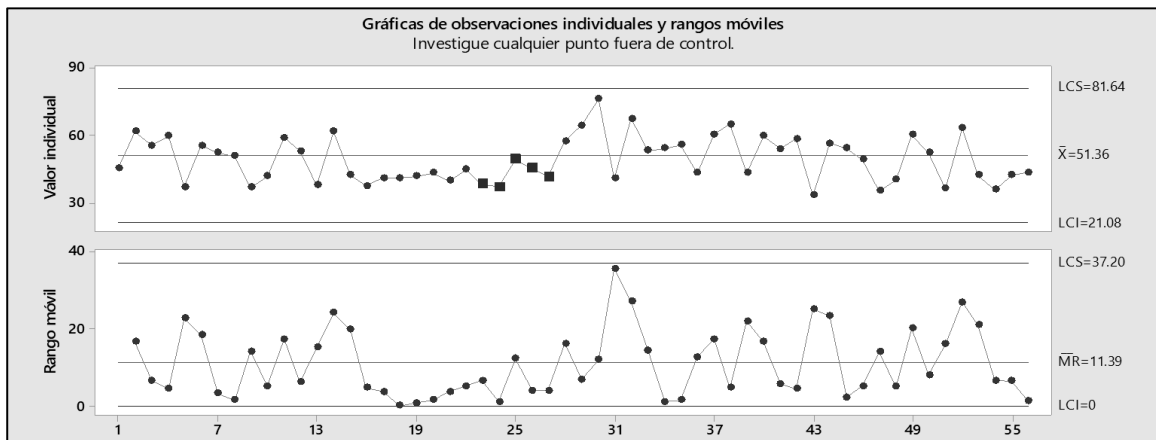


Figura 29. Grafica de observación de rangos del pie en la actividad de caminar (usuarios jóvenes)

Se puede observar lo mismo en el caso del área lumbar que cuenta con una diferencia entre medias de 3.6, en sus límites superiores se observa también poca dispersión entre 99 y 96. La rodilla 9.3 y el codo 10.81 cuentan con variaciones más altas que los dos primeros, pero aún se encuentran con un buen rango de dispersión y desviación estándar. Estos datos son favorables ya que se obtuvieron diferencias poco significativas apegiándose más a la igualdad de los datos entre el segmento de jóvenes con el traje y personas mayores sin él. Por otro lado los datos del sensor ubicado en la cervical tienen el rango de dispersión más alto entre segmentos de edad de 40, este rango podría disminuir si se aplicaran modificaciones en el traje simulador en el área ajustándose más a la espalda del usuario.

7.10.2. Pruebas de levantamiento de objeto

En las pruebas de levantamiento de objeto se levantó un peso de 10kg, el sensor se ubicó en el musculo bíceps derecho o izquierdo dependiendo de si el usuario era zurdo o diestro. En estas pruebas solo se tomaron los datos sensados de la mano, del codo y del musculo, los resultados se ven reflejados en las siguientes tablas.

Muscular Mano (kg)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	23	23
Lim Inf	20	20
Media	20.13	21.35
Rango disp.	3	2
Desv.	0.58	0.95

Muscular Codo (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	166	182
Lim Inf	149	169
Media	160.1	175.33
Rango disp.	11	7
Desv.	3.71	3.5

Muscular MyoWare (kg)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	20	40
Lim Inf	0	0
Media	15	25
Rango disp.	15	25
Desv.	0.8	0.9

Tabla 34. Análisis de límite convergente en la actividad de levamiento de objeto.

Los resultados de la mano tuvieron una semejanza bastante alta, los límites superiores e inferiores fueron iguales de 23 y 20 respectivamente, la media tuvo una diferencia de 1.22 y los rangos de dispersión y desviaciones estándar tampoco arrojaron una diferencia significativa entre ellos. Estos resultados son favorables para probar la similitud entre segmentos de edad reflejados en la mano al levantar un objeto. En el codo los resultados también arrojaron una similitud favorable aunque no tan alta como en la mano, esto se debió a que los sensores estuvieron en constante movimiento al doblar esta articulación de una manera acentuada, lo que ocasiono ruido en la señal. El sensor muscular el cual fue el más representativo en esta prueba arrojó una media entre 15 a 25 respectivamente con un rango de dispersión aproximada a la media. En este caso se observa que al levantar 10 kg se reflejan en los jóvenes 15 y en los adultos mayores 25, esta diferencia de 10 kg es debido a que el sensor funciona recabando los datos de las señales eléctricas del musculo al momento de realizar un esfuerzo y aunque existan impedimentos de movimiento

en el brazo las señales eléctricas no sufren una intervención suficiente, debido a que el traje funciona de forma externa al cuerpo humano.

