



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría

“Diseño de un elemento auxiliar inclusivo dentro del hogar para usuarios con movilidad reducida”.

Opción a titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Maestra en Diseño e Innovación

Presenta:

LDI. Larissa Mayte Díaz Benhumea

Dirigida por:

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera

Co-Directores:

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez
Secretaria

MDI. Jorge Javier Cruz Florin
Vocal

MDI. Daniel García Casarrubias
Vocal

Dra. Ma. Sandra Hernández López
Vocal

Querétaro, Qro. 2022.



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Diseño de un elemento auxiliar inclusivo dentro del
hogar para usuarios con movilidad reducida

por

Larissa Mayte Díaz Benhumea

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGMAC-293151



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría

“Diseño de un elemento auxiliar inclusivo dentro del hogar para usuarios con movilidad reducida”.

Opción a titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Maestra en Diseño e Innovación

Presenta:

LDI. Larissa Mayte Díaz Benhumea

Dirigida por:

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera
Presidente

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez
Secretaria

MDI. Jorge Javier Cruz Florin
Vocal

MDI. Daniel García Casarrubias
Vocal

Dra. Ma. Sandra Hernández López.
Vocal

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (Noviembre 2022)
México.

Resumen:

En la actualidad 1000 millones de personas presentan alguna discapacidad física o movilidad reducida alrededor del mundo. Esta cifra va en aumento debido al envejecimiento y padecimiento de enfermedades crónicas. En México existen 7.8 millones de personas en esta condición, en dónde la mayoría no cuentan con espacios adaptados dentro del hogar debido a lo costoso que esto puede llegar a ser y en consecuencia de la escasa accesibilidad, no logran tener al alcance ciertos objetos sin necesitar la ayuda de otra persona. A esto se debe la importancia de crear ayudas técnicas, que le permitan a este segmento de la población realizar sus actividades diarias de manera independiente.

Durante este trabajo de investigación, se creó y desarrolló un elemento auxiliar o ayuda técnica, para las personas que utilizan la silla de ruedas como instrumento principal de apoyo, con el objetivo de que accedan a vasos de vidrio, plástico(PP) y acero inoxidable dentro de las alacenas desde su posición sedente, en cocinas que aún no han sido adaptadas.

La metodología utilizada durante la elaboración del proyecto, cuenta con seis etapas iterativas las cuales son “investigar, empatizar, conceptualizar, prototipar, validar y patentar” elaborada a partir de las herramientas metodológicas del *Design Thinking*, creado por Brown en el 2008 y “El diseño centrado en el usuario” desarrollado por Lee en el 2005, esto con el objetivo principal de identificar las necesidades reales del usuario y resolver la problemática a través de un producto.

Como resultado de implementar la metodología, se crearon prototipos impresos en 3D en material PLA, los cuales permitieron desarrollar el elemento auxiliar inclusivo como un mecanismo de agarre y pinza de sujeción, validados a través del sistema factorial 3^3 , el método RULA para verificar si éste era ergonómico o no, y unas encuestas realizadas con la escala Likert, con el fin de medir la percepción de dependencia arrojando resultados relevantes para la investigación, los cuales permitieron probar que el prototipo final era completamente funcional y asertivo.

Abstract:

Currently around the world there are 1 billion people that suffer physical disability or affected mobility. People who suffer these conditions are increasing due to ageing and chronic diseases. In Mexico there are 7.8 million people in this condition, in which the majority do not have adapted spaces inside their residence due to its high cost of implementation. Additionally, because of poor accessibility, they cannot reach certain objects without the assistance of a third person. Thus, the great importance to create technical aids, which would allow this segment of the population to perform their daily activities in an independent manner.

During this research work, an auxiliary element or technical aid was created and developed for people that use wheel chairs as the main instrument of support. With the objective to be able to reach glass cups, (PP) plastic and stainless steel inside cupboards and that are in a seated position; inside kitchens that still haven't been adapted.

The methodology used during the elaboration of the project, has 6 iterative stages which are: research, empathize, conceptualize, prototype, validate and patent" elaborated from methodological tools from Design Thinking created by Brown in 2008 and "The design centered on the user" developed by Lee in 2005. With the main objective to identify the real necessities of the user and solve the problem through a product.

As a result of implementing this methodology, prototypes were 3D printed in PLA material, which allowed the development of the auxiliary inclusive element as a mechanism to grip and hold an object, validated through the factorial system 3^3 . The RULA method was used to verify whether it was ergonomic or not. Surveys were performed with the Likert scale, it was used to measure the perception of dependence, obtaining relevant results for this investigation, which allowed to prove that the final prototype was completely functional and assertive.

Agradecimientos:

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor, Anelisse Yerett Oliveri Rivera, Maestra en Diseño e Innovación, quien con sus conocimientos y apoyo me guió a través de cada una de las etapas del desarrollo de este proyecto para alcanzar los resultados que se buscaban.

También quiero agradecer a la Universidad Autónoma de Querétaro y a la Facultad De Ingeniería por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación, así como permitirme ser parte de su comunidad académica. Gracias a los profesores que estuvieron comprometidos con la enseñanza y me acompañaron en el transcurso.

Por último, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, CONACYT, quien gestiona e impulsa el desarrollo científico y la modernización tecnológica de México, mediante la formación de recursos humanos de alto nivel, la promoción y el sostenimiento de proyectos específicos de investigación y la difusión de la información científica y tecnológica.

Dedicatorias:

Quisiera dedicar este proyecto principalmente a mis padres Mario Díaz y Juana Benhumea, ya que siempre me han demostrado su apoyo y cariño incondicional para desenvolverme profesional y personalmente.

A mi hermano Marlon Díaz por decirme que siempre haga las cosas desde el amor y estar conmigo en cada momento.

A Lolly por estar a mi lado en cada momento de la maestría y hacer más bonito cada uno de esos días.

A mi Amor Amarillo que me inspiró a entrar a la maestría y a ser siempre la mejor versión de mí.

Gracias totales a mi comité tutorial que fue encabezado por Yerett Oliveri, Magdalena Mendoza, Javier Cruz, Daniel García y Sandra Hernández, quienes siempre estuvieron dispuestos a resolver mis dudas.

Finalmente quisiera darle las gracias a dos de mis más grandes amigos, Ariel de la O y Silvestre Pliego quienes me asesoraron y guiaron a la par de mis maestros durante todo el proyecto.

Índice:

i. Resumen.....	4
ii. Abstract.....	5
iii. Agradecimientos.....	7
iv. Dedicatorias.....	7
v. Índice de Tablas.....	9
vi. Índice de Figuras.....	10
vii. Abreviaturas y siglas.....	11
I. Introducción.....	12
II. Antecedentes.....	12
2.1 Generalidades de la movilidad reducida.....	12
2.2 Población en México y Querétaro con movilidad reducida y actividades que realizan con mayor dificultad.....	14
2.3 Barreras para la inclusión.....	16
2.4 Accesibilidad, discapacidad y movilidad reducida.....	17
2.5 Generalidades del Diseño Inclusivo dentro del hogar para una PMR o discapacidad.....	19
2.6 Generalidades y principios del Diseño Universal.....	20
2.7 Soluciones que atacan la misma problemática.....	22
III. Marco Teórico.....	24
3.1 Ayudas Técnicas.....	24
3.2 Impresión 3D, modelado digital y sus aplicaciones.....	25
3.3 Material PLA.....	26
3.4 Filosofía “Hágalo Usted mismo”.....	27
3.5 Antropometría Mexicana.....	28
3.5 Estructura de cocinas convencionales.....	33
IV. Planteamiento del problema.....	34
V. Justificación.....	35
VI. Hipótesis.....	37
VII. Objetivos.....	37
7.1 Objetivo general.....	37
7.2 Objetivos específicos.....	37
VIII. Metodología.....	38
IX. Resultados y discusión.....	43
9.1 Recopilación de datos duros de acuerdo a la investigación académica, realizada en la primera etapa de la metodología (Investigar).....	43

9.2 – Identificación de variables dependientes e independientes de acuerdo a la hipótesis, realizadas en la primera etapa de la metodología	44
9.3 – Áreas del hogar identificadas para la implementación del proyecto, a través de las entrevistas.....	46
9.4 - Generalidades de la Ergonomía y métodos de evaluación, identificados en para iniciar la tercera etapa de la metodología	48
9.5 - Usabilidad del entorno y productos centrados en PMR, para generar la tercera etapa de la metodología	51
9.6 - Generación del primer concepto del elemento auxiliar inclusivo conforme a la tercera etapa de la metodología	53
9.7 - Realización de prototipos de acuerdo a la cuarta etapa de la metodología	57
9.8 - Validación del primer mecanismo impreso en 3D de acuerdo a la quinta etapa de la metodología.....	64
9.9 - Validación del segundo mecanismo impreso en 3D de acuerdo a la quinta etapa de la metodología.....	75
10 - Validaciones del prototipo con usuario final.....	88
10.1 - Validaciones ergonómicas del prototipo con usuario final.....	99
10.2 Resultados de las encuestas realizadas para calcular la percepción de la dependencia utilizando el elemento auxiliar inclusivo.....	105
10.3 Comportamiento del elemento auxiliar inclusivo en plataforma digital.....	112
X. Conclusiones.....	115
XI. Bibliografía o referencias.....	117
XII. Anexo I.....	127

Índice de tablas:

Tabla 1: Siete Principios del Diseño Universal.....	21
Tabla 2: Patentes.....	22
Tabla 3: Especificaciones del PLA.....	26
Tabla 4: Percentiles y dimensiones en posición sedente de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	30
Tabla 5: Percentiles y dimensiones de cabeza, pie, mano de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	31
Tabla 6: Percentiles y dimensiones en posición sedente de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	32
Tabla 7: Percentiles y dimensiones de cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	33
Tabla 8: Metodologías de apoyo y metodología a desarrollar.....	39
Tabla 9: Metodologías de usabilidad aplicadas.....	51
Tabla 10: Requerimientos de Diseño.....	53

Tabla 11: Niveles y tratamientos del primer experimento del mecanismo de sujeción.....	65
Tabla 12: Matriz del primer experimento	66
Tabla 13: Niveles y tratamientos del segundo experimento del mecanismo de sujeción.....	78
Tabla 14: Matriz del segundo experimento.....	78
Tabla 15: Niveles y tratamientos del tercer experimento del mecanismo de sujeción.....	90
Tabla 16: Matriz del tercer experimento.....	91
Tabla 17: Puntuaciones correspondientes al brazo, método RULA.....	102
Tabla 18: Puntuaciones correspondientes al antebrazo, método RULA.....	102
Tabla 19: Puntuaciones correspondientes al antebrazo y brazo, obtenidas de realizar el método RULA.....	103
Tabla 20: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida RULA.....	104
Tabla 21: Resultados de las encuestas sin el uso del elemento auxiliar inclusivo utilizando escala Likert.....	106
Tabla 22 – Resultados de las encuestas con el uso del elemento auxiliar inclusivo utilizando escala Likert.....	109

Índice de figuras:

Figura 1: Instrumentos de apoyo utilizados por PMR o discapacidad en México.....	14
Figura 2: Mujeres y hombres con limitación según su dificultad en México.....	15
Figura 3: Posición sedente de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	29
Figura 4: Cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	30
Figura 5: Posición sedente de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	31
Figura 6: Cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años.....	32
Figura 7: Altura de alacenas y barra.....	34
Figura 8: Diagrama de metodología propia a desarrollar.....	41
Figura 9: Preguntas y respuestas más relevantes de las entrevistas realizadas.....	47
Figura 10: Sketch inicial 1.....	54
Figura 11: Sketch inicial 2.....	55
Figura 12: Render 1, primera propuesta.....	56
Figura 13: Render 2, primera propuesta.....	56
Figura 14: Render 3, primera propuesta.....	56
Figura 15: Despiece de estereotomía.....	57
Figura 16: Maqueta en cartón.....	58
Figura 17: Mecanismo interno.....	58
Figura 18: Planos del mecanismo de la primera pinza de sujeción.....	59

Figura 19: Despiece para imprimir en 3D.....	59
Figura 20: Primer mecanismo ensamblado.....	60
Figura 21: Render 1, tercera propuesta.....	60
Figura 22: Render 2, tercera propuesta.....	61
Figura 23: Render 3, tercera propuesta.....	61
Figura 24: Planos del tercer prototipo.....	62
Figura 25: Planos del despiece del tercer prototipo.....	62
Figura 26: Piezas impresa en 3D, material PLA del tercer prototipo.....	63
Figura 27: Tercer prototipo impreso en 3D ensamblado.....	63
Figura 28: Diagrama de uso del prototipo.....	63
Figura 29: Colocación de repisas.....	67
Figura 30: Medición con vernier.....	68
Figura 31: Vasos en las repisas para probar el primer experimento.....	68
Figura 32: Realización del primer experimento.....	69
Figura 33: Medición del desplazamiento del primer experimento.....	70
Figura 34: Análisis de varianza MiniTab® primer experimento.....	71
Figura 35: Resumen del modelo MiniTab® primer experimento.....	71
Figura 36: Coeficientes MiniTab® primer experimento.....	72
Figura 37: Ecuación de regresión 1 MiniTab® primer experimento.....	73
Figura 38: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados MiniTab® primer experimento.....	73
Figura 39: Gráficas de residuos para el desplazamiento MiniTab® primer experimento.....	74
Figura 40: Ecuación de regresión 2 MiniTab® primer experimento.....	74
Figura 41: Resumen del modelo 2 MiniTab® primer experimento.....	75
Figura 42: Gráfica de efectos principales para el desplazamiento MiniTab® primer experimento.....	76
Figura 43: Medición de diámetros con vernier segundo experimento.....	80
Figura 44: Colocación de repisas segundo experimento.....	81
Figura 45: Realización del segundo experimento.....	82
Figura 46: Medición del desplazamiento en el segundo experimento.....	82
Figura 47: Análisis de Varianza del segundo experimento MiniTab®.....	83
Figura 48: Resumen del modelo del segundo experimento MiniTab®.....	83
Figura 49: Coeficientes del segundo experimento MiniTab®.....	84
Figura 50: Ecuación de regresión del segundo experimento MiniTab®.....	85
Figura 51: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados del segundo experimento MiniTab®.....	86
Figura 52: Gráficas de residuos para el desplazamiento del segundo experimento MiniTab®.....	86
Figura 53: Gráfica de efectos principales para el desplazamiento del segundo experimento MiniTab®.....	87
Figura 54: Ejecución del experimento con usuarios finales tercer experimento.....	88
Figura 55: Análisis de Varianza del tercer experimento MiniTab®.....	93
Figura 56: Diagrama de Pareto del tercer experimento MiniTab®.....	94
Figura 57: Resumen del tercer experimento MiniTab®.....	94

Figura 58: Coeficientes del tercer experimento MiniTab®.....	95
Figura 59: Ecuación de regresión del tercer experimento MiniTab®.....	96
Figura 60: Gráfica de efectos principales del tercer experimento MiniTab®	97
Figura 61: Gráfica de interacción del tercer experimento MiniTab®.....	98
Figura 62: Gráfica de probabilidad normal del tercer experimento MiniTab.....	98
Figura 63: Medición del ángulo del brazo.....	100
Figura 64: Medición del ángulo del antebrazo.....	100
Figura 65: Medición del ángulo del brazo participante 1.....	101
Figura 66: Medición del ángulo del brazo participante 2.....	101
Figura 67: Medición del ángulo del brazo participante 3....	102
Figura 68: Área del hogar en dónde los usuarios requieren más apoyo sin el uso del elemento auxiliar.....	107
Figura 69: Dependencia de las actividades en cocina sin el uso del elemento auxiliar.....	108
Figura 70: Dependencia de las actividades en cocina con el uso del elemento auxiliar.....	110
Figura 71: Resultados del porcentaje de la percepción de la dependencia alcanzado con el uso del elemento auxiliar inclusivo.....	111
Figura 72 – Resultados del comportamiento del modelo en la plataforma digital Thingiverse.....	113

Abreviaturas y siglas

CDU - Centro por el Diseño Universal

ENADID - Encuesta Nacional De La Dinámica Demográfica

ERIN - Evaluación del Riesgo Individual

IBV - Instituto de Biomecánica de Valencia

INEGI – Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

LCE – Lista de Comprobación Ergonómica

OIT - Organización Internacional del Trabajo

OMS – Organización Mundial de la Salud

PMR – Persona con movilidad reducida

PLA – Ácido Poli-láctico

REBA – Evaluación rápida de todo el cuerpo

SSM - Secretaría de Salud de Madrid

I. Introducción

El 15 % de la población mundial padece de alguna discapacidad, lo cual se traduce a más de 1000 millones de personas en edad adulta que actualmente tienen dificultades y/o limitaciones considerables para realizar actividades (OMS, 2018). Las tasas de discapacidad van en aumento debido al envejecimiento de la población y al aumento de enfermedades crónicas (OMS, 2017).

En México la población con discapacidad y movilidad reducida representa el 6.3 % de la población total, esto significa que en nuestro país son 7.8 millones de habitantes en estas condiciones (INEGI, 2018). En el mismo año, las cifras revelan que en el Estado de Querétaro la población con discapacidad y movilidad reducida permanente es de 15 mil personas que se encuentran entre los 15 y 64 años de edad, de las cuales el 75 % no realizan actividades fuera de casa (INEGI, 2018). Esto se debe a que las personas que presentan dificultades relacionadas con la movilidad, forman parte de grupo de la población que es vulnerable, ya que su actividad más afectada es el traslado, debido a la construcción de su entorno inmediato, como el hogar, escuela, lugar de trabajo y medios de transporte, que les impide desplazarse con facilidad. Una manera de adaptarse al entorno es el uso de habilitadores o instrumentos de apoyo, entre los que se encuentran: la silla de ruedas, el bastón, las andaderas, muletas, e incluso, la ayuda y apoyo de alguien más (INEGI, 2014).

II. Antecedentes

2.1 - Generalidades de la movilidad reducida.

El término de Persona con Movilidad Reducida (PMR), se utiliza para referirse al colectivo de usuarios, que de manera permanente o temporal, carecen de la capacidad de moverse y desplazarse de manera independiente, debido a causas

físicas, psíquicas o sensoriales ([Dols, 2017](#)). Este término es muy utilizado en accesibilidad, ya que moverse dentro de un espacio, en donde hay desniveles u alcanzar objetos a alturas elevadas, es sinónimo de dificultad ([Ministerio de Salud y Protección social, MSPS, 2013](#)).

Por otro lado, el Servicio Técnico de Reformas de Automóviles de Valencia ([SETRAV, 2020](#)), define el tipo de PMR que podrían presentar dificultades en su desplazamiento y sus principales características son:

A. Personas que se trasladan de un lugar a otro sin abandonar la silla de ruedas; con grandes dificultades para viajar y desplazarse, esquivar escalones, bordes o banquetas, y moverse sobre pavimentos que son irregulares.

B. Personas con dificultades sensoriales, con problemas de visión, audición o habla, que encuentran complicado utilizar un servicio de transporte.

C. Personas con ausencia de movilidad funcional, por amputación o enfermedades como la artritis, que afectan alguna parte de su cuerpo, y que tienen problemas para desplazarse, como subir y/o bajar aceras, subir y/o bajar de un vehículo, subir y/o bajar escaleras, entre otros.

D. Personas con enfermedades cardíacas o respiratorias, con alguna enfermedad o alergia que les impida desplazarse fácilmente o adaptarse a nuevos ambientes.

E. Personas mayores que no se pueden desplazar de manera independiente y necesitan la ayuda de otra persona.

F. Personas que sin ser discapacitadas presentan algún tipo de pérdida de movilidad temporal: mujeres embarazadas, personas con miembros vendados o que utilizan muletas o andadera, personas que en algún momento se desplazan con carriolas y complementos para bebés, entre otros.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2018, los principales instrumentos de apoyo para una PMR y su porcentaje de uso, en México, son los que se mencionan a continuación.

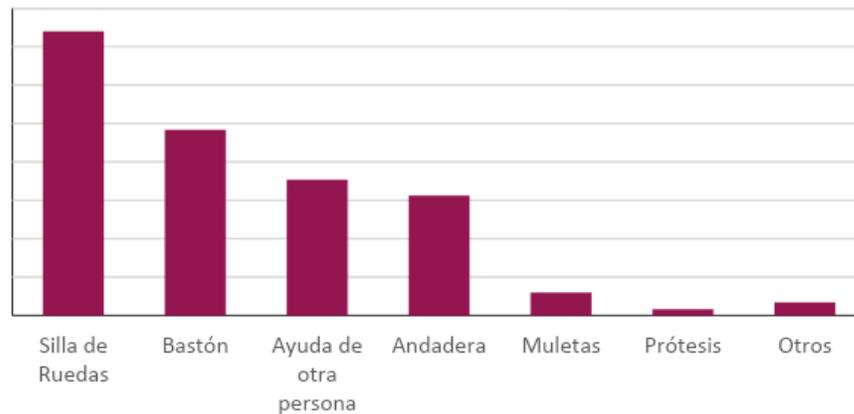


Figura 1 – Instrumentos de apoyo utilizados por PMR o discapacidad en México [\(INEGI, 2018\)](#).

Respecto a esta información, en el 2018, se muestra que el instrumento de apoyo más utilizado, de acuerdo a los porcentajes, es la silla de ruedas, seguido del bastón. En tercer lugar se muestra que está el apoyo de otro persona, lo cual limita a una PMR o discapacidad en ser independiente para realizar sus actividades (Figura 1).

Por lo anterior se puede entender que una persona con movilidad reducida es aquella que presenta limitaciones en el movimiento de sus extremidades superiores, inferiores o ambas; además es necesario comprender que las características que pueden presentar estas personas son muy diversas. Sin embargo en los países subdesarrollados como México el término de inclusión en este tipo de poblaciones vulnerables es incipiente, por lo cual es importante considerarlas al diseñar espacios y objetos, con la finalidad de ayudarles a facilitar sus actividades cotidianas.

2.2 - Población en México y Querétaro con movilidad reducida y actividades que realizan con mayor dificultad.

En México, el término de PMR no es utilizado en las estadísticas; para ello se utilizan definiciones de acuerdo a las condiciones de las personas, dividiéndose en dos sectores de la población: personas en condición de discapacidad y personas con limitación para realizar algunas actividades.

El [INEGI \(2019\)](#) publicó datos del 2018 en los cuales se puede observar que en México, de los 124.9 millones de personas que habitan el país, 22.7 % de las mujeres y 20.9 % de los hombres presentan alguna discapacidad o limitación. De acuerdo a lo anterior, el 6.7 % de las mujeres presentan discapacidad y 16.0 % alguna limitación; y en el caso de los hombres el 5.9 % y 15.0 %, respectivamente. El 49.9 % de las personas con discapacidad y limitación son adultos mayores a partir de los 60 años. Seguido el 37.4 % de la población que corresponde a personas entre los 30 y 50 años.

De los 2 millones 91 mil personas que habitan en Querétaro, se registró que el 6.5 % de las mujeres presentaban discapacidad y 16.1 % alguna limitación, en el caso de los hombres el 5.7 % y 15.3 %, respectivamente.

De acuerdo a La Encuesta Nacional De La Dinámica Demográfica ([ENADID, 2018](#)), a continuación se presenta una gráfica en la que se muestra el porcentaje de limitación al que se enfrentan hombres y mujeres ante actividades que realizan diariamente.

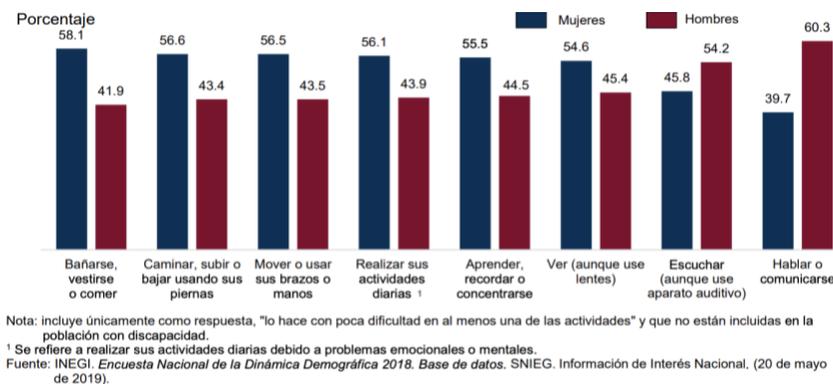


Figura 2 - Mujeres y hombres con limitación según la dificultad en México ([INEGI, 2018](#)).

Respecto a esta información, en 2018, se reportó que en el país hay 19.3 millones de personas que declararon al menos una limitación en algunas de las actividades consideradas en la gráfica. Por sexo, 52.7 % corresponde a mujeres y 47.3 % a hombres. Con estos datos se puede observar que en México la gente con limitación tiene más dificultad para bañarse, vestirse y comer, seguido de caminar, subir o bajar usando sus piernas (Figura 2).

En relación con la información anteriormente mostrada se puede observar que las mujeres son principalmente la población que presenta limitaciones en la movilidad, y que estas limitaciones están relacionadas con actividades ligadas a sus necesidades básicas de su vida cotidiana, las cuales les impide desplazarse adecuada y oportunamente, así como, el tener al alcance algunos objetos.

2.3 - Barreras para la inclusión.

La Organización Mundial de la Salud, actualmente define que las barreras para la inclusión son todos aquellos factores físicos, sociales y actitudinales que impiden o limitan la realización plena de los individuos ([Organización Panamericana para la Salud, OPS, 2020](#)). En la tipología de [French, publicada en el 2017](#), se distinguen principalmente estas tres barreras:

- A. Barreras estructurales: Se refieren a las normas implícitas, costumbres e ideologías de las organizaciones e instituciones, las cuales se basan en juicios de “normalidad” y se sustentan en jerarquías de poder.
- B. Barreras ambientales: Se refieren a las barreras físicas dentro del medio ambiente, por ejemplo, escalones, agujeros en el pavimento, mobiliario y la implementación de rampas y recursos para las personas con discapacidad. El entorno en donde se desenvuelve una persona con discapacidad es una limitante cuando éste no es accesible e inclusivo, lo cual no permite que se desenvuelva

libre y de manera independiente al momento de querer desplazarse o realizar alguna actividad, como es el tener a su alcance ciertos objetos.

C. Barreras actitudinales: Se refieren a las actitudes y comportamientos adversos que se tienen hacia las personas con discapacidad.

Existen otras barreras relacionadas que tienen que ver con la ropa y el calzado, las personas que viven con una discapacidad o movilidad reducida reportan un déficit para adaptarse y participar en programas de actividades físicas, las cuáles muestran que serían benéficas para su salud en general. El considerar estas barreras es tan importante como cuando se habla de accesibilidad o de barreras físicas-ambientales, ya que en la Universidad de Michigan, se realizó un estudio por [Kabel et al \(2016\)](#), en donde a través de un instrumento de medición y el reporte de resultados, se concientiza acerca de los problemas a los que se enfrenta una persona con discapacidad o movilidad reducida al momento de vestirse o de usar ropa y calzado inadecuados para realizar sus actividades.

Con esta información, acerca del tipo de barreras a las que se llega a enfrentar una PMR o discapacidad, se observa que de manera inmediata lo que sí se puede modificar es el cambio de estructuras en el diseño del entorno y objetos. El objetivo de disminuir o erradicar estas barreras ambientales, es que una PMR se desenvuelva de una forma natural y fluida al momento de realizar sus actividades cotidianas.

2.4 - Accesibilidad, discapacidad y movilidad reducida.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, asegura que el ambiente en donde habitan las personas tiene un profundo efecto en la prevalencia y magnitud de las discapacidades o limitantes de las personas ([PNUD, 2016](#)). La falta de accesibilidad en los espacios puede excluir a las personas con discapacidad o

limitación y generar dependencia. La Convención sobre los Derechos de las Personas Discapacitadas, especifica la importancia que tienen las intervenciones arquitectónicas, la implementación de equipamiento y mobiliario para mejorar el acceso a los distintos ambientes, como son los edificios, las casas y las calles ([CDPD, 2016](#)).

Las personas con discapacidad o movilidad reducida se enfrentan principalmente a limitaciones arquitectónicas, como lo son la ausencia de equipamiento, rampas mal ubicadas, con la inclinación poco propicia e inadecuadas, ascensores o gradas. También desarrollan la mayor parte de sus actividades dentro del hogar, pero éste tampoco cuenta con espacios diseñados de manera inclusiva, creando así viviendas incómodas y poco [seguras \(Astete-Tupayachi y Vargas-Febres, 2018\)](#). Se tiene que diseñar para el hogar, equipamiento, mobiliario y espacios, para los usuarios en condición de discapacidad o movilidad reducida, con la finalidad de que puedan desplazarse y realizar sus actividades de forma independiente. Es necesario para su desarrollo personal el tener un hogar accesible.

Las tecnologías para la accesibilidad, de acuerdo al Manual Para un Entorno Accesible ([2011](#)), hablan de los progresos tecnológicos que se producen para la evolución de componentes arquitectónicos y de mobiliario, así como los avances en medicina, rehabilitación, innovaciones electrónicas y domóticas. Éstos existen para tratar de analizar el nivel actual de autonomía y vida independiente de las personas con movilidad reducida y se dividen en los siguientes:

Para el desplazamiento: mejoran la capacidad de traslado del usuario con movilidad reducida, de una forma eficaz, rápida y segura.

Para el uso: facilitan el desarrollo de las actividades de la vida diaria del usuario con movilidad reducida, como lo son las actividades domésticas, de aprendizaje, trabajo y ocio.

Estas dos clasificaciones de igual manera pueden ser pasivas y activas, lo que significa que siendo pasivas mejoran la manera de usar el entorno sin sustituir la forma de actuar del ser humano, un ejemplo, podría ser que el usuario utilice una prótesis. Las activas actúan por cuenta de la persona, es decir, que al pasar la mano en frente de un sensor, salga agua de un monomando. Éstas mismas se pueden dividir en asociadas (adaptadas al elemento construido) y autónomas (utilizadas libremente por el usuario) ([Fernández et al, 2011](#)).

Los elementos y espacios comunes son la clave de la accesibilidad en el hogar, los espacios ya construidos, generalmente son difíciles de modificar, ya que hacer más grandes los pasillos o eliminar desniveles genera dificultades y es costoso. Dependiendo de las causas por las que una persona o una familia debe afrontar la adaptación de la vivienda (accidente y/o enfermedad, cambio de residencia, entre otros), marca las necesidades a resolver de manera concreta. Con esto podemos concluir que al diseñar un entorno y objetos accesibles, se tiene como objetivo facilitar la manera en que se realizan las actividades.

2.5 - Generalidades del Diseño Inclusivo dentro del hogar para una PMR o discapacidad.

El diseño inclusivo se acopla al ámbito práctico de la usabilidad para favorecer ambientes creativos y cambiantes, que faciliten la movilidad y el desarrollo de la creatividad por parte del usuario, así como la versatilidad en el uso y funciones de los objetos ([Mora et al, 2016](#)). La inclusividad cubre necesidades funcionales de sectores de la población vulnerables, como lo son las personas con movilidad reducida.

El objetivo de crear viviendas inclusivas es eliminar barreras espaciales, fomentando el desenvolvimiento del usuario con movilidad reducida y haciendo uso

correcto del espacio. Se tienen que proponer elementos que le ayuden a realizar distintas actividades de manera independiente en su vida cotidiana ([Polo, 2018](#)). Al diseñar viviendas inclusivas, se deben considerar espacios en dónde los objetos se encuentren al alcance o sean de fácil acceso para los usuarios con movilidad reducida, ya sea con la ayuda de palancas y poleas que no necesiten de mucha fuerza para ser utilizadas, necesita haber una buena interacción entre el usuario y otros familiares que no tengan ningún problema físico. Los espacios se deben adaptar a las personas.

Para que el mobiliario sea versátil y funcional, se debe pensar en las medidas universales con la finalidad de que una persona con movilidad reducida lo pueda usar, así como cualquier otra persona que no tiene problemas de movilidad. El mobiliario debe ser diseñado con base en las necesidades del usuario ([Polo, 2018](#)).

Con esto se puede concluir que el diseño inclusivo, es un área del diseño que busca estimular la autonomía de una PMR o discapacidad, que agrega valor al concebir un espacio u objeto ya que su fin principal es mejorar la experiencia del usuario a través de la accesibilidad y usabilidad, con el propósito de crear tomando en cuenta las necesidades reales del usuario, sin generar limitantes.

2.6 - Generalidades y principios del Diseño Universal.

El principio del diseño universal se basa en ver sólo a una población compuesta por una diversidad de personas con distintas habilidades y características. También se llama “diseño pensado para todos”, pues se refiere a una herramienta fundamental para alcanzar la accesibilidad universal ([Suárez, 2017](#)).

El Diseño para todos, es la intervención sobre objetos, productos, entornos y servicios con el propósito de que todas las personas, incluidas las generaciones futuras, independientemente de la edad, género y capacidades, puedan disfrutar

participando en la construcción de una sociedad en igualdad de condiciones ([Fundación Diseño para Todos, FDP, 2020](#)).

A continuación en la Tabla 1, se citan de manera resumida los siete principios del diseño universal. Estos principios son aplicables no sólo al urbanismo o arquitectura, sino a cualquier entorno, producto o servicio que se vaya a diseñar ([Suárez, 2017](#)). Estos principios han sido establecidos desde 1997 por el Centro por el Diseño Universal de la Universidad de Columbia, ubicada en Estados Unidos.

Tabla 1.- Siete Principios del Diseño Universal ([Hernández et al, 2011](#)).

1.-Uso equitativo	El diseño debe ser adecuado, útil y funcional para personas con distintas capacidades.
2.-Flexibilidad en el Uso	El diseño debe abarcar e incorporar un amplio rango de preferencias, costumbres y capacidades individuales.
3.-Uso Simple e Intuitivo	El uso del producto o entorno debe ser de fácil comprensión.
4.-Información Perceptible	El diseño debe comunicar la información necesaria de uso al usuario, sin necesidad de leer un instructivo.
5.-Tolerancia al Error	El diseño debe de ser seguro y anticiparse a consecuencias adversas ante acciones accidentales o mal intencionadas. Se debe considerar la posibilidad de que los usuarios se equivoquen o utilicen el producto para un fin no previsto y esto no provoque consecuencias graves.
6.-Bajo esfuerzo físico	El diseño debe ser cómodo y eficiente, al aplicarse un mínimo esfuerzo.
7.-Espacio suficiente de aproximación y uso	Debe considerarse el tamaño y espacio apropiados para el acceso, alcance, manipulación y uso sin

	importar el tamaño del cuerpo del usuario, postura y movilidad.
--	---

Con esta información se explica que el objetivo de estos siete puntos, y de lo que plantea de manera general el Diseño Universal, es guiar el alcance que tiene la accesibilidad y sugiere realizar elementos, objetos y espacios con ciertos requerimientos y especificaciones, con la finalidad de lo que se llegue a diseñar pueda ser utilizado por todas las personas en la mayor medida posible.

2.7 Soluciones que atacan la misma problemática

A continuación en la Tabla 2, se muestran ejemplos de algunos productos que se han creado con el fin de resolver la misma problemática, es decir, mobiliario, espacios dentro del hogar móviles y adaptables, dispositivos de elevación y mecanismos de brazos mecánicos, con el objetivo de que una PMR, pueda acceder de manera fácil y cómoda a objetos que se encuentran fuera de su alcance o que al utilizar un instrumento de apoyo no les permite manipular el espacio de manera accesible e independiente.

Tabla 2.- Patentes (Elaboración propia en base a los autores citados).

Número de Registro	País	Año	Inventores	Descripción
ES1207838U	España	2018	José Luis López Blanco	Mobiliario con sistema de nivelación integrado: Se caracteriza por implementar en el mobiliario una serie de patas que se ajustan a distintas alturas. Lo que la patente

				protege es el mecanismo que se desarrolló
EP2786674A2	Alemania	2014	Roman Philipp	Muebles de cocina con encimera móvil: Se refiere a un mueble con una placa funcional, en la que está integrada una estufa. Lo que protege la patente es que el mobiliario se caracteriza en particular por adaptarse a las necesidades de los usuarios de sillas de ruedas, ya que es posible un movimiento, en particular un movimiento horizontal y / o vertical de la placa de trabajo y funcional.
WO2009024641A2	España	2008	Antoni Gordo Aubarell	Cocina móvil de accesibilidad adaptable: Conjunto de armarios y encimeras que se desplazan de forma controlada. Lo que protege la patente son los sistemas de seguridad reforzados, en sentido ascendente y descendente, y con desplazamiento horizontal.
WO2011152265A1	Japón	2011	Yoon	Mecanismo de brazo: Brazo extensible y retráctil de acción

				directa, y brazo robótico provisto de mecanismo de brazo extensible y retráctil de acción directa. Lo que la patente protege son las estructuras del mecanismo que permiten que sea retráctil y extensible.
WO2017144738A1	España	2016	Francisco Humberto Castañeda Chahín y Edith Chahín Curí	Dispositivo elevador personal eléctrico: Dispositivo eléctrico constituido por un asiento plano y abatible. Lo que la patente protege es el mecanismo el cual permite elevar el asiento a una altura precisa para poder quedarse de pie.

Con esto podemos concluir, que se han creado productos pensados para que el usuario con movilidad reducida se adapte al ambiente y viceversa, con la finalidad de que éste pueda interactuar con el entorno y los elementos que conforman al mismo, sin necesidad de recibir ayuda de una tercera persona al realizar una actividad específica.

III. Marco Teórico

3.1 Ayudas técnicas

Las ayudas técnicas o dispositivos de apoyo son productos, instrumentos, equipos o sistemas utilizados por una persona con discapacidad, fabricados de manera especial o disponibles comúnmente en el mercado, para prevenir, compensar,

neutralizar o disminuir una discapacidad o deficiencia ([De la Cruz, 2020](#)). El uso de una ayuda técnica adecuada permite que una persona con movilidad reducida o persona mayor aumente su capacidad funcional para realizar funciones y tareas cotidianas. Por lo tanto, son objetos diversos que incrementan el nivel de independencia y autonomía personal del usuario con discapacidad en relación con el entorno ([Pousada, 2008](#)).

Existen ayudas técnicas para el aseo personal, movilidad, hogar, vestido, descanso, comida y su preparación, ocio, comunicación, información y señalización, que son objetos diversos que incrementan el nivel de independencia y autonomía personal del usuario con dificultades para desarrollar distintas tareas dentro del hogar.

Es importante conocer la diferencia entre instrumentos de apoyo y ayudas técnicas, ya que los instrumentos de apoyo sirven para que la persona con movilidad reducida se desplace de un lugar a otro y las ayudas técnicas les permiten hacer tareas, el conocer la diferencia entre estos dos conceptos nos servirá para desarrollar este trabajo de investigación.

3.2 Impresión 3D, modelado digital y sus aplicaciones

La fabricación aditiva es el nombre técnico que engloba las tecnologías de impresión 3D, ya que abarca la fabricación de objetos tridimensionales por aportación de material en lugar de sustraerlo. La impresión 3D parte de un archivo o modelo digital, que utiliza diferentes procesos aditivos en los que se aplican capas sucesivas de material para crear un objeto tangible ([Jorquera, 2016](#)). En el momento en que un objeto es digital, los conceptos, valores y asociaciones con el mundo físico se ponen a favor de nuevas consideraciones éticas de producción y consumo. Una impresora 3D es una máquina que actúa de forma controlada, capaz de fabricar cualquier forma o geometría por muy compleja que ésta sea, ya que se imprime a través de filamentos que pueden estar hechos de plástico, metal, vidrio, papel y hasta madera.

A diferencia de otras técnicas de fabricación, como lo es la de inyección de plástico, que requiere el uso de moldes costosos, especialmente en el caso de que se fabriquen pocas unidades por pieza, la impresión 3D no requiere de ningún tipo de molde, por lo cual los costos de producción son más bajos ([Ortiz et al, 2016](#)).

La biología y la medicina son áreas donde la impresión 3D ha tenido una gran aplicación, ya que actualmente pueden imprimirse prótesis de manos, brazos, o piernas utilizando diversos materiales, entre ellos el titanio para prótesis altamente resistentes y duraderas ([Sánchez, 2020](#)).

Mencionado lo anterior, se puede observar que la impresión 3D es una opción a considerarse durante un proyecto de investigación debido a la elaboración rápida de prototipos y productos, ya que si un diseño consta de muchas partes y ensamblajes, la reparación o reemplazo de las piezas es sencillo, ya que se pueden reimprimir y el material a utilizar es de fácil acceso y de bajo costo.

3.3 Material PLA

PLA: El ácido poliláctico, PLA, es un poliéster termoplástico que forma parte de los hidroxi-ácidos; su precursor es el ácido láctico, una molécula quiral. Es utilizado ampliamente en la industria alimenticia, química, farmacéutica, del plástico, textil, la agricultura, la alimentación animal, entre otros ([Serna, Rodríguez y Albán, 2003](#)).

Tabla 3 – Especificaciones del PLA (Serna, Rodríguez y Albán, 2003).

PARÁMETRO	GRADO FARMACÉUTICO	GRADO FCC	GRADO ALIMENTICIO
Pureza (%)	88	95 -105	80
Cloruros (%)	0.008	0.2	0.02
Sulfatos (%)	0.02	0.25	0.05
Arsénico (ppm)	4	3	0.2

Metales Pesados (ppm)	33	10	10
Hierro (ppm)	10	10	10
Cenizas (%)	0.1	0.1	0.1

En presencia de PLA, los microorganismos (hongos y bacterias) colonizan la superficie del polímero y son capaces de segregar enzimas que rompen en pequeños fragmentos el polímero; la colonización de la superficie depende de factores tales como la tensión superficial, porosidad y textura superficial y accesibilidad a las cadenas de polímeros. Esto lo convierte en un material biodegradable ([Serna, Rodríguez y Albán, 2003](#)).

Las propiedades térmicas del PLA: tiene una cristalinidad de alrededor del 37 %, una temperatura de transición vítrea entre 60 - 65 °C, una temperatura de fusión entre 173 - 178 °C y un módulo de elasticidad entre 2,7 GPa. Sin embargo, el PLA puede soportar temperaturas de 90 °C y se degrada rápidamente por encima de esta temperatura en condiciones de alta humedad ([Fernández, 2016](#)).

Conocer las propiedades del material con el que generalmente se trabaja para la impresión aditiva, nos permitirá desarrollar un producto acorde a las propiedades del material, trabajando en distintas formas y manejo del mismo durante el trabajo de investigación.

3.4 Filosofía “Hágalo usted mismo”

Compartir, crear e innovar son los tres conceptos claves que forman parte de la filosofía *maker*. Desde que comenzó el movimiento cultural asociado a la democratización del conocimiento y a poner de manifiesto que todos podemos ser creadores, la cultura *maker* o cultura del hacer, busca diseñar, pensar y crear

soluciones sencillas para llevar a cabo proyectos tecnológicamente complejos. El conocimiento está al alcance de todos ([CILSA, 2017](#)). [Andrés Oppenheimer, en su libro “¡Crear o morir!” en el año 2014](#), habla de los alcances positivos que se prospectan para la impresión 3d, el hacer tangibles las ideas a través de una máquina, de una forma más personalizada y al alcance de todos.

El objetivo de este movimiento es el desarrollo de la investigación para nuevas aplicaciones de la tecnología. Toda esta colaboración se puede hacer a través de la web, regulando a través de una serie de normas el correcto funcionamiento de la comunidad ([Hernández, 2016](#)).

Esta información, se relaciona con este proyecto de investigación, debido a que se busca realizar el elemento auxiliar inclusivo en dónde la mayoría de sus piezas se impriman en 3D, con la finalidad de que el producto final se pueda comercializar digitalmente y que la gente que lo necesite pueda acceder a través del internet y lo imprima en cualquier parte del mundo.

3.5 Antropometría Mexicana

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, es importante conocer las proporciones y medidas del cuerpo humano de la población de estudio, ya que es de suma importancia para poder diseñar de una manera ergonómica y asertiva.

Las dimensiones del cuerpo humano que influyen en el desempeño de las personas son de dos tipos esencialmente: a) Dimensiones estructurales: estatura, longitud del brazo, longitud de la mano, perímetro de la cabeza, altura de la rodilla. b) Dimensiones funcionales: zona de alcance funcional máximo de la mano, zona de alcance de comodidad, zona de alcance mínimo ([Chaurand, Prado y González, 2007, p. 17](#)).

Por su facilidad de medición, las dimensiones estructurales son las que aparecen frecuentemente en la base de datos disponibles en las tablas y figuras que se muestran a continuación.

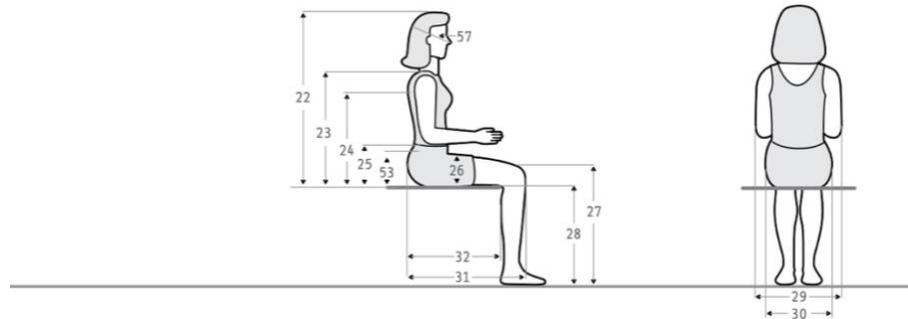


Figura 3 - Posición sedente de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años ([Chaurand, Prado y González, 2007](#)).

Los números expresados en la Figura 3, se encuentran de manera más detallada y específica en la Tabla 4. Aunque los datos no son específicos para personas con movilidad reducida, en cuestión de ergonomía y medidas antropométricas no hay ningún tipo de distinción, aplican de igual manera para una persona que no sufre ningún tipo de discapacidad. Estas medidas serán utilizadas como referencia para el desarrollo del proyecto.

Tabla 4 – Percentiles y dimensiones en posición sedente de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años ([Chaurand, Prado y González, 2007](#)).

Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
		\bar{x}	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
22	Altura normal sentado	832	27.42	790	831	879
23	Altura hombro sentado	551	22.95	511	552	591
24	Altura omoplato	426	26.91	377	426	469
25	Altura codo sentado	250	25.78	207	249	293
26	Altura máx. muslo	152	18.06	126	150	185
27	Altura rodilla	472	21.85	435	474	508
28	Altura poplítea	374	20.79	338	376	406
29	Anchura codos	487	54.23	411	478	582
30	Anchura cadera sentado	399	39.4	347	392	472
31	Longitud nalga-rodilla	575	27.97	534	572	625
32	Longitud nalga-poplíteo	471	32.92	434	470	513
53	Altura cresta ilíaca	204	23.68	158	204	236
57	Diámetro a-p cara	211	10.59	192	212	228

[Prado y González, 2007](#)).

De la Tabla 4, se utilizarán todos los datos para poder analizar la posición sedente del sexo femenino que se encuentra en un rango de edad entre los 18 y 65 años, los datos expresados están en milímetros. Se tomarán como referencia estas dimensiones para poder diseñar el elemento auxiliar inclusivo.

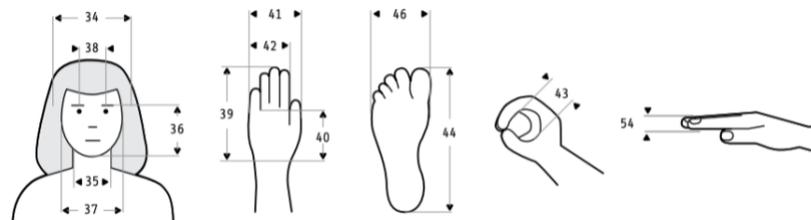


Figura 4 – Cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años. ([Chaurand, Prado y González, 2007](#))

Los números expresados en la Figura 4, se encuentran de manera más detallada y específica en la Tabla 5.

Tabla 5 – Percentiles y dimensiones de cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo femenino en un rango de edad de 18 a 65 años. [\(Chaurand, Prado y González, 2007\)](#)

Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
				Percentiles		
		\bar{x}	D.E.	5	50	95
34	Anchura cabeza	150	8.43	134	150	164
35	Anchura cuello	110	7.90	97	109	123
36	Altura cara	127	7.61	114	128	138
37	Anchura cara	124	9.69	106	123	138
38	Diámetro interpupilar	56	4.87	49	56	65
39	Longitud mano	171	8.04	158	171	185
40	Longitud palma mano	97	4.58	90	97	105
41	Anchura mano	93	6.90	83	92	104
42	Anchura palma mano	76	3.58	71	76	82
54	Espesor mano	29	3.23	23	30	35
43	Diámetro empuñadura	45	3.14	40	45	50
44	Longitud pie	232	9.79	217	232	250
46	Anchura pie	90	4.88	83	90	99

[Prado y González, 2007\)](#)

De la Tabla 5, se utilizarán los datos para poder analizar la longitud, ancho y espesor de las manos y brazos del sexo femenino que se encuentran en el rango de edad de los 18 a 65 años, los datos expresados se encuentran en milímetros. De esta tabla los únicos datos a considerar van del 38 al 43.