7.10.3. Pruebas de subir y bajar escaleras

Las pruebas de subir y bajar escaleras fue una de las más representativas debido a que fue donde se presentaron mayores comentarios por parte de los usuarios, por una parte las personas mayores comentaban que era una de las actividades donde más fatiga y dificultad presentaban y las personas jóvenes percibieron a su vez un grado de dificultad al realizar dicha actividad en las pruebas. Los resultados de los sensores utilizados se presentan a continuación.

Escaleras Pie (kg)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	81	79
Lim Inf	54	50
Media	65.84	60.48
Rango disp.	20	15
Desv.	4.64	6.23

Escaleras Cervical (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	170	178
Lim Inf	150	163
Media	159.96	170.16
Rango disp.	11	8
Desv.	2.85	3.68

Escaleras Codo (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	170	175
Lim Inf	150	153
Media	160.08	164.51
Rango disp.	10	9
Desv.	2.95	3.86

Escaleras Rodilla (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	30	30
Lim Inf	16	22
Media	24.74	26.71
Rango disp.	8	4
Desv.	2.6	1.73

Tabla 35. Análisis de límite convergente en la actividad de subir y bajar escaleras.

Los datos que se muestran en los pies muestran similitud incluso cuando los pesos de los usuarios son distintos entre segmentos de edad, esto debido a que las personas de la tercera edad tienden a perder masa muscular después de los 60 años y es complicado recuperarla. Esto se ve reflejado en la media que oscila entre 60 y 65 kg en personas de la tercera edad y personas jóvenes. El área cervical presenta una diferencia entre medias de 11°, esta diferencia es igual a la presentada en las pruebas caminando, es debido a que el traje es un tanto holgado en esa parte del traje. En la parte del codo y de la rodilla todos los datos presentan un alto grado de similitud, esto es favorable para fines de la investigación.

7.10.4. Pruebas sentarse y levantarse de una silla

Por último los resultados de sentarse y levantarse de una silla, como subir y bajar escaleras los usuarios señalaron que esta actividad era de las que más trabajo les costaba realizar y que en la parte donde sentían mayor limitación de movimiento era en las rodillas. Las personas mayores también señalaron que la articulación de la rodilla es la que comienza a generar molestia después de cierta edad, los resultados de esta prueba se muestran a continuación.

Sentado/levantado Mano (kg)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	14	19
Lim Inf	8	13
Media	10.22	14.49
Rango disp.	4	5
Desv.	1.64	2.63

Sentado/levantado Cervical (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	159	170
Lim Inf	149	155
Media	150.46	158.55
Rango disp.	9	11
Desv.	4.63	6.76

Sentado/levantado Lumbar (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	29	28
Lim Inf	22	19
Media	24	21.4
Rango disp.	5	7
Desv.	2.14	2.71

Sentado/levantado Rodilla (°)		
	Joven	3er edad
Lim Sup	54	73
Lim Inf	49	70
Media	51.5	72.22
Rango disp.	1.97	1.35
Desv.	0.46	0.36

Tabla 36. Análisis de límite convergente en la actividad de subir y bajar escaleras.

Los datos que se arrojan en la mano se observa una diferencia entre medias de 4.47, esto debido a que al momento de realizar esta actividad, las personas mayores suelen recargar más su peso en los descansar brazos con el fin de tener mayor estabilidad al sentarse, que las personas jóvenes. A pesar de esto esta diferencia no presenta mayor grado de significancia en la diferencia de los resultados. El área cervical presenta una diferencia entre medias de 8.09° la más alta de este grupo, de nuevo se cree que es por el desajuste en esta zona del traje. El área lumbar presenta la menor diferencia entre medias con 2.6° así como los límites superiores e inferiores con una diferencia de 1 a 2°, este nivel de similitud en las lumbares se presenta en todos los grupos de actividades, se puede concluir que se cumple con el objetivo de simular la limitación en dicha zona. Por el contrario el área de la rodilla presenta una diferencia de 20.72°, esta diferencia se da debido a que

el sensor estuvo en constante movimiento al doblar esta articulación de una manera acentuada, lo que ocasiono ruido en la señal. Esto se podría discutir si el sensor estuviera en contacto directo con la piel y no sobre el traje, ya que el textil provoca el doblar que genera el problema.

VIII. CONCLUSIONES

Por medio de la comparación de características antropométricas entre una población joven y una de la tercera edad, observación y análisis de campo se logró diseñar un traje ergonómicamente funcional que simula la limitación motriz de las personas de la tercera edad.

Un traje simulador de la tercera edad funge como herramienta del diseño empático, ya que le da al usuario una mayor comprensión de las necesidades de las personas mayores.

Un estudio de percepción de empatía con datos segmentados, aporta información de gran valor, con la que se pueden correlacionar y estudiar las variables, para comprender la forma en que afecta una simulación con el aumento de la empatía

La integración de este producto en distintos tipos de análisis de usabilidad de productos genera grandes ventajas en diseño y desarrollo de productos, ya que la información recopilada sobre las limitaciones de personas de la tercera edad en dichas pruebas pueden promover cambios en los productos enfocados a esta área.

La evaluación de la funcionalidad de la simulación arrojó datos favorables en las pruebas ya que no existe una diferencia significativa entre las áreas sensadas de ambos segmentos de edad, por lo que la simulación se cumple de forma correcta adecuándose a las limitaciones de movimiento de las personas mayores.

IX. TRABAJO FUTURO

Realizar revisiones al prototipo para resolver las dificultades que han salido a flote a lo largo de la investigación.

Rediseñar el sistema de automatización con los sensores, para que se logre una conexión inalámbrica y que los datos lleguen de una forma más rápida a la base de datos, con el fin de realizar una observación de los mismos en el momento.

Calibración de las restricciones de movimiento del traje con el fin de ampliar las características de las personas mayores con algún tipo de enfermedad motriz.

Comenzar con el diseño de un traje simulador de adultos mayores para usuarias femeninas, esto incluirá más trabajo, ya que las mujeres tienden a tener mayores enfermedades motrices en su adultez.

Desarrollar una familia de productos simuladores que tomen en cuenta características de sectores poblacionales excluidos de los principales avances en diseño, tecnología e innovación. Además de resolver un problema social se observa una tendencia de usuarios en este rubro lo que creara un crecimiento económico.

Proponer un laboratorio de ergonomía, antropometría y diseño inclusivo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro, en donde se desarrollen investigaciones de diseño inclusivo, ergonómico, etc., que favorezca a la mayor población estudiantil y sobretodo un crecimiento científico dentro de la misma.

Bibliografía

AG, Arduino. 2017. Arduino. [En línea] Zen Cart, 2017. [Citado el: 5 de Abril de 2017.] <https://store.arduino.cc/product/A000067>. A000067.

Armstrong, Jessica, y otros. 2015. A validation study of disability simulation suit usage as a proxy for customer need statements from persons with disabilities. Boston, Massachusetts : Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, 2015. DET2015-47679.

Arroyo, Patricia, y otros. 2007. *Indicadores antropométricos, composición corporal y limitaciones funcionales en ancianos.* 2007. págs. 846 - 854.

Assistance magnitude versus metabolic cost reductions for a tethered multiarticular soft exosuit.

Quinlivan, B. T., y otros. 2017. Estados Unidos : s.n., 2017.

Ávila Chaurand, Rosalío, Prado León, Lilia Roselia y González Muñoz, Elvia Luz. 2007. *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana.* Guadalajara México : ISBN 978-970-27-1193-3, 2007.

Ballantyne , Jennifer . 2010 . *Dynamic postural stability splint . US5582583A* Estados Unidos, 2010 .

Becerril, Ana. 2000. Atrofia Muscular, Porque y cuándo sucede? 2000. pág. 1.

Bennett, Paul , Moore, Malcolm y Wenham, John . 2015. The PAUL Suit: an experience of ageing. 2015.