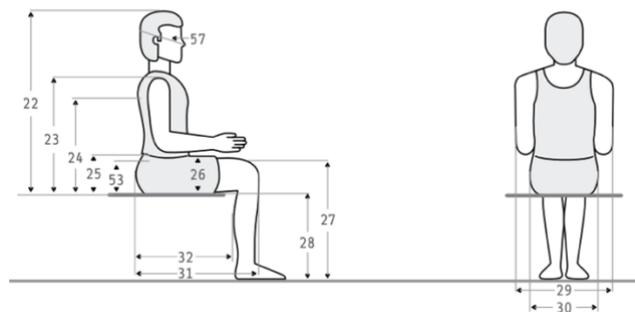


Figura 5 - Posición sedente de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años [\(Chaurand, Prado y González, 2007\)](#).

Los números expresados en la Figura 5, se encuentran de manera más detallada y específica en la Tabla 6.

Tabla 6 – Percentiles y Dimensiones en posición sedente de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años ([Chaurand, Prado y González, 2007](#)).

Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
				Percentiles		
		\bar{x}	D.E.	5	50	95
22	Altura normal sentado	876	31.17	825	877	927
23	Altura hombro sentado	581	27.63	535	582	638
24	Altura omoplato	442	27.66	396	443	486
25	Altura codo sentado	246	28.36	201	245	290
53	Altura cresta ilíaca	195	19.19	158	198	223
26	Altura máx. muslo	152	18.09	127	150	178
27	Altura rodilla	513	25.79	473	512	556
28	Altura poplítea	412	25.65	374	412	453
29	Anchura codos	531	54.90	443	529	620
30	Anchura cadera sentado	374	31.26	328	372	423
31	Longitud nalga-rodilla	583	33.41	537	582	640
32	Longitud nalga-poplítea	476	28.92	432	475	526
57	Diámetro a-p cara	222	8.27	207	222	235

De la Tabla 6, se utilizarán todos los datos para poder analizar la posición sedente del sexo masculino que se encuentran en el rango de edad entre los 18 a 65 años. Se tomarán como referencia estas dimensiones para poder diseñar el elemento auxiliar inclusivo.

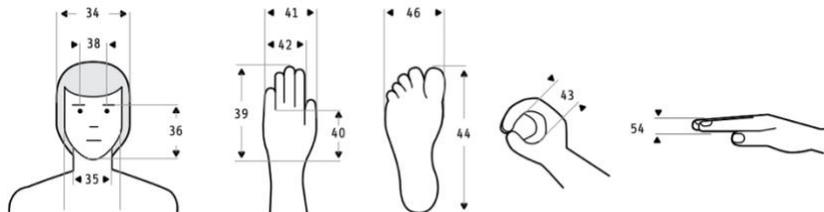


Figura 6 – Cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango edad de 18 a 65 años. ([Chaurand, Prado y González, 2007](#))

Los números expresados en la Figura 6, se encuentran de manera más detallada y específica en la Tabla 7.

A continuación en la Tabla 7, se utilizarán los datos de longitud, ancho y espesor de las manos y brazos del sexo masculino que se encuentran en el rango de edad de los 18 a 65 años, los datos expresados están en milímetros. De esta tabla los únicos datos a considerar van del 38 al 43.

Tabla 7 – Percentiles y dimensiones de cabeza, pie y mano de trabajadores industriales del sexo masculino en un rango de edad de 18 a 65 años. ([Chaurand, Prado y González, 2007](#))

Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
				Percentiles		
		\bar{x}	D.E.	5	50	95
34	Anchura cabeza	150	8.54	134	151	165
35	Anchura cuello	110	7.94	97	109	122
36	Altura cara	127	7.55	114	128	138
37	Anchura cara	124	9.69	106	124	139
38	Diámetro interpupilar	57	4.94	49	57	65
39	Longitud mano	171	8.28	158	170	185
40	Longitud palma mano	97	4.77	90	97	105
41	Anchura mano	93	6.83	83	92	103
42	Anchura palma mano	76	3.56	71	76	82
43	Diámetro empuñadura	44	3.63	39	45	50
44	Longitud pie	232	10.13	217	232	250
46	Anchura pie	90	4.92	83	90	99
54	Espesor mano	29	3.17	24	30	35

En conclusión, es importante considerar estos datos antropométricos y percentiles mexicanos, ya que al momento de diseñar el producto para esta población en específico, se deben considerar estos datos estadísticos de medición con el objetivo de que el producto final se adapte adecuadamente al cuerpo de la población de consumo. Durante la elaboración de este proyecto de investigación se deben considerar estos datos para poder diseñar el producto final.

3.6 – Estructura de cocinas convencionales

En México existe una forma tradicional para diseñar cocinas, como se muestra en la Figura 7, las alacenas se colocan 1.5 m de altura, éstas tienen 70 cm de largo y una profundidad de 30 cm, existe una distancia de 58.6 cm entre la cubierta y las alacenas. La altura entre piso cubierta es de 91.4 cm y la NOM-030-SSA3-2013, establecida por el [Diario Oficial de la Federación \(DOF, 2013\)](#), la cual habla de características arquitectónicas para facilitar el acceso, marca que los espacios mínimos de circulación dentro de una cocina son de 90 cm. Esta información es de suma relevancia debido a que dentro de esta zona del hogar es en donde se va a desarrollar el elemento auxiliar inclusivo.

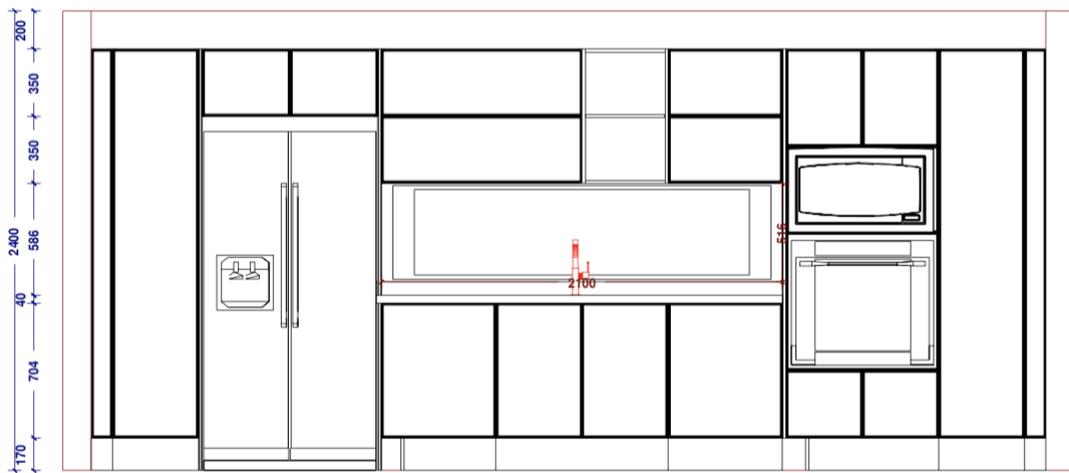


Figura 7 – Altura de alacenas y barra (Elaboración propia, 2018).

En la Figura 7, se muestra la altura total convencional de una cocina tradicional mexicana considera el mobiliario de piso a techo es de 2 m de altura. En conclusión, esta información es fundamental a considerarse por el rango y manipulación de objetos dentro de esta zona del hogar en dónde el elemento auxiliar inclusivo tendrá que desarrollarse para que las PMR interactúen de una manera más independiente.

IV. Planteamiento del problema

La accesibilidad, es la característica de un objeto o entorno que permite a cualquier persona relacionarse con él y utilizarlo de forma amigable y segura ([Aragall, 2003](#)). La capacidad de moverse independientemente dónde y cuándo una persona quiera, es relevante para los desafíos de la vida cotidiana ([Satariano et al., 2012](#)), calidad de vida y participación en la sociedad y entorno natural ([Rosso et al, 2013](#)). El hogar es el lugar en donde más pasa tiempo una persona con discapacidad o movilidad reducida, este entorno se considera accesible cuando se puede manipular y hacer uso del lugar u objetos de manera independiente ([González, 2015](#)). La problemática está que en las viviendas en México no consideran una previsible adaptación a una movilidad reducida en el futuro, lo que muestra una falta de prospectiva, por lo cual dentro del hogar, el entorno cuenta en su mayoría con muebles altos, los cuales imposibilitan que tengan al alcance objetos, obstruyendo la manera de realizar actividades de la vida cotidiana, ya que, al requerir la ayuda de otra persona, esto obstaculiza su independencia en su totalidad. El cómo está condicionado un espacio determina las posibles acciones que se puedan realizar en el mismo, es por esto la importancia de crear productos, servicios y espacios, que garanticen que todas las personas, sin importar su condición física, disfruten los recursos disponibles a su alcance (Tijerina, Osuna & Rodríguez, 2018).

Considerando que el 49.4 % de las personas con discapacidad o movilidad reducida vive en situación de pobreza, el 39.4 % vive en pobreza moderada y el 10 % en pobreza extrema ([CONEVAL, 2017](#)), se muestra que adaptar las viviendas construidas en México en dónde habita una persona con movilidad reducida que no tiene los suficientes recursos económicos es una labor imposible, ya que es costoso.

V. Justificación

El objetivo de este proyecto es crear un elemento auxiliar inclusivo, que funja como ayuda técnica y les permita a las 11,250 personas con discapacidad física o movilidad reducida en Querétaro, manipular objetos que se encuentran en los

muebles altos de manera independiente. Al ser la silla de ruedas el instrumento de apoyo más utilizado, es importante considerar este factor y crear un elemento auxiliar inclusivo para que las PMR puedan acceder a objetos dentro de su entorno y mobiliario existente, facilitando la manera en que realizan sus actividades, mejorando su calidad de vida, motivándolos a desarrollarse dentro del hogar, siendo productivos e independientes. La accesibilidad es un concepto amplio, abstracto y poco delimitado, que favorece la relación entre los costos y beneficios, motivos suficientes para que exista una mejora continua ([Alonso, 2007](#)). Por esto se considera que la accesibilidad del entorno posibilita a las personas a desplazarse y hacer uso de los espacios, objetos y servicios disponibles; en ello radica la importancia de visibilizarla como un tema que solo ha estado parcialmente considerado y que está directamente relacionado con la manera en que las personas realizan sus actividades dentro y fuera de casa.

Autores como [Núñez Bello \(2013\)](#), realizó estudios sobre la adaptación de las viviendas y los beneficios que esto puede traer el crear un entorno accesible para personas con movilidad reducida y discapacidad, aplicando los siguientes criterios de diseño: seguridad, autonomía y sentido de pertenencia. En el sector urbano, el autor [Carmona García \(2019\)](#), realizó un mapa de accesibilidad con información sobre las pendientes que se encuentran en las calles y las distintas barreras arquitectónicas, con la finalidad de hacer visibles los beneficios de tener espacios públicos inclusivos. En el sector salud, [Cañón Cárdenas \(2018\)](#), estudia cómo el promover la eliminación de barreras físicas existentes para las personas con movilidad reducida o discapacidad, tiene como resultado hospitales más accesibles, es decir, con las medidas adecuadas en los pasillos y anchos en puertas que van de 90 a 100 cm de espacio de circulación, equipo plegable y autonivelación.

En la actualidad, a pesar de los innegables progresos sociales alcanzados, las personas que tienen una condición como la movilidad reducida siguen viviendo limitados en sus derechos del uso del entorno, debido a las barreras físicas y

arquitectónicas a las que se enfrentan, ya que no han sido concebidas propuestas que en su totalidad brinden una solución definitiva que satisfaga las necesidades específicas de este grupo vulnerable de la población. Debido a esto es importante seguir estudiando las posibilidades que brinda el diseño e innovación de productos inclusivos que tengan como objetivo crear una sociedad justa, accesible y equitativa, que permitan al usuario desarrollarse de manera independiente con su entorno próximo mediante su interacción con un elemento auxiliar de apoyo que se sustente en la investigación, desarrollo y validación del mismo a través de la universidad.

VI.Hipótesis

El uso de un elemento auxiliar inclusivo y ergonómico para personas con movilidad reducida que se encuentran en posición sedente, les permitirá acceder y manipular objetos que se encuentren a una altura entre 1 m y 2 m, reduciendo hasta en un 30 % la dependencia a otras personas.

VII. Objetivos

7.1 - Objetivo general:

Diseñar un elemento con consideraciones ergonómicas que funcione como auxiliar para la manipulación y alcance de objetos entre alturas de 1 m y 2 m para incentivar a que el usuario se desenvuelva de manera independiente.

7.2 Objetivos específicos:

A. Identificar y analizar en qué área del hogar se encuentran la mayor cantidad de impedimentos para realizar las actividades de una persona con movilidad reducida, con el fin de crear un elemento que responda a las necesidades que no han sido resueltas y así mejorar la interacción de usuario con el entorno.

B. Definir a través de la ergonomía, las medidas antropométricas y percentiles adecuados, con la finalidad de que el elemento auxiliar le permita al usuario con movilidad reducida tener una buena postura corporal mientras lo utiliza.

C. Diseñar un elemento auxiliar a partir de los requerimientos de diseño universal con la finalidad de que el usuario pueda interactuar y realizar actividades de manera independiente.

D. Crear un elemento auxiliar que pueda ser impreso en 3D con la finalidad de que se convierta en un producto de fácil acceso.

E. Realizar el elemento auxiliar con materiales de buena calidad, económicos y con los parámetros del ecodiseño, con el fin de que el usuario lo adquiera sin tener repercusiones negativas en su economía, sea duradero y que cuando termine la vida útil del mismo, no tenga un impacto ambiental negativo.

VIII. Metodología

Con base en los objetivos anteriormente descritos anteriormente, las metodologías principales a utilizar son las que se mencionan a continuación. El Diseño Centrado en el Usuario, como lo plantea [Chunlun Lee \(2005\)](#), en dónde esta metodología consta de cuatro etapas que son las de la observar, analizar, sintetizar y prototipar. Design Thinking, como lo plantea [Tom Brown \(2008\)](#), es una metodología cuyo objetivo principal es captar las necesidades reales que tiene el usuario para darles respuesta a través de un producto y consta de cinco etapas que son las de empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. En la Tabla 8, que se muestra a continuación, se explican las etapas de la metodología a desarrollar durante la investigación que se propone en este documento, así como las etapas de las metodologías que se utilizarán de apoyo.

Tabla 8.- Metodologías de apoyo y metodología a desarrollar (Elaboración propia, 2020).

Metodología Diseño Centrado en el Usuario (Lee, 2005).	Metodología "Design Thinking" (Brown, 2008).	Metodología Propia
<p>Etapa 1 - Observar: Se estudia el contexto del usuario, se estudia el mercado, se realizan entrevistas para la recopilación de datos.</p>	<p>Etapa 1 - Empatizar: Es el trabajo que se hace para comprender a las personas. Durante esta etapa se busca comprender las necesidades físicas y emocionales de los usuarios, cómo piensan sobre el entorno que los rodea y qué es significativo para ellos.</p>	<p>Etapa 1 - Recopilar información: En esta etapa se identifica el problema a resolver y realiza una investigación académica que nos permita definir al usuario.</p>
<p>Etapa 2 - Analizar: Se interpretan los datos recopilados de la etapa 1, y con esto se puede hacer una prospección del producto a desarrollar.</p>	<p>Etapa 2 - Definir: Se le da sentido a la información recabada e interpretada en la primera etapa. Se elabora un planteamiento claro del problema, y se identifican las necesidades del usuario.</p>	<p>Etapa 2 - Empatizar: Trabajo de campo, Se aplican encuestas para recopilar datos acerca del usuario y cómo se desenvuelve en su contexto. Se identifican sus necesidades en el entorno de estudio determinado.</p>
<p>Etapa 3 - Sintetizar: Se empieza a crear el concepto del producto.</p>	<p>Etapa 3 - Idear: Se empiezan a plantear posibles soluciones que den</p>	<p>Etapa 3 - Conceptualizar: A través del análisis de datos de la etapa 2 se</p>

	respuestas asertivas a las necesidades del usuario.	empiezan a plantear posibles soluciones a las necesidades del usuario.
Etapa 4 - Prototipar: Se materializa el concepto del producto, permitiendo probar y evaluar la interacción de éste con el usuario.	Etapa 4 - Prototipar: Es la de la materialización de las ideas. Se tiene una idea más clara de las dimensiones del producto o de las funciones del servicio.	Etapa 4 - Prototipar: Se materializa el concepto más pertinente planteado en la etapa 3, con el objetivo de analizar si las dimensiones y funcionamiento del producto son las adecuadas.
-----	Etapa 5 - Evaluar: En esta etapa hay una retroalimentación sobre el prototipo, el usuario interactúa con éste y es la etapa en dónde pueden haber cambios o se implementa un producto final.	Etapa 5 - Validar: Una vez que el prototipo se convierte en la propuesta final, el producto se valida a través de pruebas de ergonomía, usabilidad y accesibilidad.
-----	-----	Etapa 6 - Patentar: Se protege legalmente la propiedad intelectual y/o derechos de autor, con el fin de proteger el conocimiento que se genera a través de la academia.

La Tabla 8, es una tabla comparativa para indicar las etapas que se han tomado de referencia de la metodología Diseño Centrado en el Usuario ([Lee, 2005](#)) y Design Thinking ([Brown, 2008](#)), con el objetivo de desarrollar una metodología propia que se adapte a los objetivos de la investigación que se desarrollará a través de la Universidad Autónoma de Querétaro.

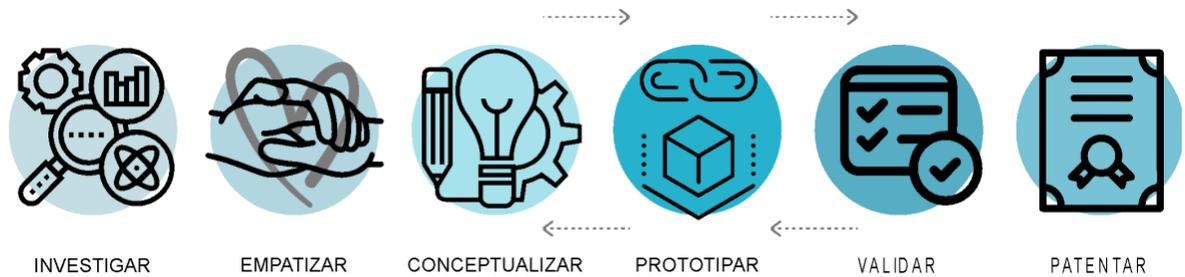


Figura 8 - Diagrama de metodología propia a desarrollar (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 8, se observan los pasos a seguir de la metodología propia, en los puntos que se mencionan a continuación, se explica de una manera desglosada la metodología propia a desarrollar.

Etapas 1 – Investigar: Se identifica y trabaja sobre un problema pertinente. A través de la investigación académica se explora todo el material existente sobre el problema y el contexto del mismo, estadísticas y datos duros muestran las herramientas ya desarrolladas, así como patentes y soluciones que ya han sido expuestas para darle solución al problema que se está planteando. Esta misma información puede identificar al usuario potencial del elemento auxiliar inclusivo que se desarrollará durante la investigación.

Etapas 2 – Empatizar: La investigación de campo se refiere a tener una interacción directa con el usuario, generar entrevistas, para la recopilación e interpretación de datos de manera estadística y sin requerir datos personales de los participantes. A

partir de esto, se deberán armar grupos de enfoque, esto con base en el método de Aproximación por Grupos ([Floria, 2000](#)), con el fin de identificar las necesidades reales de los usuarios de una manera etnográfica.

Etapa 3 – Conceptualizar: Concluida la etapa 2, se tendrán que empezar a esbozar las primeras ideas del diseño del elemento auxiliar inclusivo a partir de la interpretación de datos obtenidos a través de las encuestas; es decir, se empezará a trabajar en dibujos y “mock-ups”. Las herramientas que brindan los programas de modelación digital como SolidWorks, nos permitirán generar renders y hacer pruebas digitales antes de realizar un prototipo.

Etapa 4 – Prototipar: La realización de un primer prototipo, permitirá comprender si las dimensiones que se están proponiendo para el elemento auxiliar inclusivo son las indicadas, las formas, colores y texturas de los materiales también podrán ser cuestionadas y replanteadas en esta etapa. Es posible que se elaboren varios prototipos, ya que el objetivo es crear el elemento auxiliar inclusivo pertinente antes de pasar a la etapa de validación.

Etapa 5 – Validar: Las pruebas de validación de los primeros prototipos se llevará a cabo con un sistema factorial 3^3 , Las pruebas a las que se someterá el prototipo final del elemento auxiliar, serán de ergonomía, usando la metodología RULA, con el fin de poder calcular y medir la comodidad y si la interacción entre el prototipo y el usuario es cómoda, segura y procura una buena postura al usuario cuando lo utiliza) y encuestas de percepción de la dependencia basadas en la escala Likert.

Etapa – 6: Patentar: Ya que el prototipo final esté validado, con el fin de proteger el conocimiento e investigación generado a través de la Universidad Autónoma de Querétaro, se registrará legalmente la propiedad intelectual del elemento auxiliar ante el IMPI.

IX. Resultados y discusión:

9.1 – Recopilación de datos duros de acuerdo a la investigación académica, realizada en la primera etapa de la metodología (Investigar).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2018, los principales instrumentos de apoyo para una PMR y su porcentaje de uso, en México son los siguientes: silla de ruedas (37 %), bastón (24.2 %), ayuda de otra persona (17.7 %), muletas (3.0 %), prótesis (0.8%) y otros (1.7 %) (INEGI, 2018). Respecto a esta información, se muestra que el instrumento de apoyo más utilizado, de acuerdo a los porcentajes es la silla de ruedas, seguido del bastón y en tercer lugar se encuentra el apoyo de otra persona, que cómo tal éste no es un instrumento de apoyo, pero denota la dependencia que tienen hacia otras personas para realizar sus actividades.

Durante el mismo año, la Encuesta Nacional De La Dinámica Demográfica (ENADID), publicó que el 52.7 % de mujeres que padecen de movilidad reducida o discapacidad, así como el 47.3 % de hombres en estas mismas condiciones físicas, tienen más dificultad para bañarse, vestirse, comer (ENADID, 2018), estas tres actividades se relacionan directamente con zonas del hogar como la cocina, dormitorio/vestidor, comedor y baño.

Los instrumentos de apoyo funcionan como tecnologías para el desplazamiento, ya que mejoran la capacidad de movimiento del usuario con movilidad reducida o discapacidad, sin embargo, las ayudas técnicas y/o tecnologías de uso, son productos que facilitan la realización de determinadas acciones o tareas que resultan imposibles o difíciles de llevar a cabo sin la ayuda de otra persona. Es por esto la importancia de crear ayudas técnicas que permitan a las PMR o con

discapacidad el manipular objetos al utilizar sus instrumentos de apoyo, con el fin de disminuir la dependencia a otras personas para realizar actividades de la vida cotidiana.

Existen ayudas técnicas para el aseo personal, movilidad, hogar, vestido, descanso, comida y su preparación, ocio, comunicación, información y señalización, son objetos que disminuyen el nivel de dependencia y aumentan la autonomía personal del usuario con dificultades para desarrollar tareas diarias dentro del hogar (Pousada, 2008). Por mencionar algunos ejemplos, el mobiliario con sistema de nivelación integrado, desarrollado por López en 2018, la cocina móvil de accesibilidad adaptable, desarrollado por Gordo en el 2008, y el dispositivo elevador personal eléctrico, desarrollado por Castañeda en 2016, sugieren que el usuario se adapte al hogar para que éste sea accesible, lo cual en México resulta costoso. En cambio la herramienta de agarre y alcance plegable, desarrollada por Fleming en 2018, se adapta al entorno ya construido y es el principio en que se basó este proyecto de investigación.

9.2 – Identificación de variables dependientes e independientes de acuerdo a la hipótesis, realizadas en la primera etapa de la metodología (investigar).

Variable Independiente: El grado de dependencia a otras personas. Se define la dependencia como "la necesidad de ayuda para realizar actividades de la vida cotidiana" o como "un estado en el que se encuentran las personas que por pérdida de autonomía física, psíquica e intelectual, tienen la necesidad de ser asistidas por otras personas para realizar actividades de la vida diaria, en especial actividades relacionadas al cuidado personal" ([González, 2017](#)).