Bennett, Paul, Moore, Malcolm y Wenham, John. 2015. The PAUL Suit: an experience of ageing. 2015. págs. 107-111.

Bevan, Nigel. 2005. www.usernomics.com. [En línea] 12 de enero de 2005. <http://www.usernomics.com/ergonomics-standards.html>.

Borsci, Simone, y otros. 2014. Beyond the User Preferences: Aligning the Prototype Design to the Users' Expectations. 2014. pág. 24.

—. 2014. Beyond the User Preferences: Aligning the Prototype Design to the Users' Expectations. 2014, pág. 24.

Bourget, Duane , Miesel, Keith A. y Molnar , Gregory F. . 2011 . *Wearable ambulatory data recorder. US 8016776 B2* Estados Unidos, 2011 .

Brake Control Assist on a FourCastered Walker for Old People. **Tetsuya , Hirotomi, Yasutomo , Hosomi y Hiroyuki , Yano . 2014 .** Japan : s.n., 2014 .

Bulger, Sean M. 2004. Modified delphi investigation of exercise science in physical education teacher education. West Virginia : s.n., 2004.

Cabello, Valero. 2010. <http://www.insht.es>. [En línea] abril de 2010. [Citado el: 1 de abril de 2014.] <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/D>.

Carroll, Randolph W, Dellafera, Ciaran A. y Isom, Pamela K. 2011. *Ergonomics based health facilitator for computers users* . US008024202B2 Estados Unidos, 2011.

Cascaes da Silva, Franciele, y otros. 2013. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. La Habana : SciELO, 2013. Vol. 24, 3. 23072113.

CIVAT, Centro Insular de Validacion. Moreno, Carmen. 2009. Minusval, pág. 20.

CONAPO. 2011. Diagnóstico socio-demográfico del envejecimiento en México. *Serie Documentos Técnicos*. México, DF, México : Consejo Nacional de Poblacion, Octubre de 2011.

—. **2015.** La Situación Demográfica de México 2015. *La Situación Demográfica de México 2015*. México, D. F. : Consejo Nacional de Población, 2015, pág. 184.

Danisch , Lee . 2000. *Topological and Motion Measuring Tool*. US006127672A Estados Unidos, 2000.

Daum, Wolfgang , y otros. 2001. *Data Glove* . US20020075232A1 Estados Unidos, 2001.

Derchak, Alexander , Czapla, Larry y Rogan , Catherine Anne. 2013. *Physiological monitoring garment* . US8475371 B2 Estados Unidos, 2013.

Dikran , Ikoyan . 2011. *Posture training device*. US 20110063114 A1 Estados Unidos, 2011.

Dirk , David , Goldbeck, Tobias Happel y L'henoret , Benjamin . 2008 . *Methods and devices for measuring a torsion of a part of the body* . WO2008052682 A1 Estados Unidos, 2008 .

Dong Soo , Kwon y Kyu Bin, Lee . 2005. *Optical fiber curvature sensor for measuring body motion and its adhesive method* . US6940062 B2 Estados Unidos, 2005.

Dongen , Christophe Van . 2005. *Posture detector*. US20050237209 A1 Estados Unidos, 2005.

Enrique, Alvaro. 2010. La importancia de las Ayudas Informaticas Para los Analisis Ergonomicos en el Diseño Industrial. 2010. pág. 10.

Ensinger. 2017. Ensinger. [En línea] Ensinger, S.A., 2017. [Citado el: 6 de Abril de 2017.] <http://www.ensinger.es/es/>.

Eshelman, Larry J. , y otros. 2004. *Electronic assistant incorporated in personal objects*. US 6774795 B2 Estados Unidos, 2004.