Variable Independiente: Posición sedente. La postura sedente se define como "una posición en la que una parte considerada del peso corporal se transfiere a una superficie de trabajo", o como aquella "en la que la base de apoyo del cuerpo está a medio camino entre la usada en bipedestación y la usada durante el decúbito; o sea, es mayor que en bipedestación pero menor que en decúbito y la base de apoyo

está formada por la cara posterior de los muslos y pies" ([Quintana et al, 2004](#)). Esto se puede medir a través del método RULA, que se menciona más adelante en este documento, ya que divide el cuerpo en dos grupos, el Grupo A y el Grupo B. Lo que se pretende evaluar es la postura del usuario e identificar los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias. También servirá para validar la ergonomía del elemento auxiliar.

Variable Dependiente: Manipulación de objetos. Manipulación es la acción y efecto de operar con las manos o con un instrumento ([Pérez, 2014](#)). La Clasificación Funcional, Necesidad de Ayuda de Tercera Persona (ATP); de valoración de la Dependencia; de Incapacidad Física; de Incapacidad Funcional; de Valido o no valido; de Autonomía ([Querejeta, 2004](#)). Lo que se pretende estudiar con esta variable son las actividades y recoger información sobre factores contextuales y la necesidad de ayudas especiales en el llevar, mover y usar objetos en un rango de altura entre 1m y 2 m.

9.3 – Áreas del hogar identificadas para la implementación del proyecto, a través de las entrevistas.

Se realizó una entrevista a 30 personas con movilidad reducida, de una población de 80 personas, para tener el 95 % de certeza, con un margen de error del 15 %, de las cuales el 62.1 % eran del sexo femenino y 37.9 % del sexo masculino, el 60 % de la población en estudio no contaba con la movilidad de sus extremidades inferiores, sin embargo, sí tenía un buen manejo de sus extremidades superiores y en su mayoría se encontraban en el rango de edad entre los 40 y 50 años.

La autorización de estas actividades fue avalada por el Comité de ética de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (Folio CEAIFI-092-2020-TP).

En la Figura 9, que se muestra a continuación, se realizó un resumen de los resultados más relevantes de las entrevistas las cuáles permitieron delimitar la problemática y así conceptualizar un producto que resuelva la misma.

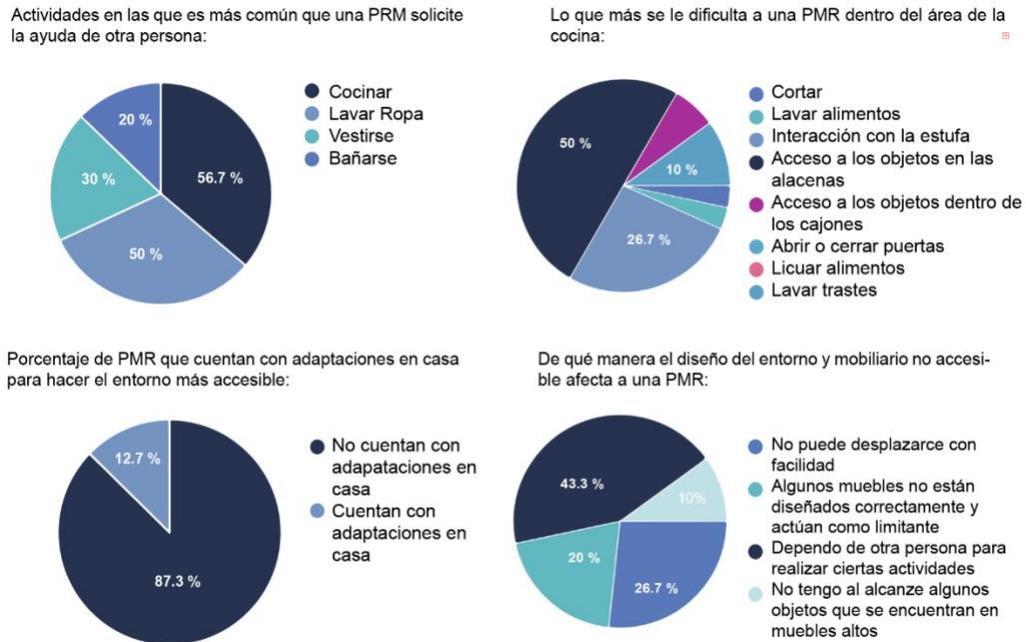


Figura 9– Preguntas y respuestas más relevantes de las entrevistas realizadas (Elaboración propia, 2020).

De acuerdo a la Figura 9, en el primer diagrama se muestra que cocinar es la actividad en dónde una PMR solicita más ayuda de otra persona, con 56.7 % de las respuestas. Dentro del área de la cocina, en el segundo diagrama, se muestra que el tener acceso a objetos dentro de las alacenas, es lo que más se les dificulta, ocupando el 50 % respuestas. El tercer diagrama muestra que el 87.3 % de los entrevistados no cuentan con adaptaciones dentro del hogar y el cuarto diagrama el 43.3 % de las respuestas indicaron que al no tener un entorno y mobiliario accesible esto les impedía ser independientes para realizar actividades diarias.

En conclusión, esta etapa permitió analizar que la cocina era la zona del hogar en donde era más pertinente introducir el elemento auxiliar inclusivo, con la finalidad de hacer a las PMR sean más independientes al momento de poder acceder a objetos que son de difícil alcance y así poder realizar de una mejor forma sus actividades diarias. De igual forma se delimitó que el usuario objetivo serían personas entre 40 y 50 años.

9.4 - Generalidades de la Ergonomía y métodos de evaluación, identificados para iniciar la tercera etapa de la metodología.

El Instituto Colegiado de Ergonomía y Factores Humanos (CIEHF, por sus siglas en inglés), define la Ergonomía como el estudio científico de los factores humanos, en relación con el ambiente de trabajo, donde quiera que interactúan con los productos, sistemas o procesos. ***“La finalidad de ergonomía es garantizar que los diseños complementan las fortalezas y habilidades de las personas, minimizando los efectos de sus limitaciones, en lugar de forzarlos a adaptarse”*** ([CIEHF, 2014](#)).

El objetivo de esta disciplina es adaptar los productos, las herramientas, las tareas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, con el objetivo principal de mejorar la eficiencia, seguridad y bienestar al realizar actividades o interactuar con los objetos. El diseño ergonómico de productos trata de buscar que éstos sean eficientes en su uso, garantizan seguridad y contribuyen a mejorar la productividad sin generar problemas físicos en las personas ([Secretaría de Salud Laboral de Madrid, SSLM, 2016](#)).

La antropometría es el estudio de las medidas del cuerpo humano en todas sus posiciones, realizando distintas actividades, como alcanzar objetos, correr, sentarse, subir y bajar escalones, descansar, etc. A través de caracteres métricos cuantitativos y cualitativos se analiza que posturas son correctas y cuales son los

percentiles adecuados para determinar si un producto es ergonómico o no. ([Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT, 2010](#)). Los sistemas antropométricos se relacionan principalmente con la estructura corporal del ser humano ([Laurig & Vedder, 2010](#)).

Existen métodos y normativas que permiten evaluar el cumplimiento de estándares, que se utilizan para considerar si un entorno o producto es ergonómico. Estos surgieron a partir de la urgencia de adaptar puestos de trabajo, con el objetivo de generar bienestar durante el desarrollo del mismo, aumentando el rendimiento del trabajador ([Calderón et al., 2018](#)), sin embargo pueden ser utilizados para evaluar un entorno habitacional. Con el fin de crear un elemento auxiliar inclusivo ergonómico, se tomarán en cuenta los aspectos más relevantes de los métodos que se mencionan a continuación.

Metodología RULA

El método RULA fue desarrollado en 1993 por McAtamney y Corlett, de la Universidad de Nottingham (Institute for Occupational Ergonomics), con el objetivo de evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga en la postura y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. Para la evaluación de riesgo se considera en el método la postura adoptada, la duración y frecuencia de la misma y las fuerzas ejercidas cuando la postura se mantiene (CENEA, 2020).

Para una determinada postura RULA obtendrá una puntuación a partir de la cual se establece un determinado Nivel de Actuación. El Nivel de Actuación indicará si la postura es aceptable o en qué medida son necesarios cambios o rediseños en el producto. (Ergonautas, 2021).

Capacidad física motora y las dimensiones antropométricas: adopción de diferentes posturas, fuerza, manipulación de objetos, holgura que precisa para moverse y el alcance que puede conseguir con sus extremidades.

Capacidad sensorial y de comunicación: vista, oído, habla, lectoescritura y atención.

Capacidad psíquica: capacidad intelectual y personalidad.

La Ergonomía aplicada a personas con discapacidad o movilidad reducida, no tiene un enfoque especial o distinto al que se aplica a las personas que no tienen alguna limitación física, ya que el objetivo principal es adaptar el entorno a las características de las personas y para ello se analiza la relación que existe entre las capacidades, necesidades, habilidades, limitaciones del sujeto y las condiciones de lo que se intenta adaptar, ya sea una vivienda, un equipo, un puesto de trabajo o algún otro producto y objeto ([Instituto de Biomecánica de Valencia, IBB, 2016](#)).

Con la información expuesta, se explica que la ergonomía, es una disciplina a considerar en el diseño, debido a que busca el bienestar del usuario al utilizar un producto o interactuar con el entorno, ya que agrega valor y tiene como objetivo principal preservar la salud física de las personas, procurando posturas corporales ideales, derivadas de las capacidades y limitaciones de la personas.

9.5 - Usabilidad del entorno y productos centrados en PMR, para generar la tercera etapa de la metodología.

La usabilidad es el potencial y los posibles usos de un producto. La utilidad de un sistema tiene un componente de funcionalidad y otro basado en el modo en que los usuarios utilizan dichas funciones. Este concepto hace referencia a la rapidez y facilidad con que las personas utilizan un producto, muchas veces sin haber leído un instructivo, interpretando su función a través de la forma ([Bussarakampakom et al, 2012](#)).

Lo métodos más representativos para definir y analizar la usabilidad de un entorno o producto, que se pueden aplicar a este proyecto para realizar un elemento auxiliar inclusivo, son los que se mencionan a continuación en la Tabla 8.

Tabla 9.- Metodologías de usabilidad aplicadas ([Floria, 2000](#)).

Nombre de Método	Descripción del Método	De qué manera se evalúa
1.- Aproximación Contextual	Este método se estructura a través de entrevistas de campo, caracterizadas por la necesidad de comprender el contexto del usuario, de asimilar el proceso de diseño y de plantear un objetivo. Etnografía del diseño.	Indagación en el contexto, aproximación etnográfica u observación de campo. Observación natural. Etnografía rápida.
2.- Aproximación por Grupos	Este método consiste en que los integrantes del grupo determinado, van a representar ser usuarios del producto sometido a estudio, y por tanto integrantes de un contexto. De manera formal y estructurada se proporcionan datos, se analizan y se generan ideas.	Grupos orientados o grupos de enfoque y grupos de debate.
3.- Aproximación Individual	Método en dónde se realizan preguntas efectivas para recabar datos e información. Relación directa entre el diseñador y el usuario.	Encuestas, cuestionarios y entrevistas.

Para realizar encuestas y cuestionarios, durante la investigación se usará la escala Linkert, que es un método de medición utilizado con el objetivo de evaluar las opiniones y actitudes de las personas. Esta escala es de calificación y sirve principalmente para realizar mediciones con el objetivo de conocer el grado de conformidad de una persona hacia determinada oración, ya sea afirmativa o negativa ([Ospina et al, 2003](#)). Las ventajas de este método residen en que se pueden realizar los análisis necesarios para alcanzar los objetivos de la investigación, así mismas el formato en que se presentan es inclusivo, por lo cual es muy sencillo de aplicarse y no genera complicaciones.

Con esta información podemos concluir, que la usabilidad es una parte crucial al momento de diseñar un producto o entorno, ya que ayuda a conseguir metas específicas que se proponen al momento en que ya están determinadas las necesidades principales del usuario determinado, y así mismo expone la eficiencia y satisfacción que le genera al interactuar con el producto. La escala Linkert puede usarse con una PMR y permite de una manera clara analizar variables durante la investigación.

9.6 - Generación del primer concepto del elemento auxiliar inclusivo conforme a la tercera etapa de la metodología.

Para poder empezar a generar el concepto de lo que sería el elemento auxiliar inclusivo, se realizó la Tabla 9, la cual muestra los requerimientos de uso, con la finalidad de identificar las necesidades del usuario y la interacción ideal que éste debe tener con el producto final. A partir de esta Tabla, se empiezan a esbozar las primeras ideas y se identifican las condiciones que debe cumplir el elemento auxiliar para dar una solución asertiva a la problemática que plantea este proyecto de investigación.

Tabla 10.- Requerimientos de diseño (Elaboración propia, 2020).

Requerimientos de diseño		
Diseño de un elemento auxiliar inclusivo para PMR dentro del hogar		
Uso	Practicidad	Que se adapte el elemento auxiliar a espacios con áreas de circulación entre 90 cm y 100 cm. Funcionalidad relación entre producto-usuario.
	Seguridad	Que no contenga componentes eléctricos. Que al utilizarlo no se desarme. Que se especifique que no debe utilizarse con la estufa prendida y sólo sostiene vasos vacíos. Agarre firme en pinza de sujeción.
	Mantenimiento	Fácil limpieza. Que si una pieza se llega a romper, se pueda volver a imprimir sin problema. Superficies y partes de fácil acceso.
	Manipulación	Usar el elemento auxiliar se utilice con una sola mano. Que el mecanismo se adapte a la mano del usuario para abrir y cerrar la pinza de sujeción. Que la mano del usuario pueda manipular el mecanismo con ciertos grados de libertad cómo lo haría normalmente al tomar cualquier objeto. Que el elemento auxiliar alcance objetos entre 1 m y 2 m de altura.
	Materiales	Que las partes del elemento auxiliar en su mayoría se puedan imprimir en 3D. Tornillos para su ensamble. Velcro para su ajuste. Materiales antiderrapantes en la parte de la pinza de sujeción.
	Ergonomía	Que el elemento auxiliar le permita al usuario tener una buena postura mientras lo usa. Utilizar percentiles y medidas antropométricas mexicanas. Que al manipular el mecanismo no sufra daños la mano del usuario.

Después de realizar la Tabla de requerimientos (Tabla 10), se dibujaron los primeros sketches y renders para tener un acercamiento digital de lo que podría ser el elemento auxiliar, en forma, tamaño y cual podría ser la estética visual del mismo. En las figuras que se muestran a continuación se puede ver de una manera más desglosada de lo que se desarrolló en esta etapa.

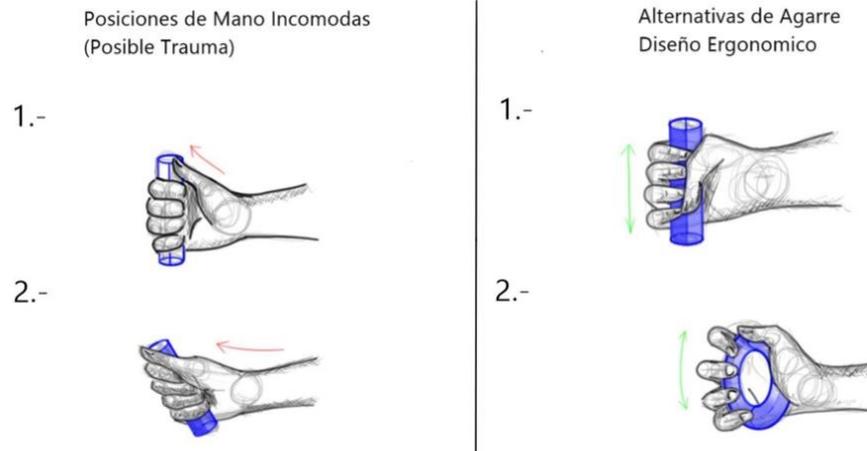


Figura 10– Sketch inicial 1 (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 10, se muestra el primer sketch de la primera idea, la cual surge de poder crear un elemento auxiliar, con el fin de que una PMR, que no tiene movilidad en las piernas, pero sí tiene una movilidad óptima en sus extremidades superiores, pueda alcanzar objetos que están en muebles altos, estantes o entrepaños. El elemento auxiliar, está pensado para que no se utilicen sistemas eléctricos o electrónicos para su funcionamiento, lo ideal es que el usuario, que se encuentra entre los 30 y 60 años, manipule con la fuerza de su mano y ajuste la posición con el antebrazo. Lo que se muestra en la Figura 11, es la parte de agarre del elemento auxiliar, en donde al presionar los dedos y las manos, el elemento auxiliar responda y se mueva abriendo y cerrando las pinzas. Se planteaba inicialmente que este agarre, tuviera forma cilíndrica para que fuera cómodo para el usuario.

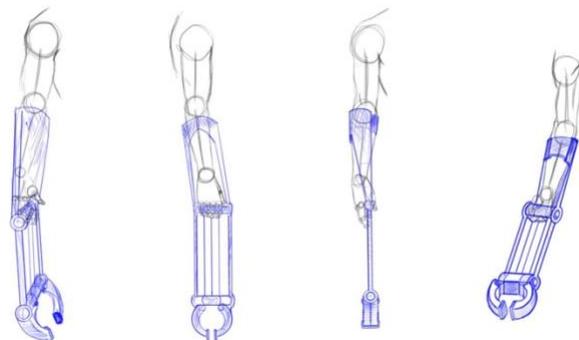


Figura 11 – Sketch inicial 2 (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 11, se muestra un primer diseño del elemento auxiliar, el cual funciona como un bitutor, y apoyo para el antebrazo. A diferencia de otros ganchos que están en el mercado, este brinda más estabilidad, debido a que el antebrazo ayuda a dirigir el elemento auxiliar. En el mismo sketch se muestra la idea de que al apretar el agarre con los dedos, exista un sistema de cuerdas que permitan que el sujetador del elemento auxiliar abra y cierra para sostener objetos de la manera en que lo haría una mano naturalmente.

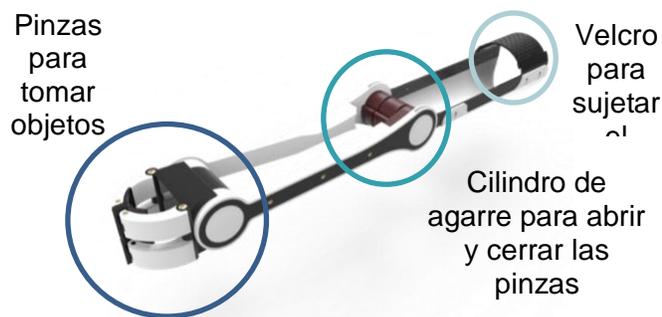


Figura 12 – Render 1, primera propuesta (Elaboración propia, 2020)

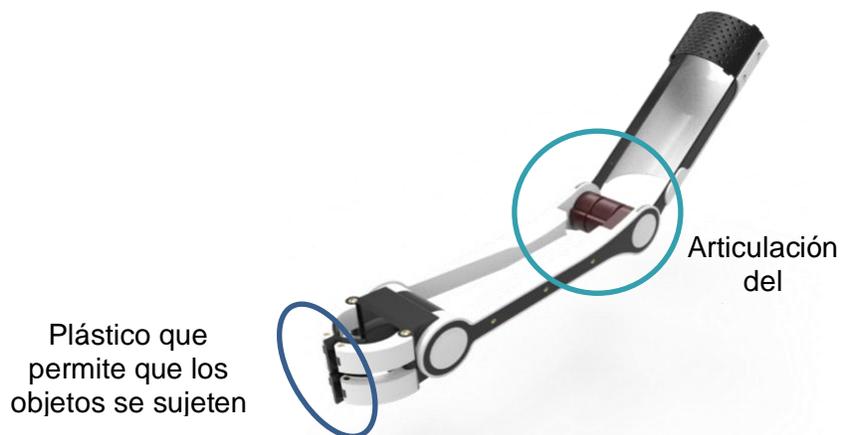


Figura 13 – Render 2, primera propuesta (Elaboración propia, 2020).



Figura 14 – Render 3, primera propuesta (Elaboración propia, 2020)

Posteriormente a la realización de sketches o dibujos, se creó el primer modelo digital en el programa SolidWorks® 2018, como se muestra de la Figura 12 a la 14. Cada Figura explica de manera detallada cómo se pensó de manera inicial construir el elemento auxiliar, que debían hacer cada una de sus partes y cómo se vería ensamblado de una manera funcional.

9.7 - Realización de prototipos de acuerdo a la cuarta etapa de la metodología.

Para probar el primer concepto, se realizó una maqueta de cartón, tomando como referencia el modelo 3D, se realizó en forma de estereotomía en el programa 123D Max®, con la finalidad de probar las dimensiones planteadas, así como el diseño en general del elemento auxiliar inclusivo, en la Figura 23 que se muestra a continuación de muestra el despiece de la estereotomía. Todas las piezas se cortaron en láser.

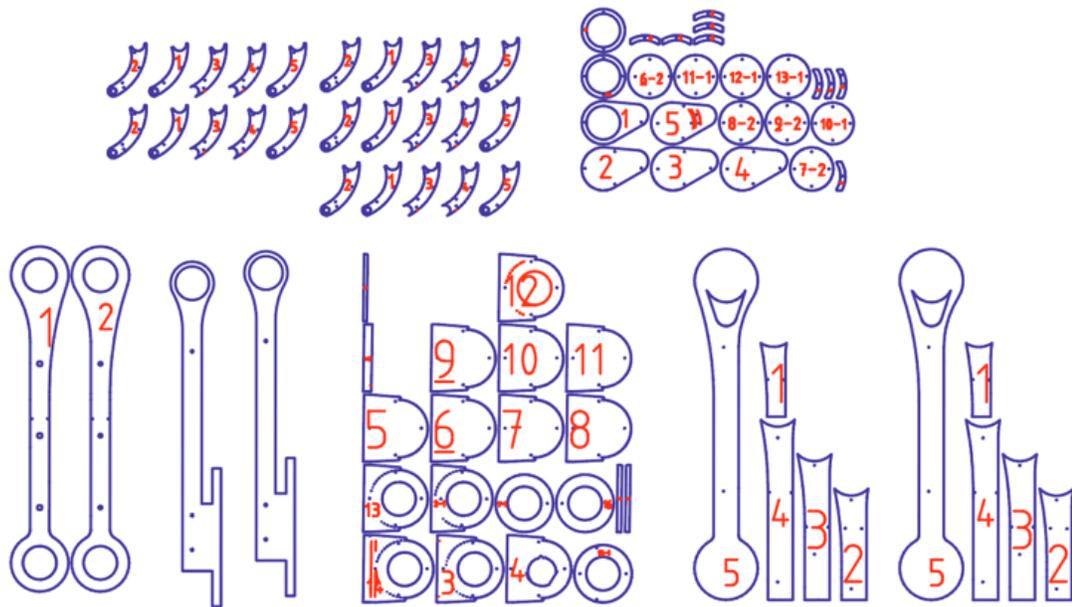


Figura 15 – Despiece de estereotomía (Elaboración propia, 2020).

Posteriormente se unieron los pedazos de cartón de 3 mm, creando así la primera maqueta del elemento auxiliar como se muestra en la Figura 15. Este ejercicio brindó un acercamiento real a las dimensiones y los ángulos, que van de 20° a 90° flexionando codo y antebrazo, lo cuales permiten que el elemento auxiliar se pueda mover como el usuario lo desee.



Figura 16 – Maqueta en cartón (Elaboración propia, 2020).

Una vez construída la primera maqueta de cartón del elemento auxiliar, se empezó a modelar de manera digital el mecanismo de la pinza que sostendría los vasos, de igual forma se modeló el concepto en el programa SolidWorks® 2018, como se muestra en la Figura 17, que se muestra a continuación, en la cual se puede ver como fue diseñada la parte interna del mecanismo.

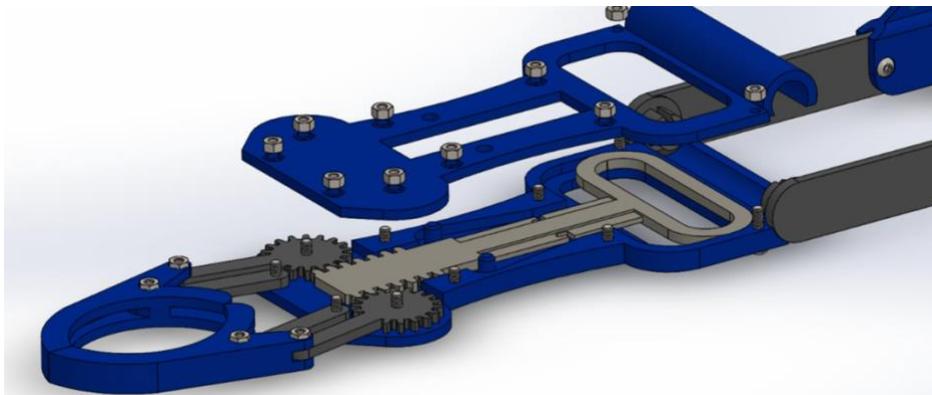


Figura 17 – Mecanismo interno (Elaboración propia, 2020).

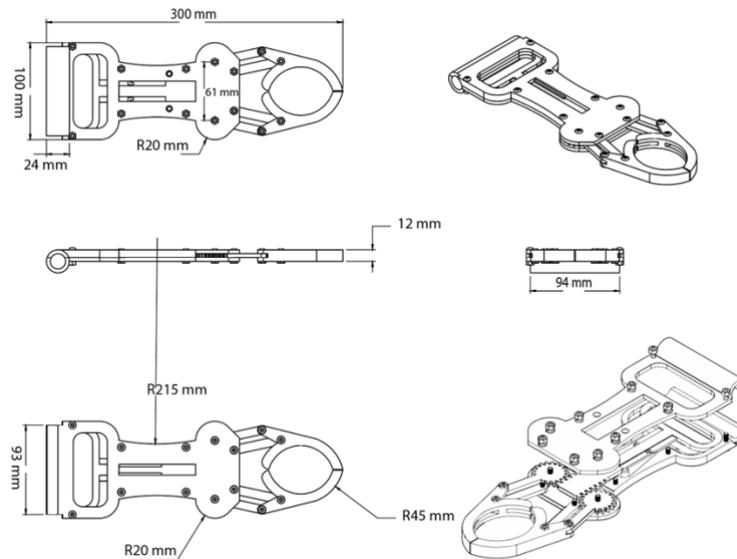


Figura 18 – Planos del mecanismo de la primera pinza de sujeción (Elaboración propia).

En la Figura 18, se muestran los planos con las medidas con las que se desarrolló este primer prototipo de manera digital.

Posteriormente, en la Figura 19, se hizo un despiece del mecanismo para poder imprimir las distintas piezas en 3D, con todos los elementos necesarios para que este funcionara.

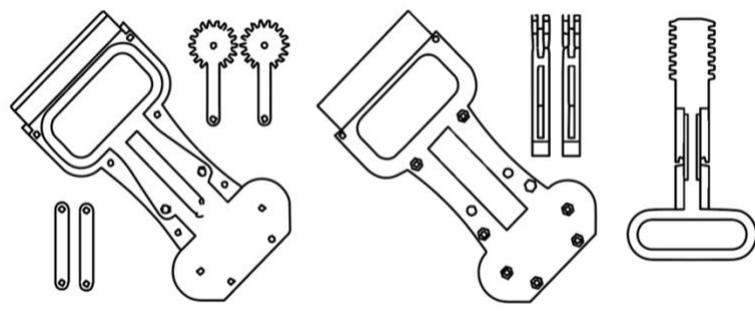


Figura 19 – Despiece para imprimir en 3D (Elaboración propia).

La impresión de las piezas de la Figura 19, se realizaron en una impresora 3D, marca Flashforge®, con un filamento de PLA, de 1.75 mm. Después de imprimir cada una de las piezas, se ensamblaron, como se muestra en la Figura 20, se utilizaron tornillos de ½ pulgada de largo y 7 mm de ancho para su ensamblaje, el resultado fue una pinza de sujeción completamente funcional.



Figura 20 – Primer mecanismo ensamblado (Elaboración propia, 2020).

Realizadas las pruebas que se explican posteriormente en este documento en la Etapa 5 la cual es la de validación, se realizó una tercera propuesta para el elemento auxiliar, mejorando el mecanismo y mimetizando los dos conceptos previos explicados en este apartado. En las figuras que se muestran a continuación se observan los renders de la nueva propuesta.

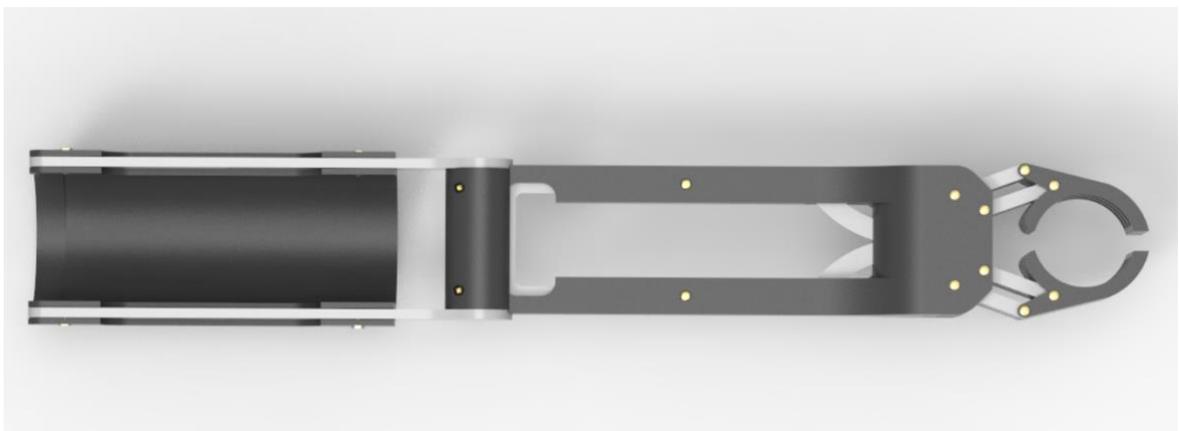


Figura 21 – Render 1, tercera propuesta (Elaboración propia, 2020).

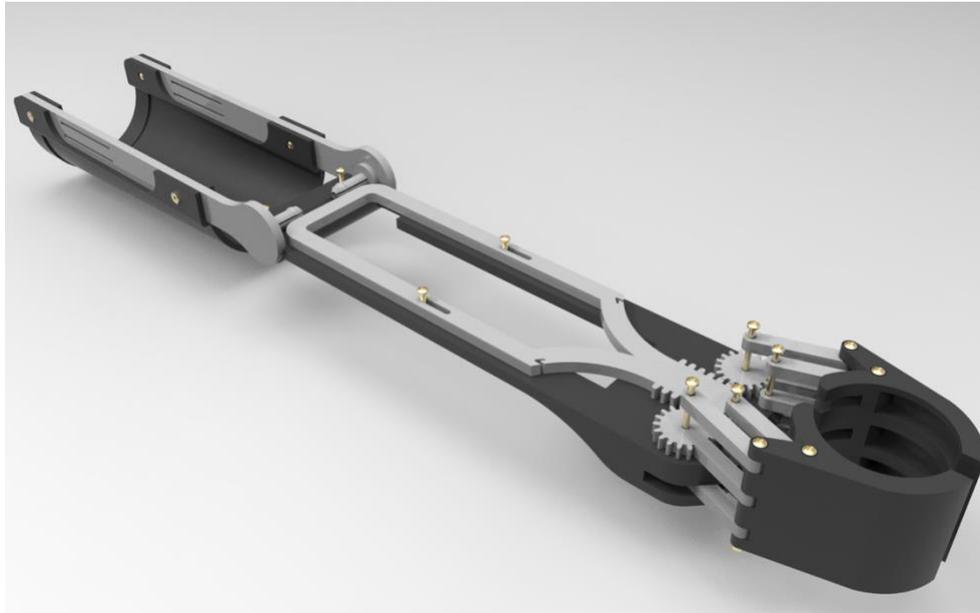


Figura 22 – Render 2, tercera propuesta - Mecanismo (Elaboración propia, 2020).

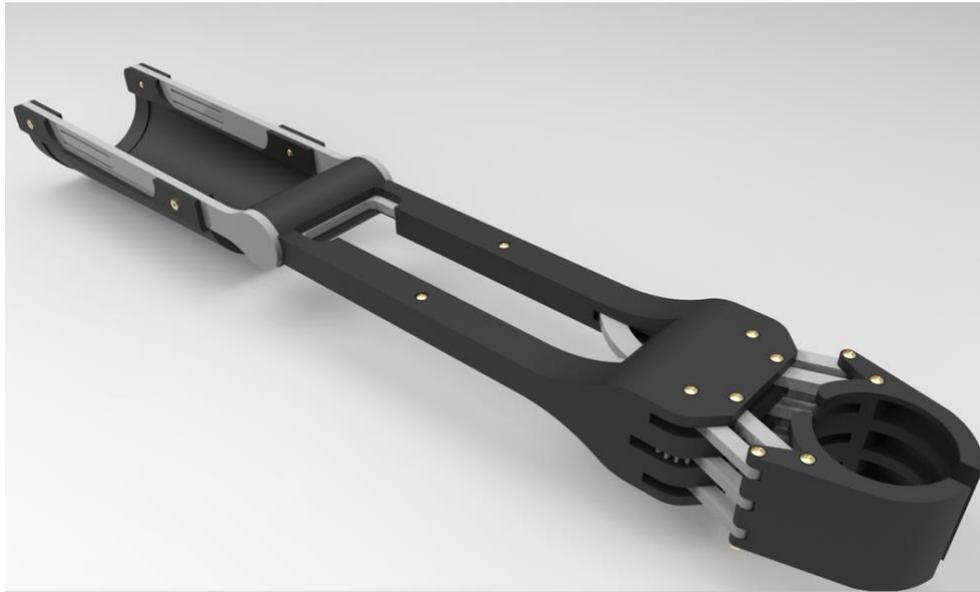


Figura 23 – Render 3, tercera (Elaboración propia, 2020).

A continuación, los planos y medidas expresadas en milímetros de este modelo se muestran en las Figuras de la 21 a la 23.

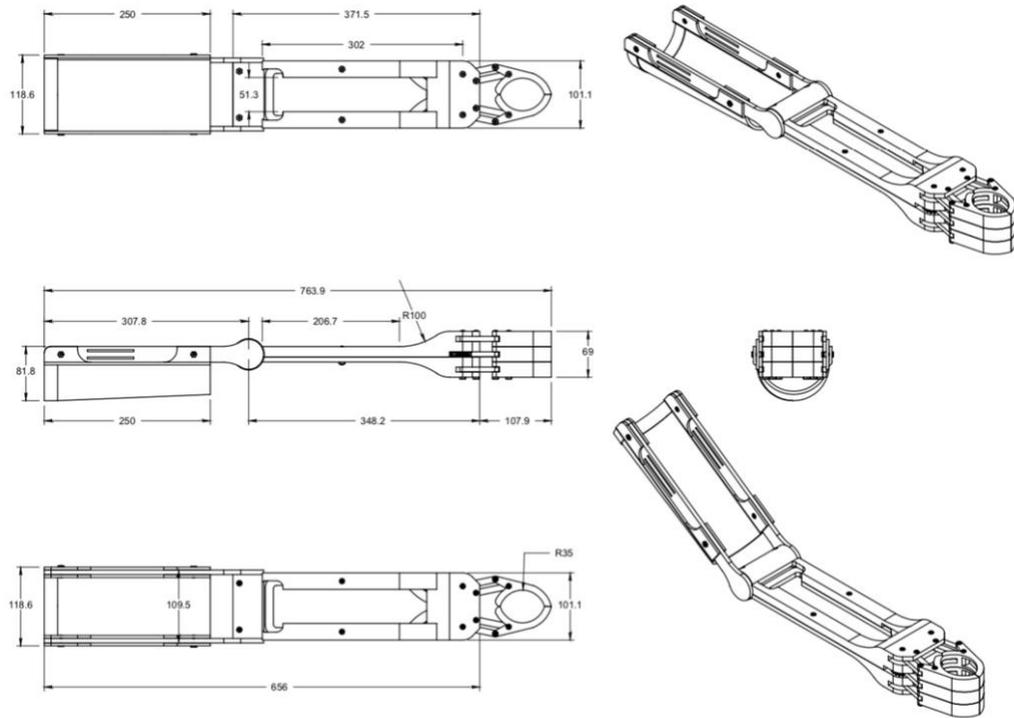


Figura 24 – Planos del tercer prototipo (Elaboración propia, 2020).

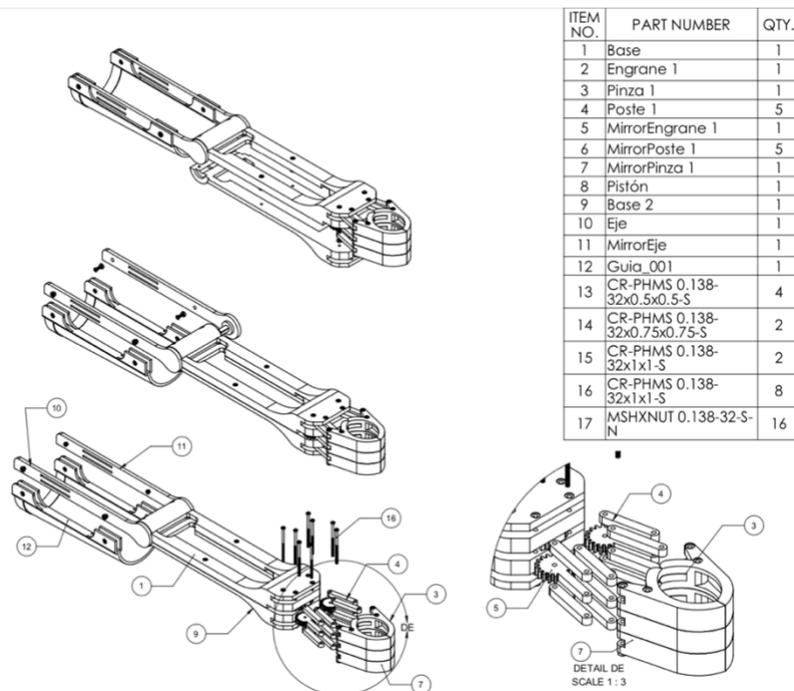


Figura 25 – Planos del despiece del tercer prototipo (Elaboración propia, 2020).

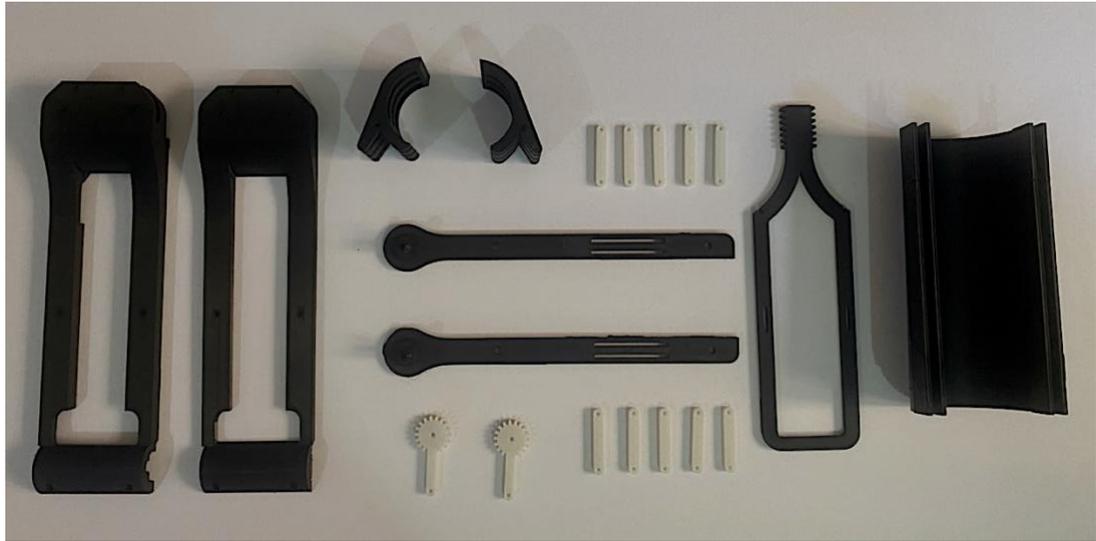


Figura 26 – Piezas impresa en 3D, material PLA del tercer prototipo (Elaboración propia, 2021).

La impresión de las piezas que se muestran en la Figura 26, se realizaron en la impresora 3D Ender® Pro 5, en material PLA.

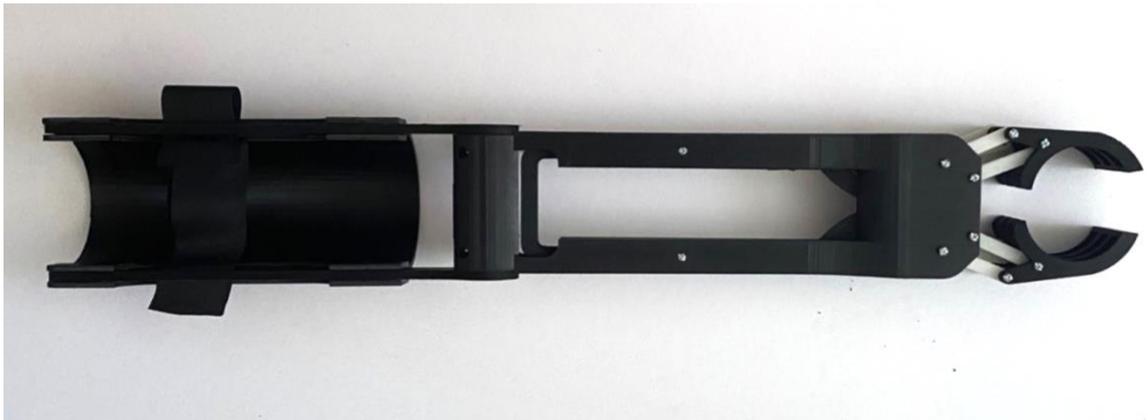


Figura 27– Tercer prototipo impreso en 3D ensamblado (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 27, se muestran el prototipo ya ensamblado, con todas las piezas que se muestran en la Figura 26, para el ensamble se utilizaron 2 tipos de tornillos los

cuales fueron 32 X 1 pulgada y de 32 X 3 pulgadas de la marca Hillman. Una vez impreso se realizaron nuevamente pruebas de validación que se mencionan en la siguiente etapa, la cual es la de validación.

Instructivo de uso

Modo de uso y colocación del producto:

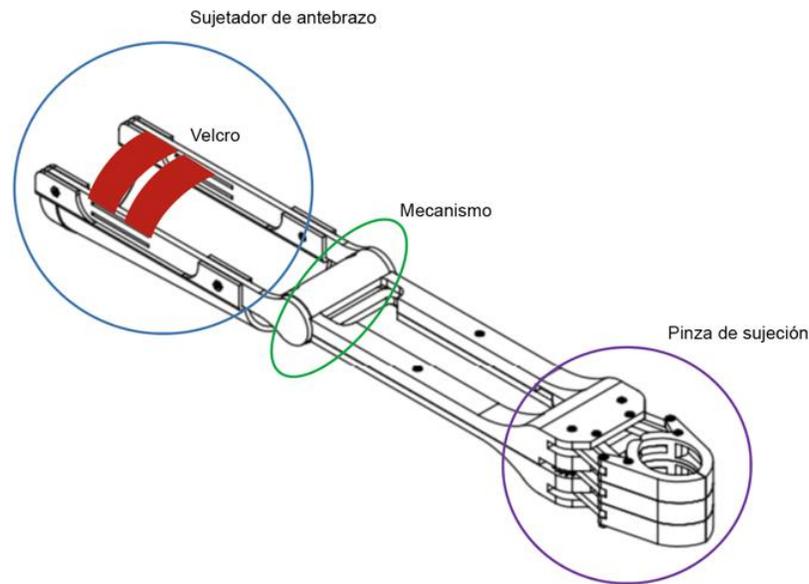


Figura 28 – Diagrama de uso del prototipo (Elaboración propia, 2020).

- 1.- Colocar el antebrazo en el sujetador del mismo y ajustar a la medida con el velcro.
- 2.- Colocar la mano en el mecanismo, ejerciendo fuerza con los dedos se le indica el elemento auxiliar y lo que quiere es abrir o cerrar la pinza de sujeción.
- 3.- Seleccionar el objeto con la pinza de sujeción.
- 4.- Dejar el objeto seleccionado sobre una superficie plana.

Recomendaciones:

- Sólo utilizar el elemento auxiliar para tomar vasos de vidrio, plástico o acero inoxidable con un peso entre los 250-400 gr, en el área de la cocina.

- Limpiar con un paño húmedo.
- Contactar con el proveedor en caso de necesitar reemplazar alguna pieza.
- Utilizar en un rango de altura entre 1-2 m.
- Para activar el mecanismo sólo se ejerce la presión de la mano, que es de 15-33kPa.

Prohibiciones:

- No utilizar con la estufa prendida.
- No intentar sujetar vasos con contenido adentro.
- No dejarlo al alcance de los niños.
- No utilizar si las piezas no están bien ajustadas.
- No utilizarlo para tomar objetos a más de 2 m de altura.
- No utilizarlo sin el total de piezas.

9.8 - Validación del primer mecanismo impreso en 3D de acuerdo a la quinta etapa de la metodología.

Diseño de experimento

Tipo:	Diseño Factorial Completo
Design: 3^3	
K= 3	P=1
Levels: 3	Block: N/A

Hipótesis del experimento:

La altura de sujeción y el diámetro del vaso no influyen en el deslizamiento del vaso en la pinza de sujeción más de 2 cm.

Objetivo del experimento: Evitar que la pinza de sujeción se deslice más de 2 cm cuando cuando ésta contiene al vaso. Evaluar la viabilidad de agregar un material antiderrapante a la pinza de sujeción.

Niveles y tratamientos

Para el desarrollo de este experimento, se decidió estudiar 3 factores, los cuales son la altura en la que se encuentra el vaso, el material del mismo y su diámetro, con la finalidad de que con los resultados obtenidos se calcule el desplazamiento del vaso cuando éste se encuentra en pinza de sujeción.

Tabla 11- Niveles y tratamientos del primer experimento del mecanismo de sujeción (Elaboración propia, 2020).

FACTOR	VALOR MÍNIMO	VALOR MEDIO	VALOR ALTO	CODIFICACIÓN
ALTURA	1.M	1.50M	2 M	A
DIÁMETRO DE VASO	5.5CM	6.5CM	7.5CM	B
MATERIAL DEL VASO	PLÁSTICO (PE)	ACERO INOXIDABLE	VIDRIO	C
CODIFICACIÓN	-1	0	1	_____

La resolución fue determinada por el valor de $V=ABC$ debido ya que no se conocen las interacciones que tendrán los factores. La codificación de los valores cambiaron a -1, al valor bajo, 0 al valor medio y 1 al valor máximo para facilitar el análisis de datos en Minitab.

Tabla 12 – Matriz del primer experimento (Elaboración propia, 2020).

ORDEN EST	ORDEN CORRIDA	TIPOPT	BLOQUES	ALTURA	DIÁMETRO DEL VASO	MATERIAL DEL VASO
18	1	1	1	0	1	-1
10	2	1	1	0	-1	0
2	3	1	1	-1	-1	1
3	4	1	1	-1	-1	-1
21	5	1	1	1	-1	0
13	6	1	1	0	0	1
9	7	1	1	-1	1	-1
24	8	1	1	1	0	0
12	9	1	1	0	-1	1
26	10	1	1	1	1	-1
25	11	1	1	1	1	0
8	12	1	1	-1	1	1
17	13	1	1	0	1	-1
6	14	1	1	-1	0	0
14	15	1	1	0	0	1
22	16	1	1	1	0	-1
5	17	1	1	-1	0	0
20	18	1	1	1	-1	1
27	19	1	1	1	1	-1
1	20	1	1	-1	-1	0
15	21	1	1	0	0	1
7	22	1	1	-1	1	-1
23	23	1	1	1	0	0
19	24	1	1	1	-1	1
11	25	1	1	0	-1	-1
4	26	1	1	-1	0	0
16	27	1	1	0	1	1

Pruebas del experimento:

1. Se pusieron 3 repisas a una altura de 1 m, 1.50 m, 2 m. Éstas fueron medidas previamente con un flexómetro y un nivelador para asegurar fueran colocadas de la misma manera y estuvieran derechas, las 3 repisas son del mismo material (melamina de 16 mm), esto se muestra en la Figura 29.

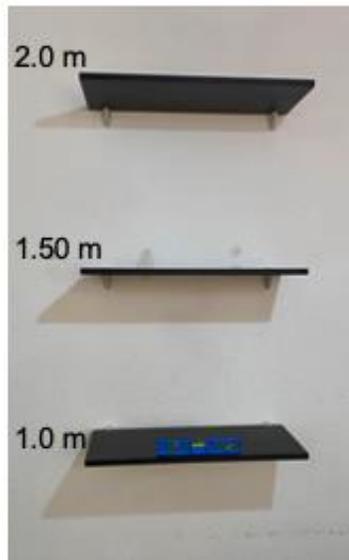


Figura 29 – Colocación de repisas (Elaboración propia, 2020).