- Flores, Cecilia. 2001.** *Ergonomía para el diseño*. México : Pitágoras (ISBN 968-5374-01-3), 2001.
- García, Brígida y Ordorica, Manuel. 2010.** *Los grandes problemas de México. Población*. México, D.F. : El Colegio de México, 2010. págs. 105-136. Vol. Volumen I.
- García-Bellido, R, González, Such y Jornet, Meliá. 2010.** SPSS: Análisis de fiabilidad. Alfa de Cronbach. Valencia : innovaMIDE, 2010.
- González, M. E. 2001.** *La función del despliegue de la calidad*. Mexico : Mc Graw-Hill, 2001.
- Goree, John , Bose, Bhaskar y Bentley, Michael . 2014 .** *Motion capture element . US 8903521 B2* Estados Unidos, 2014 .
- Gutiérrez, Luis Miguel. 2010.** México y la revolución de la longevidad. *Envejecimiento Humano. Una visión interdisciplinaria*. México, D. F., México : Instituto de Geriatria, 2010.
- Ham Chande, Roberto. 2011.** Diagnóstico socio-demográfico del envejecimiento en Mexico. *Situación Demográfica de México*. Cd. México, México : CONAPO, 2011.
- Heliodoro, Alemán, Esparza, Julian y Valencia, Mauro. 1999.** Antropometría y composición corporal en personas mayores de 60 años. Importancia de la actividad Física. 1999. págs. 309 - 316.
- Hernández Sampieri, Roberto, Hernández-Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2006.** *Metodología de la investigación* . México : McGraw-Hill, 2006.
- Herrera Saray, Patricia . 2011.** Ergonomía dirigida al factor social del diseño: objetos y ayudas técnicas para la población en condición de discapacidad. 2011. págs. 52-77.
- . 2011. Ergonomía dirigida al factor social del diseño: objetos y ayudas técnicas para la población en condición de discapacidad. 2011. págs. 52-77.
- Herrera, Lavalle. 2014.** *Diseño y ergonomía para la tercedad edad: aplicación al diseno de calzado*. Ciudad de México : UNAM Coordinación de estudios de posgrado, 2014. 978-607-02-5819-0.
- Hervieux, Paul , y otros. 2007 .** *Garment incorporating embedded physiological sensors . US7173437 B2* Estados Unidos, 2007 .
- Hessert, Mary, y otros. 2005.** Distribución de la presión del pie al caminar en adultos jóvenes y mayores. Boston MA, USA : BMC Geriatrics, 2005. 5. 02215.
- Hirotoni, Tetsuya, Hosomi, Yasutomo y Yano, Hiroyuki. 2010.** Brake Control Assist on a Four-Castered Walker for Old People. 2010. págs. 1269-1276.

Human Postures Modeling Using Motion Analysis: A Review . **Sazali B., Yaacob., y otros. 2012.** Malaysia : s.n., 2012.

Hutchings, Lawrence J., Gross, Richard y Jarpe, Stephen . 2000 . *System and method for measuring movement of objects.* US6122960A Estados Unidos, 2000 .

IEEE GlobalSpec. 2017. Engineering 360. [En línea] IEEE GlobalSpec, 2017. [Citado el: 6 de Abril de 2017.] http://www.globalspec.com/industrial-directory/wool_gabardine_fabrics.

Impiö, Jussi , y otros. 2006 . *Method and outfit for measuring of action of muscles of body .* US7152470 B2 Estados Unidos, 2006 .

Indicadores antropométricos, composición corporal y limitaciones funcionales en ancianos. **Arroyo, Patricia, y otros. 2007.** 2007, Revista Medica de Chile, págs. 846 - 854.

Industrial, Facultad de Ingeniería. 2005. Antropometría, Estática, Protocolo. Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.

INEGI. 2010. Censo de población y Vivienda 2010. *Tabulados del cuestionario básico.* s.l., México : INEGI, 2010.

—. **2015.** Censo y Estadísticas de Mortalidad 2015. 2015.

—. **2010.** *Directorio Nacional de Asociaciones de y para Personas con Discapacidad.* 2010.

J., Tomasz , y otros. 2002. *Elderly fall monitoring method and device .* US6433690 B2 Estados Unidos, 2002.

Jayaraman, Sundaresan , y otros. 2002. *Fabric or garment with integrated flexible information infrastructure.* US006381482B1 Estados Unidos, 2002.

Katayama, Tatsuo. 2005. *Jump wire structure.* 6899560 United States, 05 de 31 de 2005.

Kluwer, Wolters. 2009. *Evaluation and Management of the Adult Patient.* Philadelphia PA : 6th ed, 2009.