2. Se seleccionaron 9 vasos de vidrio, plástico y acero inoxidable con un rango de diámetros de 5.5 cm, 6 cm, 5 cm y 7.5 cm, que previamente fueron medidos con un vernier, como se muestra en la Figura 30 a continuación. A cada uno de los vasos se les colocó una marca en dónde el diámetro coincide con los requerimientos del experimento, en esa parte es dónde la pinza de sujeción del mecanismo del elemento auxiliar toma el vaso del material correspondiente.



Figura 30 – Medición con vernier (Elaboración propia, 2020).

3. Se colocaron los 9 vasos en las 3 repisas, a la altura de 1 m, 1.50 m y 2 m, cada nivel tenía 3 vasos, el primero de plástico, el segundo de acero inoxidable y el tercero de vidrio. Como se muestra en la Figura 31, cada nivel tenía los vasos con los distintos tipos de material y con los diámetros marcados de 5.5 cm, 6.5 cm y 7.5 cm.



Figura 31 – Vasos en las repisas para probar el primer experimento (Elaboración propia, 2020).

4. Posteriormente en la marca en donde se indicaba el diámetro del vaso a estudiar se colocó la pinza de sujeción, como se observa en la Figura 32, se levantó el vaso y se colocó otra línea para ver cuanto se había desplazado éste desde la sujeción hasta el levantamiento. El desplazamiento que sucedió con levantamiento fue medido igualmente con vernier. Esto sucedió en los 3 niveles de las repisas con los 9 vasos de distintos diámetros y materiales con una repetición total de 27 veces.



Figura 32 – Realización del primer experimento (Elaboración propia, 2020).

5. Como de muestra en la Figura 33, se midió el desplazamiento del vaso con vernier, los cuales se ingresaron al software MiniTab, para realizar el diseño factorial completo 3^3 . Esto sucedió con los 9 vasos, haciendo esta prueba 3 veces para cada uno.



Figura 33 – Medición del desplazamiento del primer experimento (Elaboración propia, 2020).

6. Por último se analizaron los resultados que arrojó el software los cuales se muestran a continuación.

Análisis del experimento:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	18	0.89392	0.049662	1.77	0.207
Lineal	6	0.80933	0.134889	4.81	0.023
ALTURA	2	0.49584	0.247922	8.85	0.009
DIÁMETRO DEL VASO	2	0.00703	0.003513	0.13	0.884
MATERIAL DEL VASO	2	0.30646	0.153232	5.47	0.032
Interacciones de 2 términos	12	0.08459	0.007049	0.25	0.984
ALTURA*DIÁMETRO DEL VASO	4	0.05254	0.013135	0.47	0.758
ALTURA*MATERIAL DEL VASO	4	0.02923	0.007308	0.26	0.895
DIÁMETRO DEL VASO*MATERIAL DEL VASO	4	0.00281	0.000703	0.03	0.999
Error	8	0.22413	0.028017		
Total	26	1.11806			

Figura 34 – Análisis de varianza MiniTab® primer experimento (Elaboración propia, 2020).

De acuerdo al análisis de varianza, que se muestra en la Figura 34, se pudo observar que no existen interacciones significativas entre dos y tres términos, los valores de p, no son mayores al alfa (.1), también se muestra los valores significativos son la altura de agarre y material del vaso porque los valores de p, ya que son menores a nuestro alfa (.1).

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.167382	79.95%	34.85% 0.00%

Figura 35 – Resumen del modelo MiniTab® primer experimento (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 35, se puede observar el ajuste del modelo mediante r^2 , pues este modelo predice el 79.95 % del comportamiento de los datos y se apegan al principio de Pareto.

Coeficientes

Término	EE del				FIV
	Coef	coef.	Valor T	Valor p	
Constante	1.9045	0.0322	59.12	0.000	
ALTURA					
-1	-0.0286	0.0456	-0.63	0.547	1.33
0	-0.1498	0.0456	-3.29	0.011	1.33
DIÁMETRO DEL VASO					
-1	-0.0001	0.0456	-0.00	0.998	1.33
0	-0.0197	0.0456	-0.43	0.677	1.33
MATERIAL DEL VASO					
-1	-0.1068	0.0456	-2.35	0.047	1.33
0	-0.0386	0.0456	-0.85	0.422	1.33
ALTURA*DIÁMETRO DEL VASO					
-1 -1	-0.0170	0.0644	-0.26	0.798	1.78
-1 0	0.0362	0.0644	0.56	0.590	1.78
0 -1	0.0168	0.0644	0.26	0.801	1.78
0 0	0.0377	0.0644	0.58	0.575	1.78
ALTURA*MATERIAL DEL VASO					
-1 -1	-0.0528	0.0644	-0.82	0.436	1.78
-1 0	0.0341	0.0644	0.53	0.611	1.78
0 -1	0.0365	0.0644	0.57	0.586	1.78
0 0	0.0052	0.0644	0.08	0.937	1.78
DIÁMETRO DEL VASO*MATERIAL DEL VASO					
-1 -1	0.0155	0.0644	0.24	0.816	1.78
-1 0	0.0016	0.0644	0.02	0.981	1.78
0 -1	-0.0013	0.0644	-0.02	0.985	1.78
0 0	-0.0055	0.0644	-0.09	0.934	1.78

Figura 36 – Coeficientes MiniTab® primer experimento (Elaboración propia, 2020).

De acuerdo al análisis de los factores, que se muestra en la Figura 36, el valor medio de la altura 0, que equivale a 1.5 m, demostró tener un impacto en el modelo lineal más que cualquier otra altura, podemos darnos cuenta de ello por el valor de p, que

es menor que alfa; así mismo el valor más bajo del material del vaso, que equivale al vidrio también ejerce un fuerte impacto en el modelo.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{DESPLAZAMIENTO} = & 1.9045 - 0.0286 \text{ ALTURA}_{-1} - 0.1498 \text{ ALTURA}_0 + 0.1784 \text{ ALTURA}_1 \\
 & - 0.0001 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} - 0.0197 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\
 & + 0.0198 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_1 - 0.1068 \text{ MATERIAL DEL VASO}_{-1} \\
 & - 0.0386 \text{ MATERIAL DEL VASO}_0 + 0.1454 \text{ MATERIAL DEL VASO}_1 \\
 & - 0.0170 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} - 1 + 0.0362 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} \\
 & 0 - 0.0191 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} 1 + 0.0168 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\
 & - 1 + 0.0377 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 0 - 0.0545 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\
 & 1 + 0.0002 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 - 1 - 0.0739 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 \\
 & 0 + 0.0736 \text{ ALTURA} \cdot \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 1 - 0.0528 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \\
 & - 1 + 0.0341 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} 0 \\
 & + 0.0187 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} 1 + 0.0365 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \\
 & - 1 + 0.0052 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 0 - 0.0418 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \\
 & 1 + 0.0163 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 - 1 - 0.0393 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \\
 & 0 + 0.0230 \text{ ALTURA} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 1 \\
 & + 0.0155 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} - 1 \\
 & + 0.0016 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} 0 \\
 & - 0.0171 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} 1 \\
 & - 0.0013 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 - 1 \\
 & - 0.0055 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 0 \\
 & + 0.0068 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_0 1 \\
 & - 0.0142 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 - 1 \\
 & + 0.0040 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 0 \\
 & + 0.0103 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} \cdot \text{MATERIAL DEL VASO}_1 1
 \end{aligned}$$

Figura 37 – Ecuación de regresión 1 MiniTab® primer experimento (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 37, se puede observar que el modelo se vuelve un tanto complejo debido a que en el primer ensayo se consideraron interacciones de dos términos, sin embargo, las interacciones de dos factores o términos no son estadísticamente significativos, por lo que es recomendable volver a realizar el ANOVA sin considerar las interacciones entre los términos y de esta forma reducir los términos del modelo de regresión lineal.

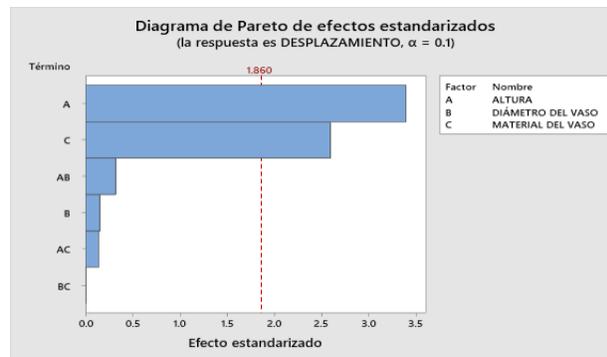


Figura 38 –Diagrama de Pareto de efectos estandarizados MiniTab® primer experimento (Elaboración Propia, 2020).

Como se observa en la Figura 38, por principio de Pareto, es necesario concentrarse en los factores que causan el 80 % de las desviaciones, de acuerdo al Pareto y a lo descrito anteriormente, se confirma que el factor A y C, que son la altura y el tipo de material son los factores que deben analizarse más a fondo.

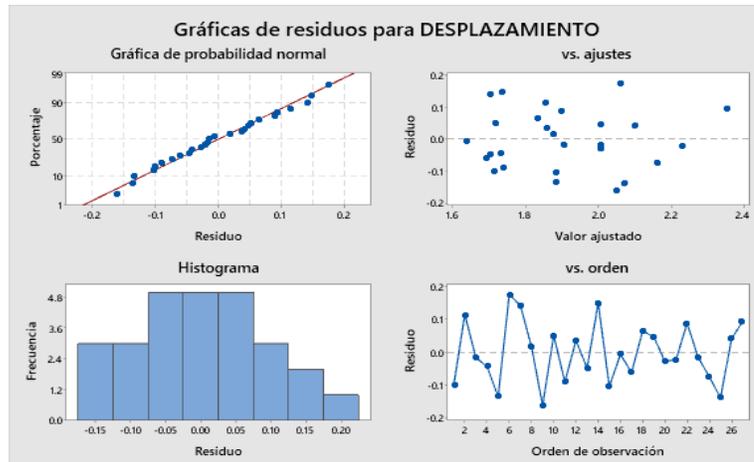


Figura 39 – Gráficas de residuos para el desplazamiento MiniTab® primer experimento (Elaboración Propia, 2020).

Lo que se observa en la Figura 39 es el análisis general de las gráficas residuales, los cuales permiten observar la distribución de los datos obtenidos durante el experimento. El histograma muestra un comportamiento típico de una distribución normal, por lo cual no fue necesario realizar ningún arreglo de los datos.

ANOVA mejorado:

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{DESPLAZAMIENTO} = & 1.9045 - 0.0286 \text{ ALTURA}_{-1} - 0.1498 \text{ ALTURA}_0 + 0.1784 \text{ ALTURA}_1 \\ & - 0.0001 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} - 0.0197 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\ & + 0.0198 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_1 - 0.1068 \text{ MATERIAL DEL VASO}_{-1} \\ & - 0.0386 \text{ MATERIAL DEL VASO}_0 + 0.1454 \text{ MATERIAL DEL VASO}_1 \end{aligned}$$

Figura 40 – Ecuación de regresión 2 MiniTab® primer experimento (Elaboración Propia, 2020).

Como se observa en la Figura 40, el análisis de varianza se realizó nuevamente considerando solamente los términos de orden 1, para reducir los términos innecesarios en el modelo de regresión lineal, por lo que el modelo, en resumen quedó de la manera que se muestra a continuación.

Resumen del modelo

	S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
	0.124242	72.39%	49.68%

Figura 41 – Resumen del modelo 2 MiniTab® primer experimento (Elaboración Propia, 2020).

Como se observa en la Figura 41, el modelo redujo su complejidad considerablemente y el valor de r^2 , es igual a 72.39 % lo cual es una buena aproximación del modelo de regresión.

A continuación se muestra en la Figura 42, el análisis de los factores del ANOVA mejorado:

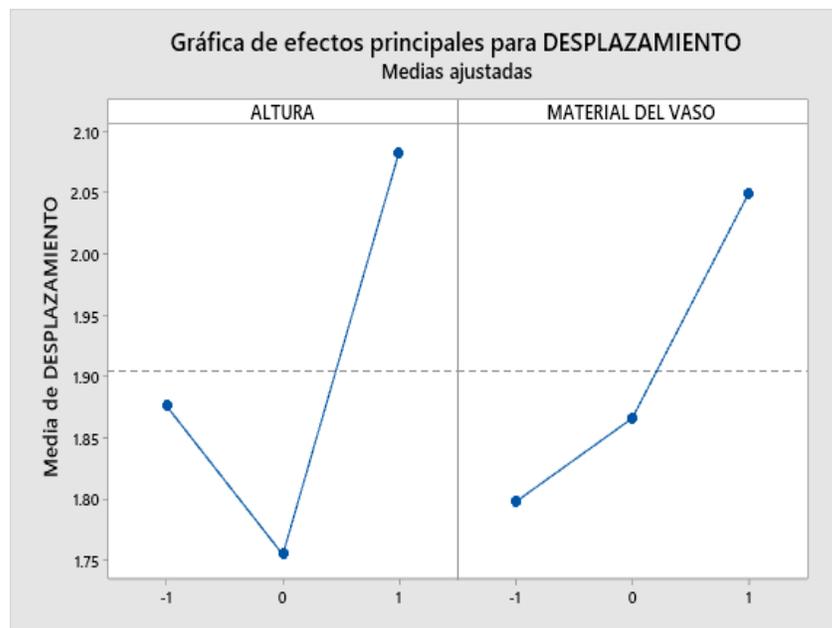


Figura 42 – Gráfica de efectos principales para el desplazamiento MiniTab® primer experimento (Elaboración Propia, 2020).

Como se observa en la Figura 42, existen algunas diferencias, por ejemplo, en este modelo la altura máxima y el material de vidrio parecen ejercer la mayor influencia en el modelo de regresión lineal.

En conclusión, los resultados de este primer experimento mostraron que a mayor altura existe, mayor desplazamiento del vaso alrededor de la pinza y el material que genera mayor conflicto es el vidrio. El material de la pinza de sujeción al ser PLA, hace que el vidrio resbale con mayor facilidad, por lo cual es importante considerar que el diseño de la pinza de sujeción cambie de forma o se le adhiera algún otro tipo de material antiderrapante que sirva de igual manera para todos los materiales, con el fin de generar más estabilidad al momento de que la pinza hace la sujeción el vaso no se desplace y sea seguro bajar un vaso a cualquier altura de las ya establecidas anteriormente. Los cambios que se le deben hacer al mecanismo es que tenga una mejor respuesta al momento de abrir y cerrar la pinza de sujeción, se debe hacer un poco más largo y considerar ángulos que permitan la flexibilidad

al momento de manipularlo entre usuario y objeto. La longitud del elemento auxiliar debe considerarse amplia para que cuando se active el mecanismo, la distancia de la pinza de sujeción no influya en el desplazamiento del vaso.

9.9 - Validación del segundo mecanismo impreso en 3D de acuerdo a la quinta etapa de la metodología.

Diseño de experimento

Tipo:	Diseño Factorial Completo
Design: 3^3	
K= 3	P=1
Levels: 3	Block: N/A

Para probar el segundo mecanismo, se realizó de nuevo una prueba de validación 3^3 , en dónde se conservó la hipótesis y el objetivo del experimento, ya que el principio de este segundo mecanismo es exactamente igual que el primero, sólo cambió la longitud y el ancho de las pinzas de sujeción.

Hipótesis del experimento:

La altura de sujeción y el diámetro del vaso no influyen en el deslizamiento del vaso en la pinza de sujeción más de 1 cm.

Objetivo del experimento: Evitar que la pinza de sujeción se deslice más de 2 cm cuando cuando ésta contiene al vaso. Evaluar la viabilidad de agregar un material antiderrapante a la pinza de sujeción.

Niveles y tratamientos

Para el desarrollo de este experimento, se decidió estudiar los mismos 3 factores, los cuales son la altura en la que se encuentra el vaso, el material del mismo y su diámetro, con la finalidad de que con los resultados obtenidos se calcule el desplazamiento del vaso cuando éste se encuentra en pinza de sujeción.

Tabla 13- Niveles y tratamientos del segundo experimento del mecanismo de sujeción (Elaboración propia, 2021).

FACTOR	VALOR MÍNIMO	VALOR MEDIO	VALOR ALTO	CODIFICACIÓN
ALTURA	1.M	1.50M	2 M	A
DIÁMETRO DE VASO	5.5CM	6.5CM	7.5CM	B
MATERIAL DEL VASO	PLÁSTICO (PE)	ACERO INOXIDABLE	VIDRIO	C
CODIFICACIÓN	-1	0	1	_____

La resolución será determinada por el valor de $V=ABC$ debido a que no se conocen las interacciones que tendrán los factores. La codificación de los valores cambiaron a -1, al valor bajo, 0 al valor medio y 1 al valor máximo para facilitar el análisis de datos en Minitab.

Tabla 14 – Matriz del segundo experimento (Elaboración propia, 2021).

ORDEN EST	ORDEN CORRIDA	TIPOPT	BLOQUES	ALTURA	DIÁMETRO DEL VASO	MATERIAL DEL VASO
18	1	1	1	0	1	-1
10	2	1	1	0	-1	0
2	3	1	1	-1	-1	1

3	4	1	1	-1	-1	-1
21	5	1	1	1	-1	0
13	6	1	1	0	0	1
9	7	1	1	-1	1	-1
24	8	1	1	1	0	0
12	9	1	1	0	-1	1
26	10	1	1	1	1	-1
25	11	1	1	1	1	0
8	12	1	1	-1	1	1
17	13	1	1	0	1	-1
6	14	1	1	-1	0	0
14	15	1	1	0	0	1
22	16	1	1	1	0	-1
5	17	1	1	-1	0	0
20	18	1	1	1	-1	1
27	19	1	1	1	1	-1
1	20	1	1	-1	-1	0
15	21	1	1	0	0	1
7	22	1	1	-1	1	-1
23	23	1	1	1	0	0
19	24	1	1	1	-1	1
11	25	1	1	0	-1	-1
4	26	1	1	-1	0	0
16	27	1	1	0	1	1

Pruebas del experimento:

1. Se seleccionaron los vasos con los distintos tipos de material (vidrio, plástico (PP) y acero inoxidable con los diámetros marcados de 5.5 cm, 6.5 cm y 7.5 cm, medidos con vernier, como se muestra en las Figura 43.



Figura 43 – Medición de diámetros con vernier segundo experimento (Elaboración propia, 2021).

2. Se colocaron 3 repisas a una altura de 1 m, 1.50 m, 2 m, cerca de la cocina para tomarlas como punto de referencia. Las medidas fueron previamente tomadas con un flexómetro y se utilizó un nivelador para asegurar que estuvieran derechas, las 3 repisas son del mismo material (melamina de 16 mm), pero ahora cuentan con soportes metálicos para darles una mayor estabilidad. Se colocaron los 9 vasos en las 3 repisas, a la altura de 1 m, 1.50 m y 2 m, cada nivel tenía 3 vasos, el primero de plástico, el segundo de acero inoxidable y el tercero de vidrio. Cada nivel tenía los vasos con los distintos tipos de material y con los diámetros marcados de 5.5 cm, 6.5 cm y 7.5 cm. Como se observa en la Figura 44, que la repisa que se encuentra a 1 m coincide con la altura de la barra de la cocina, al igual que la última que se encuentra a 2.0 m, que está a 20 cm más baja que la alacena.



Figura 44 – Colocación de repisas segundo experimento (Elaboración propia, 2021).

3. Después de haber sido colocados los vasos en las repisas en los distintos niveles, como se describe en el paso anterior, se colocó una marca inicial en dónde se indicaba el diámetro del vaso a estudiar, y la posición inicial donde la pinza de sujeción lo sostiene al ras de la repisa, esto se realizó con cada uno de los vasos como se observa en la Figura 45.

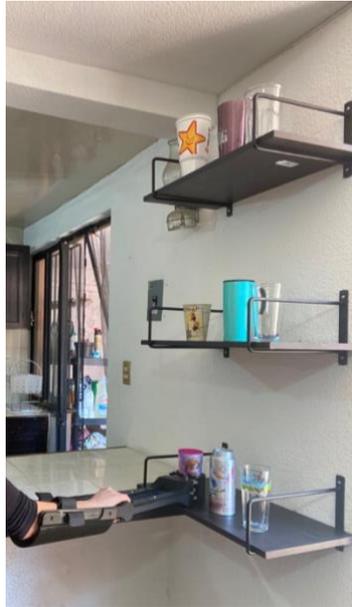


Figura 45 – Realización del segundo experimento (Elaboración propia, 2021).

4. Como se muestra en la Figura 46, se midió el desplazamiento del vaso con vernier, una vez que éste dejó de tocar la repisa.

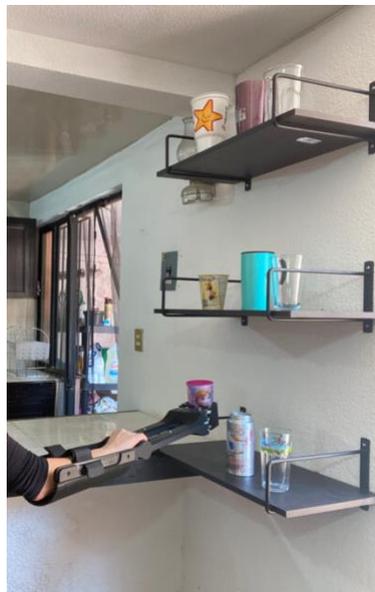


Figura 46 – Medición del desplazamiento en el segundo experimento(Elaboración propia, 2021).

Como se observa en la Figura 46, el mismo procedimiento se realizó con cada uno de los vasos en los distintos niveles, materiales y diámetros de los vasos.

- Por último se ingresaron los datos del desplazamiento entre la marca inicial y final al software Minitab y se analizaron los resultados que éste arrojó.

Análisis del experimento:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	18	0.68337	0.037965	0.70	0.750
Lineal	6	0.25658	0.042763	0.79	0.604
ALTURA	2	0.07106	0.035528	0.65	0.546
DIÁMETRO DEL VASO	2	0.00873	0.004367	0.08	0.924
MATERIAL DEL VASO	2	0.17679	0.088395	1.63	0.255
Interacciones de 2 términos	12	0.42679	0.035566	0.65	0.755
ALTURA*DIÁMETRO DEL VASO	4	0.06357	0.015892	0.29	0.875
ALTURA*MATERIAL DEL VASO	4	0.23403	0.058507	1.08	0.428
DIÁMETRO DEL VASO*MATERIAL DEL VASO	4	0.12919	0.032297	0.59	0.677
Error	8	0.43469	0.054336		
Total	26	1.11806			

Figura 47 – Análisis de Varianza del segundo experimento MiniTab® (elaboración propia, 2021).

De acuerdo al análisis de varianza, que se muestra en la Figura 47, se muestra que no existen interacciones significativas entre dos y tres términos otra vez, los valores de p, no más mayores a nuestro alfa (.1), también se puede observar que los valores significativos son la altura de agarre y material del vaso porque los valores de p, ya que son menores a nuestro alfa (.1).

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.233101	61.12%	0.00%

Figura 48 – Resumen del modelo del segundo experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021)

En la Figura 48, se puede observar el ajuste del modelo mediante r^2 , pues este modelo predice el 61.12 % del comportamiento de los datos y se apega al principio de Pareto.

Coeficientes

Término	EE del				FIV
	Coef	coef.	Valor T	Valor p	
Constante	1.9045	0.0449	42.45	0.000	
ALTURA					
-1	-0.0105	0.0634	-0.17	0.873	1.33
0	0.0674	0.0634	1.06	0.319	1.33
DIÁMETRO DEL VASO					
-1	0.0060	0.0634	0.09	0.927	1.33
0	0.0184	0.0634	0.29	0.779	1.33
MATERIAL DEL VASO					
PLÁSTICO	0.1116	0.0634	1.76	0.116	1.33
ACERO INOX	-0.0776	0.0634	-1.22	0.256	1.33
ALTURA*DIÁMETRO DEL VASO					
-1 -1	-0.0136	0.0897	-0.15	0.883	1.78
-1 0	-0.0260	0.0897	-0.29	0.779	1.78
0 -1	-0.0459	0.0897	-0.51	0.623	1.78
0 0	0.0874	0.0897	0.97	0.359	1.78
ALTURA*MATERIAL DEL VASO					
-1 PLÁSTICO	0.0317	0.0897	0.35	0.733	1.78
-1 ACERO INOX	0.0220	0.0897	0.24	0.813	1.78
0 PLÁSTICO	0.1371	0.0897	1.53	0.165	1.78
0 ACERO INOX	-0.1050	0.0897	-1.17	0.276	1.78
DIÁMETRO DEL VASO*MATERIAL DEL VASO					
-1 PLÁSTICO	-0.0078	0.0897	-0.09	0.933	1.78
-1 ACERO INOX	0.1085	0.0897	1.21	0.261	1.78
0 PLÁSTICO	-0.0295	0.0897	-0.33	0.750	1.78
0 ACERO INOX	-0.0786	0.0897	-0.88	0.406	1.78

Figura 49 – Coeficientes del segundo experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

De acuerdo al análisis de los factores, que se muestra en la Figura 49, el valor medio de la altura 0, que equivale a 1.5 m, demostró tener un impacto en el modelo lineal más que cualquier otra altura, podemos darnos cuenta de ello por el valor de p, que

es menor que alfa; así mismo el valor más bajo del material del vaso, que equivale al vidrio también ejerce un fuerte impacto en el modelo.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{DESPLAZAMIENTO} = & 1.9045 - 0.0105 \text{ ALTURA}_{-1} + 0.0674 \text{ ALTURA}_0 - 0.0569 \text{ ALTURA}_1 \\ & + 0.0060 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} + 0.0184 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\ & - 0.0244 \text{ DIÁMETRO DEL VASO}_1 + 0.1116 \text{ MATERIAL DEL VASO}_{\text{PLÁSTICO}} \\ & - 0.0776 \text{ MATERIAL DEL VASO}_{\text{ACERO INOX}} - 0.0341 \text{ MATERIAL DEL VASO}_{\text{VIDRIO}} \\ & - 0.0136 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} - 1 - 0.0260 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} \\ & 0 + 0.0396 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_{-1} 1 - 0.0459 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\ & - 1 + 0.0874 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 0 - 0.0415 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_0 \\ & 1 + 0.0595 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 - 1 - 0.0613 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 \\ & 0 + 0.0018 \text{ ALTURA} * \text{DIÁMETRO DEL VASO}_1 1 + 0.0317 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \\ & \text{PLÁSTICO} + 0.0220 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \text{ ACERO INOX} \\ & - 0.0537 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \text{ VIDRIO} \\ & + 0.1371 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ PLÁSTICO} \\ & - 0.1050 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ ACERO INOX} \\ & - 0.0322 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ VIDRIO} \\ & - 0.1689 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ PLÁSTICO} \\ & + 0.0830 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ ACERO INOX} \\ & + 0.0858 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ VIDRIO} \\ & - 0.0078 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \text{ PLÁSTICO} \\ & + 0.1085 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \text{ ACERO INOX} \\ & - 0.1007 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_{-1} \text{ VIDRIO} \\ & - 0.0295 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ PLÁSTICO} \\ & - 0.0786 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ ACERO INOX} \\ & + 0.1082 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_0 \text{ VIDRIO} \\ & + 0.0373 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ PLÁSTICO} \\ & - 0.0298 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ ACERO INOX} \\ & - 0.0075 \text{ DIÁMETRO DEL VASO} * \text{MATERIAL DEL VASO}_1 \text{ VIDRIO} \end{aligned}$$

Figura 50 – Ecuación de regresión del segundo experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2020).

En la Figura 50, se puede observar que el modelo se vuelve un tanto complejo debido a que en el primer ensayo se consideraron interacciones de dos términos,

sin embargo, las interacciones de dos factores o términos son estadísticamente significativos, por lo cuál en este caso no es necesario volver a realizar el ANOVA.

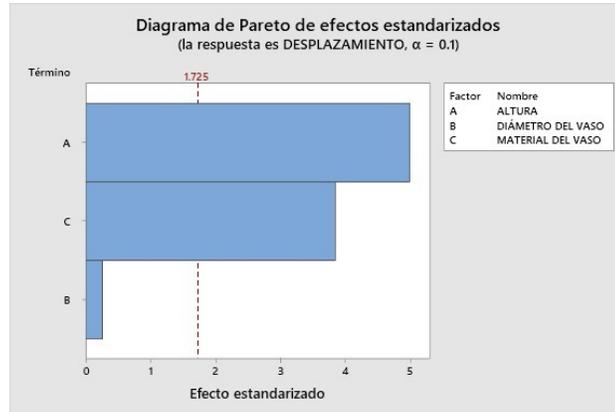


Figura 51 – Diagrama de Pareto de efectos estandarizados del segundo experimento MiniTab® (Elaboración Propia, 2021).

Como se observa en la Figura 51, por principio de Pareto, es necesario concentrarse en los factores que causan el 90 % de las desviaciones, de acuerdo al Pareto y a lo descrito anteriormente, se confirma que el factor A y C, que son la altura y el tipo de material son los factores que deben analizarse más a fondo.

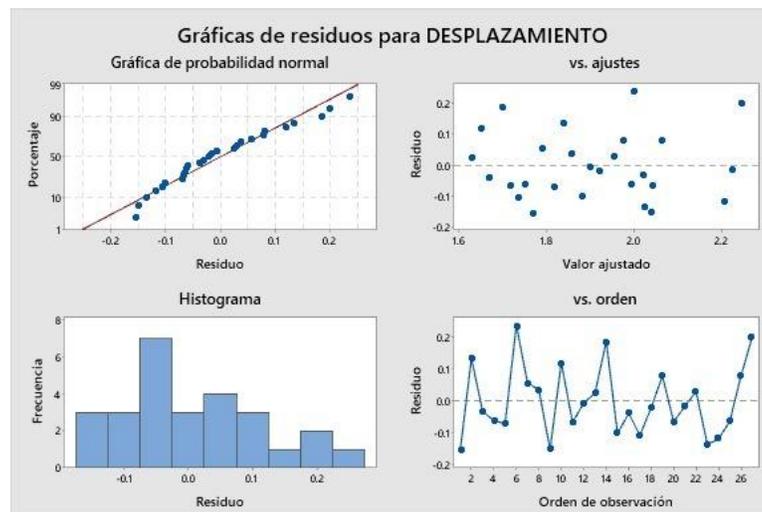


Figura 52 – Gráficas de residuos para el desplazamiento del segundo experimento MiniTab® (Elaboración Propia, 2021).

Lo que se observa en la Figura 52, el análisis general de las gráficas residuales, permiten observar la distribución de los datos obtenidos durante el experimento. El histograma muestra un comportamiento típico de una distribución normal, por lo cual no fue necesario realizar ningún arreglo de los datos.

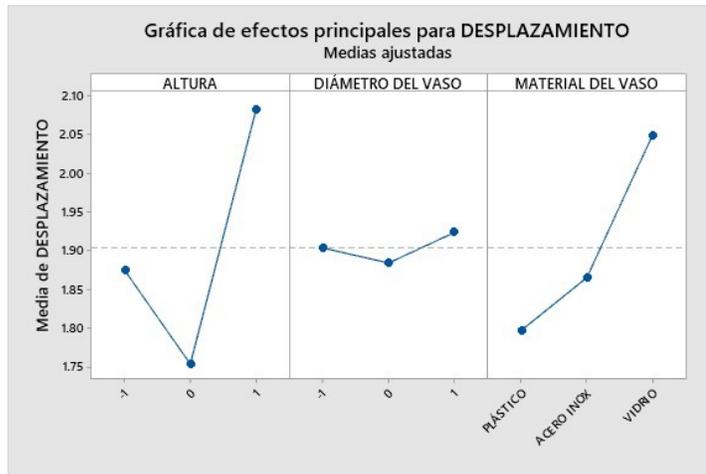


Figura 53– Gráfica de efectos principales para el desplazamiento del segundo experimento MiniTab® (Elaboración Propia, 2021).

Como se observa en la Figura 53, existen algunas diferencias, por ejemplo, en este modelo la altura máxima y el material de vidrio parecen ejercer la mayor influencia en el modelo de regresión lineal, el diámetro del vaso no presenta generar diferencias significativas entre la altura y el material.

En conclusión, los resultados de este segundo experimento mostraron que a mayor altura existe, mayor desplazamiento del vaso alrededor de la pinza y el material que genera mayor conflicto sigue siendo el vidrio. El material de la pinza de sujeción al ser PLA, hace que el vidrio resbale con mayor facilidad, por el peso del mismo. Aunque se rediseñó la pinza de sujeción y el mecanismo en general con la finalidad de que ésta fuera más amplia y el mecanismo más largo, durante la realización del experimento, se notó que el elemento auxiliar se hizo más pesado y difícil de

manipular, a diferencia del primer mecanismo. La pinza de sujeción no abría, ni cerraba con facilidad. Más que necesitar un material antiderrapante, se debe estudiar a profundidad la elasticidad del material que se está utilizando para realizarla (PLA), y empezar a crear una pieza que aproveche las propiedades que tiene el mismo para tomar la forma del objeto que está sosteniendo. Sin embargo no se descarta la posibilidad de adherir un material antiderrapante en la zona de la pinza.

10 - Validaciones del prototipo con usuario final.

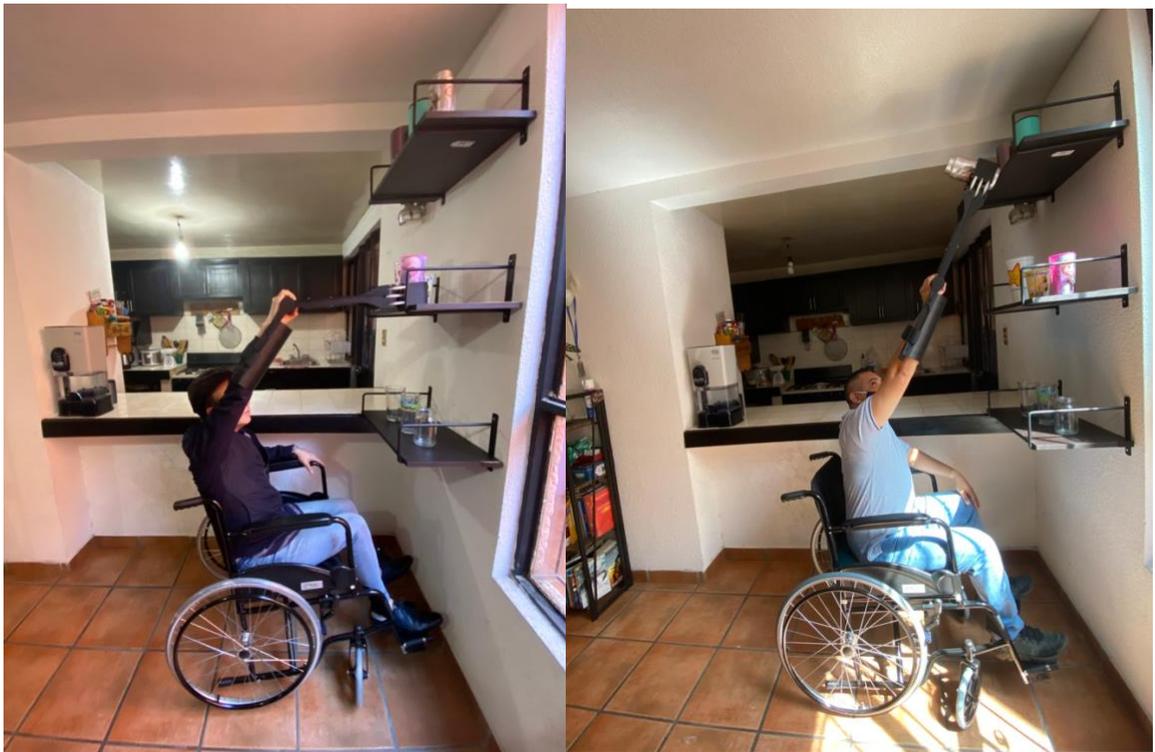


Figura 54 – Ejecución del experimento con usuarios finales tercer experimento (Elaboración propia, 2021).

Metodología del experimento:

Se citaron a 27 personas que no padecían ningún tipo de movilidad reducida ya que desde un inicio se indicó que el elemento auxiliar sería inclusivo, de una población de 65 personas, para tener el 95 % de certeza, con un margen de error del 15 %. Los rangos de edad que se tomaron en cuenta de acuerdo al grupo objetivo de usuarios que se consideraron para realizar el proyecto, fueron desde los 30 y 40 años, 40 y 50 años y por último 50 y 60 años. Todos los participantes del experimento lo realizaron en posición sedente, utilizando una silla de ruedas, que tiene una altura de 75 cm de piso a asiento. Se colocaron 3 repisas a la altura de 1 m, 1.5 m y 2.0 m a nivel de piso a techo. En cada una de las repisas se colocaron vasos de plástico, acero inoxidable y vidrio. Posteriormente se tomó el vaso con la pinza de sujeción y se cronometró el tiempo de reacción del usuario dando como resultado la variable respuesta. Debido a que en los experimentos anteriores el diámetro del usuario no fue significativo, se decidió poner como factor el rango de edad con la finalidad de comprobar que no importando la edad del usuario el elemento auxiliar inclusivo puede ser utilizado.

Diseño de experimento

Tipo:	Diseño Factorial Completo
Design: 3^3	
K= 3	P=1
Levels: 3	Block: N/A

La resolución será determinada por el valor de $V=ABC$ debido a que no se conocen las interacciones que tendrán los factores. La codificación de los valores cambiaron a -1, al valor bajo, 0 al valor medio y 1 al valor máximo para facilitar el análisis de datos en Minitab. El valor de alfa (significancia) es de 0.05.

Hipótesis del experimento:

La altura de sujeción y la edad del usuario influyen directamente en el tiempo de

reacción de sujeción de la pinza por más de 2 segundos.

Objetivo del experimento:

Evaluar el tiempo de reacción de la pinza de sujeción, con la finalidad de comprobar que los usuarios entre los 30 y 60 años pueden utilizar el elemento auxiliar inclusivo.

Factor controlable:

Altura.

Material del objeto.

Edad del usuario.

Factores de ruido:

Ángulo de la pinza de sujeción.

Material de la repisa en dónde se encuentra el objeto.

Peso del vaso.

Factores estudiados:

El tiempo en que tarda el usuario en sujetar firmemente el vaso.

Tabla 15 - Niveles y tratamientos del tercer experimento del mecanismo de sujeción (Elaboración propia, 2021).

FACTOR	VALOR MÍNIMO	VALOR MEDIO	VALOR ALTO	CODIFICACIÓN
ALTURA	1.0 m	1.50 m	2.0 m	A
MATERIAL DEL VASO	PLÁSTICO (PE)	ACERO INOXIDABLE	VIDRIO	B
EDAD DEL USUARIO	(30-40)	(40-50)	(50-60)	C
CODIFICACIÓN	-1	0	1	_____

Niveles y tratamientos:

Para el desarrollo de este experimento, se decidió estudiar 3 factores, los cuales son: la altura en la que se encuentra el vaso, el material del mismo (plástico, vidrio y acero inoxidable) y la edad del usuario (30-40 años, 40-50 años y de 50-60 años), con la finalidad de que con los resultados obtenidos se calcule el tiempo en que el usuario sujeta el vaso con el uso del elemento auxiliar inclusivo.

Errores.

1. Que las repisas no estén bien escuadradas, es decir es haya una ligera variación al momento de colocarlas.
2. La forma de sujetar el mecanismo, cómo será manual no se puede controlar el ángulo.
3. La forma de los vasos, que aunque tengan un diámetro similar, las variaciones que existan entre ellos afecte el experimento.
4. Que cuando se cronometra el tiempo no empiece en los tiempos requeridos.
5. Que el mecanismo se atore y no sujete el vaso con facilidad.

Tabla 16 – Matriz del tercer experimento (Elaboración propia, 2021).

OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	ALTURA	MATERIAL	EDAD DEL USUARIO
47	1	1	1	1	-1	0
2	2	1	1	-1	-1	0
8	3	1	1	-1	1	0
45	4	1	1	0	1	1

15	5	1	1	0	0	1
39	6	1	1	0	-1	1
3	7	1	1	-1	-1	1
17	8	1	1	0	1	0
44	9	1	1	0	1	0
24	10	1	1	1	0	1
52	11	1	1	1	1	-1
1	12	1	1	-1	-1	-1
33	13	1	1	-1	0	1
50	14	1	1	1	0	0
34	15	1	1	-1	1	-1
41	16	1	1	0	0	0
46	17	1	1	1	-1	-1
42	18	1	1	0	0	1
37	19	1	1	0	-1	-1
38	20	1	1	0	-1	0
23	21	1	1	1	0	0
21	22	1	1	1	-1	1
26	23	1	1	1	1	0
53	24	1	1	1	1	0
12	25	1	1	0	-1	1
5	26	1	1	-1	0	0
19	27	1	1	1	-1	-1
31	28	1	1	-1	0	-1
14	29	1	1	0	0	0
11	30	1	1	0	-1	0
43	31	1	1	0	1	-1
20	32	1	1	1	-1	0
22	33	1	1	1	0	-1
30	34	1	1	-1	-1	1
6	35	1	1	-1	0	1
35	36	1	1	-1	1	0
32	37	1	1	-1	0	0
28	38	1	1	-1	-1	-1
10	39	1	1	0	-1	-1
4	40	1	1	-1	0	-1
7	41	1	1	-1	1	-1

16	42	1	1	0	1	-1
9	43	1	1	-1	1	1
29	44	1	1	-1	-1	0
25	45	1	1	1	1	-1
48	46	1	1	1	-1	1
54	47	1	1	1	1	1
13	48	1	1	0	0	-1
36	49	1	1	-1	1	1
49	50	1	1	1	0	-1
27	51	1	1	1	1	1
18	52	1	1	0	1	1
40	53	1	1	0	0	-1
51	54	1	1	1	0	1

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	26	2.07284	0.07972	1.57	0.127
Lineal	6	0.45143	0.07524	1.48	0.223
ALTURA	2	0.37137	0.18569	3.65	0.040
MATERIAL	2	0.04442	0.02221	0.44	0.651
EDAD DEL USUARIO	2	0.03563	0.01782	0.35	0.708
Interacciones de 2 términos	12	0.72437	0.06036	1.19	0.342
ALTURA*MATERIAL	4	0.06129	0.01532	0.30	0.875
ALTURA*EDAD DEL USUARIO	4	0.27570	0.06892	1.35	0.276
MATERIAL*EDAD DEL USUARIO	4	0.38739	0.09685	1.90	0.139
Interacciones de 3 términos	8	0.89704	0.11213	2.20	0.060
ALTURA*MATERIAL*EDAD DEL USUARIO	8	0.89704	0.11213	2.20	0.060
Error	27	1.37538	0.05094		
Total	53	3.44822			

Figura 55 - Análisis de Varianza del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

De acuerdo con el análisis preliminar del ANOVA, que se muestra en la Figura 55, resaltan que las interacciones de dos letras de acuerdo al valor de p , no son mayores al alfa (0.05), por lo cual no son significativos, al igual que los factores de la edad y el material del vaso, pero sí es significativo la combinación de los tres factores, cuyo valor de p es menor que alfa.

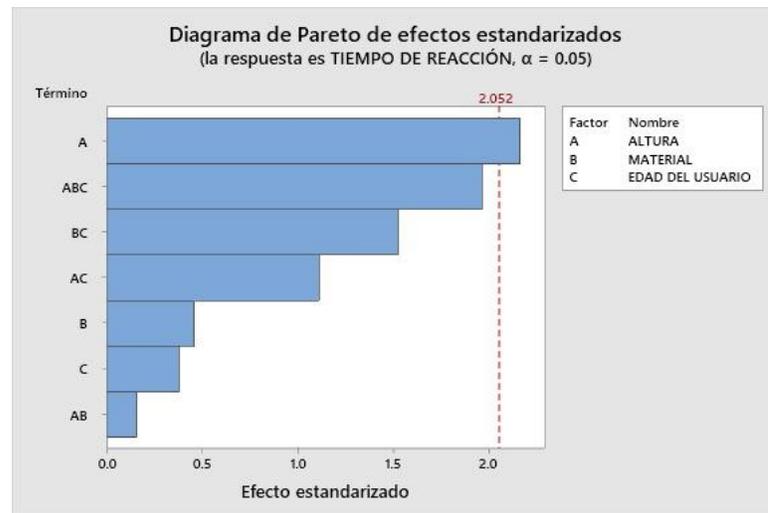


Figura 56 – Diagrama de Pareto del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 56, el pareto indicó que se debe de prestar atención al factor A, es decir la altura y la combinación de los tres factores, siendo el factor C, la edad del usuario, el menos relevante.

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.225699	60.11%	21.70%
		0.00%

Figura 57 – Resumen del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 57, se puede observar el valor de r^2 (60.11 %), cuyo porcentaje implica la mayor predicción de las situaciones que pueden ocurrir entre los tres factores.

Coefficientes

Término	EE del			
	Coef	coef.	Valor T	Valor p
Constante	1.5232	0.0307	49.59	0.000
ALTURA				
-1	-0.1016	0.0434	-2.34	0.027
0	0.0002	0.0434	0.00	0.997
MATERIAL				
PLÁSTICO	0.0100	0.0434	0.23	0.819
ACERO INOX	-0.0391	0.0434	-0.90	0.377
EDAD DEL USUARIO				
-1	-0.0334	0.0434	-0.77	0.448
0	0.0044	0.0434	0.10	0.921
ALTURA*MATERIAL				
-1 PLÁSTICO	0.0193	0.0614	0.31	0.755
-1 ACERO INOX	-0.0603	0.0614	-0.98	0.335
0 PLÁSTICO	0.0124	0.0614	0.20	0.841
0 ACERO INOX	0.0264	0.0614	0.43	0.670
ALTURA*EDAD DEL USUARIO				
-1 -1	0.0045	0.0614	0.07	0.942
-1 0	-0.0190	0.0614	-0.31	0.760
0 -1	-0.1111	0.0614	-1.81	0.082
0 0	0.0150	0.0614	0.24	0.809
MATERIAL*EDAD DEL USUARIO				
PLÁSTICO -1	-0.0907	0.0614	-1.48	0.151
PLÁSTICO 0	0.0595	0.0614	0.97	0.341
ACERO INOX -1	0.0760	0.0614	1.24	0.227
ACERO INOX 0	-0.1483	0.0614	-2.41	0.023
ALTURA*MATERIAL*EDAD DEL USUARIO				
-1 PLÁSTICO -1	-0.1167	0.0869	-1.34	0.190
-1 PLÁSTICO 0	-0.1006	0.0869	-1.16	0.257
-1 ACERO INOX -1	0.0787	0.0869	0.91	0.373
-1 ACERO INOX 0	-0.0825	0.0869	-0.95	0.351
0 PLÁSTICO -1	-0.1416	0.0869	-1.63	0.115
0 PLÁSTICO 0	0.1434	0.0869	1.65	0.110
0 ACERO INOX -1	0.0810	0.0869	0.93	0.359
0 ACERO INOX 0	-0.0575	0.0869	-0.66	0.514

Figura 58 – Coeficientes del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 58, en la cual se muestran los coeficientes, se puede observar el peso del valor más alto el cual es la altura, cuyo impacto en el modelo es el más significativo de todos, lo cual es evidente, debido a que a mayor altura se requiere un mayor tiempo de reacción. Los otros coeficientes no son significativos, excepto la combinación de los tres donde a mayor edad, mayor altura y el material plástico, demostraron tener un efecto positivo aumentando el valor de la variable respuesta.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{TIEMPO DE REACCIÓN} = & 1.5232 - 0.1016 \text{ ALTURA}_{-1} + 0.0002 \text{ ALTURA}_0 + 0.1015 \text{ ALTURA}_1 \\ & + 0.0100 \text{ MATERIAL_PLÁSTICO} - 0.0391 \text{ MATERIAL_ACERO INOX} \\ & + 0.0290 \text{ MATERIAL_VIDRIO} - 0.0334 \text{ EDAD DEL USUARIO}_{-1} \\ & + 0.0044 \text{ EDAD DEL USUARIO}_0 + 0.0291 \text{ EDAD DEL USUARIO}_1 \\ & + 0.0193 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_{-1} \text{ PLÁSTICO} - 0.0603 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_{-1} \text{ ACERO} \\ & \text{INOX} + 0.0410 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_{-1} \text{ VIDRIO} + 0.0124 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_0 \\ & \text{PLÁSTICO} + 0.0264 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_0 \text{ ACERO INOX} \\ & - 0.0389 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_0 \text{ VIDRIO} - 0.0318 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_1 \text{ PLÁSTICO} \\ & + 0.0339 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_1 \text{ ACERO INOX} - 0.0021 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL}_1 \text{ VIDRIO} \\ & + 0.0045 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} - 1 \\ & - 0.0190 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} 0 \\ & + 0.0144 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} 1 - 0.1111 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \\ & - 1 + 0.0150 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 0 \\ & + 0.0961 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 1 + 0.1065 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \\ & - 1 + 0.0040 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 0 \\ & - 0.1105 \text{ ALTURA} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 1 \\ & - 0.0907 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_PLÁSTICO} - 1 \\ & + 0.0595 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_PLÁSTICO} 0 \\ & + 0.0312 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_PLÁSTICO} 1 \\ & + 0.0760 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_ACERO INOX} - 1 \\ & - 0.1483 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_ACERO INOX} 0 \\ & + 0.0723 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_ACERO INOX} 1 \\ & + 0.0147 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_VIDRIO} - 1 \\ & + 0.0888 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_VIDRIO} 0 \\ & - 0.1035 \text{ MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO_VIDRIO} 1 \\ & - 0.1167 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ PLÁSTICO} - 1 \\ & - 0.1006 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ PLÁSTICO} 0 \\ & + 0.2173 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ PLÁSTICO} 1 \\ & + 0.0787 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ ACERO INOX} - 1 \\ & - 0.0825 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ ACERO INOX} 0 \\ & + 0.0038 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ ACERO INOX} 1 \\ & + 0.0380 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ VIDRIO} - 1 \\ & + 0.1831 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ VIDRIO} 0 \\ & - 0.2211 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_{-1} \text{ VIDRIO} 1 \\ & - 0.1416 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ PLÁSTICO} - 1 \\ & + 0.1434 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ PLÁSTICO} 0 \\ & - 0.0018 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ PLÁSTICO} 1 \\ & + 0.0810 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ ACERO INOX} - 1 \\ & - 0.0575 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ ACERO INOX} 0 \\ & - 0.0236 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ ACERO INOX} 1 \\ & + 0.0605 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ VIDRIO} - 1 \\ & - 0.0860 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ VIDRIO} 0 \\ & + 0.0254 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_0 \text{ VIDRIO} 1 \\ & + 0.2583 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ PLÁSTICO} - 1 \\ & - 0.0428 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ PLÁSTICO} 0 \\ & - 0.2155 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ PLÁSTICO} 1 \\ & - 0.1598 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ ACERO INOX} - 1 \\ & + 0.1400 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ ACERO INOX} 0 \\ & + 0.0198 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ ACERO INOX} 1 \\ & - 0.0985 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ VIDRIO} - 1 \\ & - 0.0972 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ VIDRIO} 0 \\ & + 0.1957 \text{ ALTURA} * \text{MATERIAL} * \text{EDAD DEL USUARIO}_1 \text{ VIDRIO} 1 \end{aligned}$$

Figura 59 – Ecuación de regresión del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

De acuerdo con la Figura 59, el modelo se vuelve extremadamente complejo y muchas de las interacciones y factores son insignificantes, por lo que se sugiere realizar una mejora del ANOVA, para eliminar términos y reducir la longitud del modelo.