Koken Line Up. 2005. www.kokenmpc.co.jp. *Koken Creating a New Future.* [En línea] 20 de Marzo de 2005. [Citado el: 29 de Enero de 2014.] www.kokenmpc.co.jp/english/products/life_simulation_models/nursing_education/Im-060/index.html.

Lee, Kang, y otros. 2010 . *Body conformable electrical network.* US7658612B2 Estados Unidos, 2010 .

Leonard, Dorothy y Rayport, Jaffrey. 1997. *Spark Innovation Through Empathic Design .* Boston : Harvard Business Review, 1997.

Luck, Rachel. 2017. Inclusive design and making in practice: Bringing bodily experience into closer contact with making. Cambridge : Cambridge Editorial, 2017. Vol. MK76AA.

Luinge, Henk J., Roetenberg, Daniel y Slycke , Per J. 2008 . *Motion Tracking System . US 20080285805 A1* Estados Unidos, 2008 .

Markel, Gal. 2015 . *Wearable items providing physiological, environmental and situational parameter monitoring. US9131892 B2* Estados Unidos, 2015 .

Marshall, R. 2002. A task based "design for all". s.l. : Robotics and computer integrated manufacturing, 2002. Vol. 18, 3-4.

Martínez Lara, Dessiré. 2018. Método de validacion de experiencia de usuario en prototipos. (*Trabajo no publicado*). Querétaro : s.n., 2018.

Matthews, Robert , Fridman, Igor y Hervieux , Paul . 2007 . *Unobtrusive measurement system for bioelectric signals . US7245956 B2* Estados Unidos, 2007 .

Mazzeo, Robert, y otros. 1998. El ejercicio y la actividad física en los adultos mayores. 1998. págs. 6-30.

McDonald, David , y otros. 2013. *Physiological status monitoring system . US8585606B2* Estados Unidos, 2013.

McLeod , Kenneth J. y Clinton , T. Rubin. 2003 . *Non-invasive method and system of quantifying human postural stability . US6561991B2* Estados Unidos, 2003 .

Miesel, Keith A. y Heruth , Kenneth T. 2010 . *Collecting posture information to evaluate therapy. US7792583 B2* Estados Unidos, 2010 .

Mongomery, Douglas C. . 2008. *Diseño y analisis de experimentos.* Arizona : Limusa Wiley, 2008. ISBN13: 978-968-18-6156-8.

Morales De Teresa. , Juan Carlos . 2008. *Mostrador de aeropuerto incluyente . MX2007006060A* México, 2008.

Moreno de la Fuente, José Luis, Serrano González, Marcos y Catena Toledano, Manuel. 2003. *Podología general y biomecánica .* España : Masson (ISBN 8445812149), 2003.

Najafi, Bijan , Vaziri, Ashkan y Boloori , Ali-Reza. 2012 . *Ambulatory system for measuring and monitoring physical activity and risk of falling and for automatic fall detection . US 8206325 B1* Estados Unidos, 2012 .

Palamides , Thomas R. 2005. *Portable, wireless communication apparatus integrated with garmen. US6895261 B1* Estados Unidos, 2005.

- Papanek, Victor. 1977.** *Diseñar para el mundo real: ecología humana y cambio social.* Madrid : Hermann Blume, 1977.
- Parametric Technology Corporation. 2006.** PTC PRODUCT & SERVICE ADVANTAGE. [En línea] 2 de Enero de 2006. es.ptc.com.
- Parker, B. Eugene, y otros. 2006 .** *6-DOF subject monitoring device and method .* US6997882 B1 Estados Unidos, 2006 .
- Parker, Kermit Patrick, Parker, Gladys y Parker , Samuel . 2011 .** *Digital Professional Training Instructor (The DPT Instructor).* US 20140213415A1 Estados Unidos, 2011 .
- Pedroza Rendón, Oscar Hugo. 2005.** La matriz de congruencia: una herramienta para realizar investigaciones sociales. Michoacan : Facultad de Economía Vasco de Quiroga, 2005.
- Pheasant, Stephen y Haslegrave, Christine M. 2005.** *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work.* London : Taylor & Francis (ISBN 9780415285209), 2005.
- Pont Ges, Pilar. 2003.** *3a edad Actividad física y salud.* Barcelona : Paidotribo, 2003.
- Pozos, Robert S. y Agraz, Jose L. 2002.** *Fatigue monitoring device and method .* US006352516B1 Estados Unidos, 2002.
- Rayo G, Verónica. 2016.** Diseño y Ergonomía para la Tercera Edad. *Ergonomía Chile.* [En línea] 14 de 11 de 2016. http://ergonomiachile.bligoo.cl/disen-y-ergonomia-para-la-tercera-edad#.WCpFL_195PY.
- Reho, Akseli , y otros. 2008 .** *Sensor arrangeable on the skin .* US 7324841 B2 Estados Unidos, 2008 .
- Reumatología, Sociedad Española de. 2010.** Que es? La Artrosis de Cadera. Madrid, España : Sociedad Española de Reumatología, 2010.
- Ribble , David L. 2016.** *Patient-need prediction system.* US9311804 B2 Estados Unidos, 2016.
- Rodgers, Mark E. y Parsell , Douglas E. 2011 .** *Monitoring patient support exiting and initiating response .* US7987069 B2 Estados Unidos, 2011 .
- Rodriguez Daza, Karen. 2011.** Vejez y Envejecimiento. *Doc. Inv. Esc. Med. Cs. Salud.* Bogotá, Colombia : Universidad del Rosario, Enero de 2011.
- Rodríguez Morales, Luis. 2010.** *Diseño Estrategia y Táctica.* México D.F. : Siglo Veintiuno Editores, 2010.

Rojas Crotte, Ignacio Roberto. 2011. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. Estado de México : Redalyc, 2011. Vol. 12, 24. 1665-0824.

Rowlandson, Gordon, y otros. 2011 . *Method and apparatus for acquiring physiological data . US7996056B2* Estados Unidos, 2011 .

S., Thomas , Jr., Franco y DiMario , William G. 2008 . *Comprehensive monitoring system . US7394385 B2* Estados Unidos, 2008 .

Salovey, P y Mayer, J.D. 1990. Emotional intelligence. s.l. : Imagination, cognition and personality, 1990. Vol. 9, 185-211.

Schwartz, Mark H. y WangHong , Le Yi . 2007. *Method and system for continuous monitoring and training of exercise. US 20070219059A1* Estados Unidos, 2007.

Seo, Kap Ho, y otros. 2012. *Motion capture suit. WO2012124842 A1* Corea, 2012.

Shears, Jay Allan, Norman , Lee y Dan Stirling, Harold . 2010. *Apparatus, systems, and methods for gathering and processing biometric and biomechanical data. . US 7821407 B2* Estados Unidos, 2010.

Sparkfun. 2017. Sparkfun Start Something. [En línea] SparkFun Electronics , 2017. [Citado el: Abril de 5 de 2017.] <https://www.sparkfun.com/products/8606> . 08606 .

Stewart, Robert E. . 2011. *Joint motion sensing to make a determination of a positional change of an individual . US 20110238366A1* Estados Unidos, 2011.

Stivoric, John M. y Pacione, Christopher . 2004. *Aparato para detectar, recibir, obtener y presentar información fisiológica y contextual humana. 2562933* Estados Unidos, 2004.

Stotland, E. 1969. Exploratory investigations of empathy. Berkowitz. s.l. : Advances in experimental social psychology, 1969. Vol. 4, 272.

Suzuki, Takuji , Doi, Miwako y Ouchi , Kazushige . 2003 . *Wearable life support apparatus and method . US6569094B2* Estados Unidos, 2003 .

Tavakol, Mohsen y Dennick, Reg. 2011. *Making Sense of Cronbach´s Alpha.* UK : International Journal of Medical Education, 2011.

Tekscan, Inc. 2017. Tekscan. *Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors.* [En línea] 2017. [Citado el: 2017 de Abril de 5.] <https://www.tekscan.com/products-solutions/force-sensors/a401> . a401.

tesa. 2017. tesa. [En línea] © tesa tape , 2017. [Citado el: 2017 de Abril de 6.] <http://www.tesa.com/industry/tesa-51025-pv10.html>.

Ting, Joseph , Farrell, Brian y Bowman, Jeremy . 2009. *Physiological monitoring garment . US7559902 B2* Estados Unidos, 2009.

Townsend, Christopher P. y Townsend, Steven . 2004 . *Posture and body movement measuring system . US6834436 B2* Estados Unidos, 2004 .

Velcro BVBA. 2017. Velcro: There Is Only One. [En línea] VELCRO®, 2017. [Citado el: 2017 de Abril de 6.] <https://www.velcro.com/>.

Villareal E, Carmen. 2016. Sociedad de Ergonomistas de México. SEMAC. [En línea] 14 de Noviembre de 2016. <http://www.semac.org.mx/archivos/5-4.pdf>.

Visualization techniques for a prototype an anthropometric database . Adwait Ashok Joshi. 2004. Estados Unidos : s.n., 2004.

Wildman, Timothy D. , y otros. 2008 . *Article locating and tracking apparatus and method . US7450024 B2* Estados Unidos, Estados Unidos de 2008 .

Wilson, Patricia, y otros. 2004 . *Wearable transmission device. US006727197B1* Estados Unidos, 2004 .

Wispé, L. 1986. The distinction between sympathy and empathy: To call for a concept. s.l. : Journal of personality and social psychology , 1986. Vol. 50.

Wu, Jianning. 2010. A New Intelligent Model for Automated Assessment of Elder Gait Change. 2010. pág. 4.

Anexo I

Costos

Materias primas

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD POR VOLUMEN	COSTO POR VOLUMEN
Tela sportok	M	\$49	5	245
Tela Magali	M	\$19	2	38
Tela bondeada	M	\$79	3	237
Zipper	Cm	\$10	1	10
Hilo seralon	m	\$8	3	24
Sensor de presión	Pieza	\$226.50	2	453.59
Cable adaptador	Pieza	\$26.41	6	158.48
Divisores de voltaje	Pieza	\$92.75	4	371
Force sensing resistol	Pieza	\$243.72	4	974.88
Sensor de flexión	Pieza	\$175.25	4	701
Adaptador	Pieza	\$141.5	2	283
Arduino	Pieza	\$405	1	405
Pesas	Pieza	\$159	4	636
			TOTAL	4,491

1. Mano de obra

El traje simulador de edad será elaborado por una persona que recibirá \$500 por traje

2. Gastos mensuales

Arrienda	4,500
Servicios	2,000
Transporte	10,000
Papelería oficina	500
Mantenimiento	2,400
Publicidad	5,000
Pagos socios	30,000
Patentes	2,056
TOTAL	56,456

3. Equipos

	VALOR	VIDA UTIL	DEPRECIACION	DEPRECIACION MENSUAL
Equipos de producción	20,000	10 años	3000	250
Equipos de computación	18,000	10 años	2000	167
Muebles	6,000	15 años	1000	83
Otros	10,000	10 años	1500	125
			TOTAL	625

4. Ventas

Precio mensual de venta 3 trajes

PRECIO DE VENTA= \$11, 685

Venta mensual = 10 trajes x 11,685 = \$ 116,851

Costos Variables

Materia prima	4,477
Mano de obra	1500
Costo Variable Unitario	5,977

Costo Variable Unitario = \$5,977

Costo de Venta Mensual

CVM= venta mensual x costo variable unitario

CVM=10x 5,977= \$116,851

CVM= \$ 116,851

Costos fijos

Arrenda	4,500
Servicios	2,000
Transporte	10,000
Papelería oficina	500
Mantenimiento	2,400
Publicidad	5,000
Pagos socios	30,000
Patentes	2,056
Depreciación	625
TOTAL	57,081

Costo Fijo Unitario = $\frac{\text{Costo fijo total}}{3}$ = \$5,708

Costo total unitario = Costo Variable Unitario+ Costo Fijo Unitario

\$5,708 + 116,851 = 122,559

Margen de contribución= Precio de venta unitario-costo variable unitario

$$11,685 - \boxed{\$5708} - 5977 =$$

Punto de equilibrio = $\frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Margen de control}}$

Margen de control

$$57081 / 68319 = .83 \times 74269 = \boxed{\$61665.68}$$

Costo total = costo fijo total + costo variable total

$$\boxed{\$63058} + 57081 =$$

Utilidad

Utilidad= Ingresos Totales - Costos Totales

$$116,850 - \boxed{\$53,800} - 63058 =$$