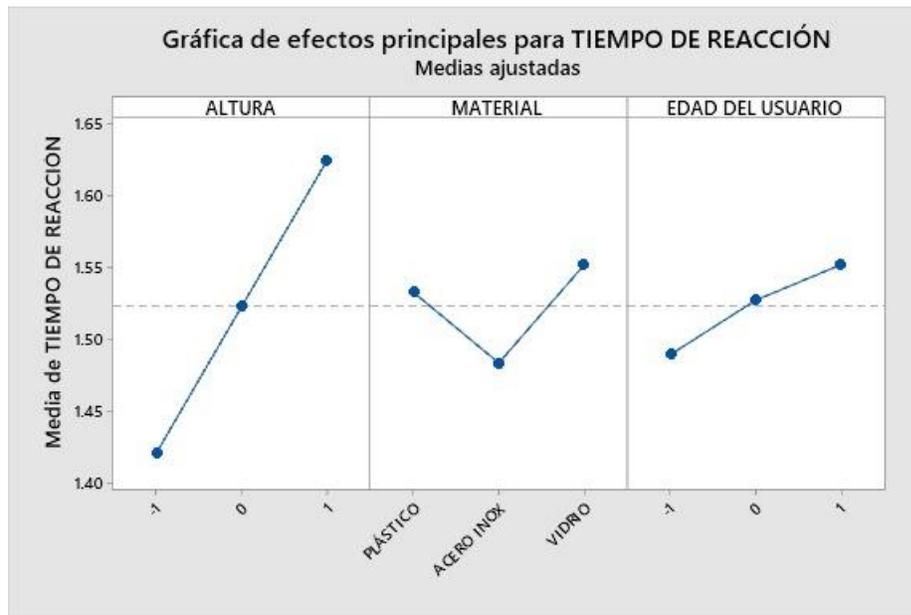


Figura 60 – Gráfica de efectos principales del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 60, el análisis por factores se puede ver claramente la pendiente positiva de la altura y efecto que tiene en la media del tiempo de reacción, siendo la más brusca y agresiva como se explicó anteriormente, por otra parte la curva que se mantuvo más constante fue la de la edad del usuario.

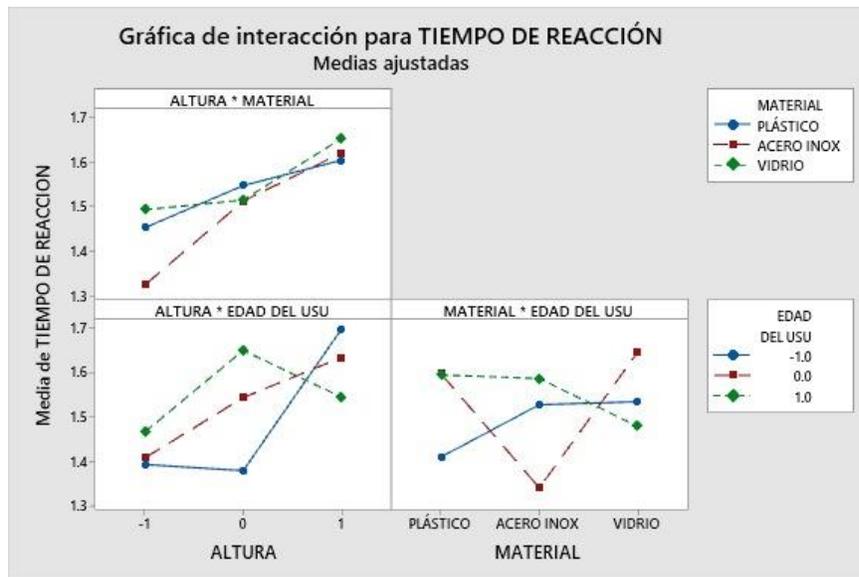


Figura 61 – Gráfica de interacción del tercer experimento MiniTab® (Elaboración propia, 2021).

En la Figura 61, se puede observar que los gráficos de interacciones de los tres términos, la altura, el material plástico y el rango de edad máximo tienen un efecto creciente en el modelo, lo que se traduce a un mayor tiempo de reacción, lo cual puede resultar no beneficioso para el prototipo, ya que se desean reducir los tiempos de reacción.

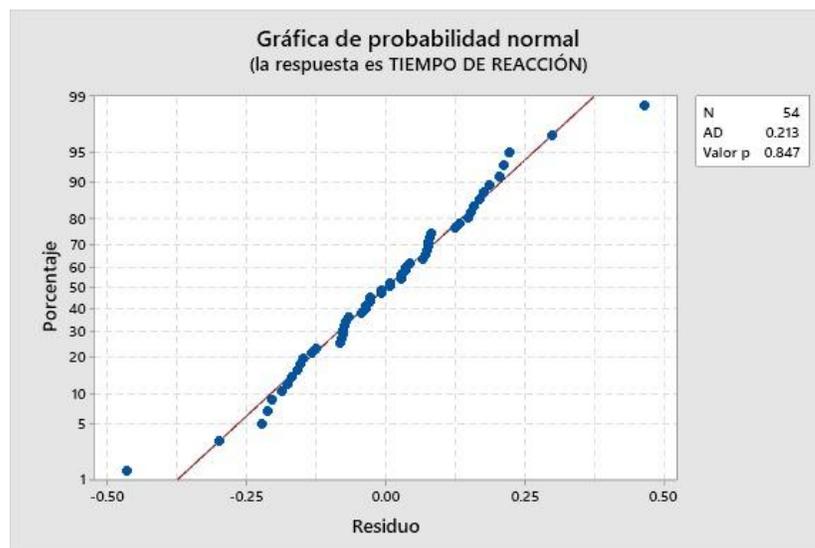


Figura 62 – Gráfica de probabilidad normal del tercer experimento MiniTab®
(Elaboración propia, 2021)

De acuerdo a la gráfica de probabilidad normal, que se muestra en la Figura 62, y a manera de ejercicio de verificación se puede asegurar que los datos recopilados en este experimento tienen una distribución normal, en consecuencia los análisis estadísticos realizados durante este experimento son válidos.

Resultados del tercer experimento:

Este experimento arrojó que a mayor altura el tiempo de reacción es más largo, esto se debe evidentemente a la distancia que se recorre a una mayor cantidad de tiempo, sin embargo, la edad no demostró ser un factor determinante en el tiempo de reacción por lo que el elemento auxiliar inclusivo es recomendable para los rangos de edad evaluados. Por otra parte deben de trabajar en medidas para mitigar el efecto de la altura en el tiempo de respuesta.

Conclusiones del tercer experimento:

Se pudo terminar con el rechazo de la hipótesis inicial, aunque la altura tiene un efecto positivo en el tiempo de reacción, éste no excede los 2 segundos y la edad tampoco influye en el tiempo de reacción de la pinza de sujeción.

10.1 - Validaciones ergonómicas del prototipo con usuario final.

Ciclos de trabajo o funcionamiento del elemento auxiliar inclusivo:

1) La persona se encuentra en posición sedente, a una altura de 75 cm, la cual se maneja regularmente en las sillas de ruedas.

- 2) Se coloca el elemento auxiliar inclusivo en el antebrazo derecho y se fija el velcro.
- 3) La palma y los dedos se colocan en la palanca que activa el mecanismo de la pinza de sujeción.
- 4) Se levanta el brazo en la posición deseada 1.0 m/1.50 m/2.0 m
- 5) Se jala la palanca hacia el usuario, abriendo la pinza de sujeción, colocándola alrededor del objeto deseado (vaso de vidrio, plástico, acero inoxidable).
- 6) Se suelta la palanca cerrando la pinza de sujeción con el objeto deseado.
- 7) Con el movimiento natural del antebrazo se coloca el objeto deseado en una superficie.

Posturas a evaluar:

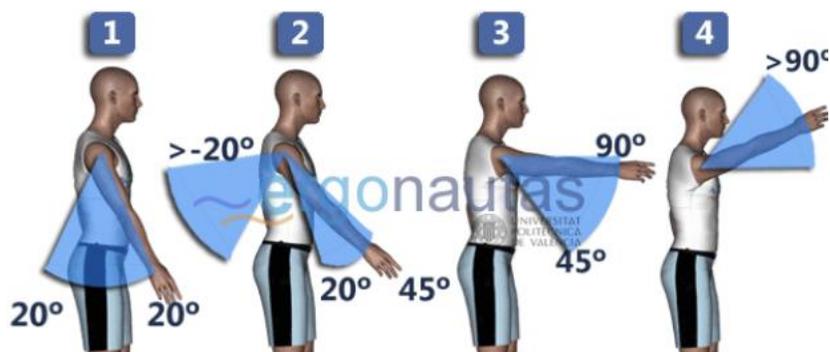


Figura 63 - Medición del ángulo del brazo (Ergonautas, 2021).

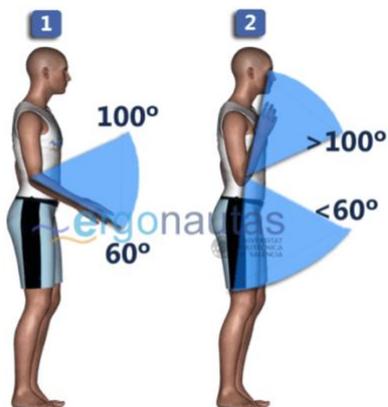


Figura 64 - Medición del ángulo del antebrazo (Ergonautas, 2021).

Se determina que para llevar a cabo esta prueba se utilizó el brazo derecho de los participantes.

Datos angulares requeridos:



Figura 65 - Medición del ángulo del brazo participante 1 (Elaboración propia, 2021).



Figura 66 - Medición del ángulo del brazo participante 2 (Elaboración propia, 2021).



Figura 67 - Medición del ángulo del brazo participante 3 (Elaboración propia, 2021).

Tabla 17 – Puntuaciones correspondientes al brazo, método RULA (Ergonautas, 2021).

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y 90°	3
Flexión >90°	4

Tabla 18 – Puntuaciones correspondientes al antebrazo, método RULA (Ergonautas, 2021).

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

Tabla 19 – Puntuaciones correspondientes al antebrazo y brazo, obtenidas de realizar el método RULA (Ergonautas, 2021).

Observación	Evaluación grupo A				Evaluación C		Evaluación D		Total
	Ángulo del brazo	Puntuación	Ángulo antebrazo	Puntuación	# de veces de ciclo	Puntuación por tipo de actividad	Peso del objeto	Puntuación por carga	
1	46	3	76	1	1	0	0.25	0	4
2	52	3	92	1	1	0	0.25	0	4
3	37	2	93	1	1	0	0.25	0	3
4	42	2	77	1	1	0	0.25	0	3
5	47	3	81	1	1	0	0.25	0	4
6	59	3	87	1	1	0	0.25	0	4
7	48	3	94	1	1	0	0.25	0	4
8	36	2	82	1	1	0	0.25	0	3
9	54	3	83	1	1	0	0.25	0	4
10	38	2	80	1	1	0	0.25	0	3
11	53	3	88	1	1	0	0.25	0	4
12	47	3	80	1	1	0	0.25	0	4
13	36	2	86	1	1	0	0.25	0	3
14	34	2	79	1	1	0	0.25	0	3
15	40	2	82	1	1	0	0.25	0	3
16	53	3	83	1	1	0	0.25	0	4
17	47	3	89	1	1	0	0.25	0	4
18	48	3	87	1	1	0	0.25	0	4
19	60	3	81	1	1	0	0.25	0	4
20	35	2	94	1	1	0	0.25	0	3
21	57	3	86	1	1	0	0.25	0	4
22	41	2	95	1	1	0	0.25	0	3
23	56	3	92	1	1	0	0.25	0	4
24	37	2	76	1	1	0	0.25	0	3
25	42	2	84	1	1	0	0.25	0	3
26	57	3	82	1	1	0	0.25	0	4
27	51	3	82	1	1	0	0.25	0	4
28	44	2	77	1	1	0	0.25	0	3
29	42	2	82	1	1	0	0.25	0	3
30	52	3	80	1	1	0	0.25	0	4
31	60	3	87	1	1	0	0.25	0	4

32	57	3	95	1	1	0	0.25	0	4	
33	43	2	92	1	1	0	0.25	0	3	
34	47	3	80	1	1	0	0.25	0	4	
35	37	2	89	1	1	0	0.25	0	3	
36	36	2	87	1	1	0	0.25	0	3	
37	41	2	78	1	1	0	0.25	0	3	
38	51	3	93	1	1	0	0.25	0	4	
39	55	3	83	1	1	0	0.25	0	4	
40	47	3	95	1	1	0	0.25	0	4	
41	59	3	79	1	1	0	0.25	0	4	
42	56	3	82	1	1	0	0.25	0	4	
43	42	2	92	1	1	0	0.25	0	3	
44	45	2	95	1	1	0	0.25	0	3	
45	36	2	86	1	1	0	0.25	0	3	
46	50	3	92	1	1	0	0.25	0	4	
47	55	3	90	1	1	0	0.25	0	4	
48	40	2	87	1	1	0	0.25	0	3	
49	40	2	92	1	1	0	0.25	0	3	
50	44	2	79	1	1	0	0.25	0	3	
51	53	3	92	1	1	0	0.25	0	4	
52	50	3	91	1	1	0	0.25	0	4	
53	55	3	88	1	1	0	0.25	0	4	
54	51	3	88	1	1	0	0.25	0	4	
									3.5	
									Media	7

Resultados:

Tabla 20 - Niveles de actuación según la puntuación final obtenida RULA (Ergonautas, 2021).

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

En la Tabla 19, se obtuvieron los datos, haciendo la prueba a 27 personas entre los rangos de edad de 30-40 años, 40-50 años, 50-60 años, utilizando la metodología ergonómica RULA y el elemento auxiliar inclusivo- Se muestra una media de 3.57 puntos, en donde la Tabla 20, muestra que los datos del prototipo final pueden clasificarse en el nivel de actuación amarillo, el cual implica hacer estudios más profundos respecto a su ergonomía, sin embargo esto no resulta crítico para el usuario.

Conclusiones del experimento de ergonomía:

Para que el elemento auxiliar sea más ergonómico se necesita hacer más alargado el prototipo de la parte de la pinza de sujeción, con el fin de que los ángulos del brazo sean menores a 90°. Podría ayudar a generar una articulación de la garra para reducir el ángulo del antebrazo.

10.2 Resultados de las encuestas realizadas para calcular la percepción de la dependencia utilizando el elemento auxiliar inclusivo.

Se realizaron dos encuestas, las cuales se encuentran en el ANEXO I. Ambas se le realizaron a las mismas 27 personas que realizaron el tercer experimento de validación final 3^3 del prototipo y pruebas de ergonomía, de las cuales el 23.8 % eran del sexo femenino y el 76.2 % del sexo masculino. Las primeras encuestas se realizaron con los usuarios en silla de ruedas realizando la actividad de tomar un vaso del fregadero, cubierta, alacenas y refrigerador utilizando silla de ruedas y sin el uso del elemento auxiliar inclusivo. Las segundas encuestas se llevaron a cabo realizando la misma actividad pero con el uso del elemento auxiliar inclusivo. Utilizando la escala Likert se obtuvieron los datos que se muestran a continuación así como el análisis de los mismos.

Tabla 21 – Resultados de las encuestas sin el uso del elemento auxiliar inclusivo utilizando escala Likert (Elaboración propia, 2021).

SUJETOS	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4	ITEM 5	ITEM 6	ITEM 7	ITEM 8	SUMATORIA DE ÍTEMS
Persona 1	2	5	5	5	5	4	5	5	34
Persona 2	2	5	5	5	5	5	5	5	35
Persona 3	1	5	5	4	5	5	5	4	33
Persona 4	2	2	1	5	4	5	5	5	27
Persona 5	2	5	5	5	5	5	5	5	35
Persona 6	2	4	5	4	5	5	5	5	33
Persona 7	1	5	5	5	5	5	5	5	35
Persona 8	2	2	1	2	1	4	5	5	20
Persona 9	3	4	4	5	4	5	5	5	32
Persona 10	2	5	4	4	5	4	5	5	32
Persona 11	2	5	5	5	5	5	5	5	35
Persona 12	2	5	5	5	5	4	5	4	33
Persona 13	4	4	5	5	5	5	5	5	34
Persona 14	2	5	5	5	5	4	5	5	34
Persona 15	2	1	1	5	5	5	4	4	25
Persona 16	2	5	5	5	5	5	5	5	35
Persona 17	2	4	5	5	5	5	5	4	33
Persona 18	2	5	4	5	5	4	5	5	33
Persona 19	4	3	5	5	5	5	5	5	33
Persona 20	2	5	5	5	4	5	5	5	34
Persona 21	2	1	1	4	5	1	5	5	22
Persona 22	2	5	4	4	5	5	5	5	33
Persona 23	3	2	3	3	5	5	5	5	28
Persona 24	2	4	5	5	5	5	5	5	34
Persona 25	2	1	5	4	4	3	1	5	23
Persona 26	2	5	5	5	4	4	5	5	33
Persona 27	2	1	1	4	3	5	4	4	22
VARP (Varianza de la Población)		2.299	2.332	0.543	0.760	0.768	0.617	0.151	7.47050754
ST2		20.987654							
S Si2 :		7.470508							
K: El número de ítems					α	27			
Si²: Sumatoria de varianza de los ítems									
ST²: Varianza de la suma de los ítems									

En la Tabla 21, se muestran los resultados de la primera encuesta realizada sin el uso del elemento auxiliar. Los resultados están expresados con valores del 1 al 5, que van de muy frecuente a nunca, para poderlos interpretar con base en la escala

Likert. De igual manera se realizó el Alfa de Cronbach para valorar su solidez estadística el cual dio como resultado 27.

ÁREA DONDE REQUIEREN MÁS APOYO

■ Baño ■ Cocina ■ Vestidor ■ Dormitorio ■ Centro de lavado

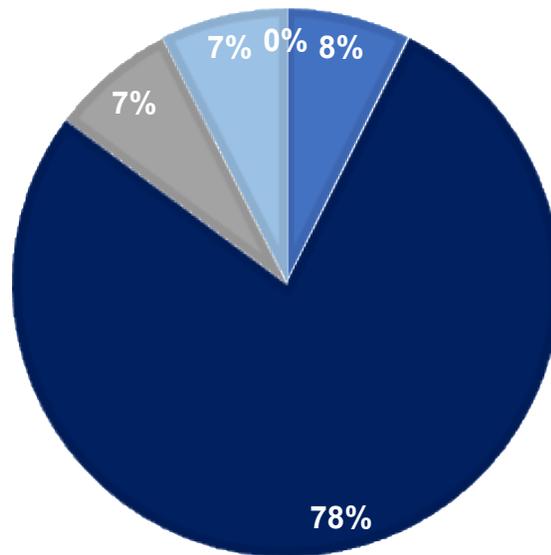


Figura 68 – Área del hogar en dónde los usuarios requieren más apoyo sin el uso del elemento auxiliar (Elaboración propia, 2021).

Como se observa en la Figura 68, el área del hogar en dónde existe más dependencia a otras personas es la cocina, debido a la cantidad de muebles altos que la componen.

En la Figura 69, que se muestra a continuación, se muestra el porcentaje de dependencia dentro de la cocina, ya que la encuesta en su mayoría consistía en tomar un vaso en posición sedente, utilizando como instrumento de apoyo la silla de ruedas.

Al realizar las actividades planteadas en la encuesta, los 27 entrevistados dijeron necesitar ayuda de otra persona:

*Sin utilizar el elemento auxiliar inclusivo.

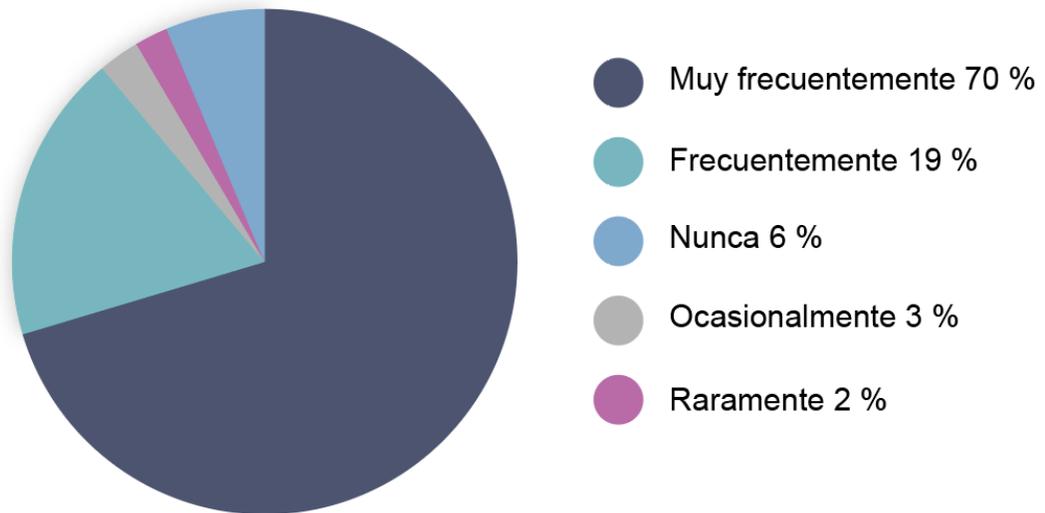


Figura 69 – Dependencia de las actividades en cocina sin el uso del elemento auxiliar(Elaboración propia, 2021).

En la Tabla 22, que se muestra a continuación, se observan los resultados de la primera encuesta realizada con el uso del elemento auxiliar. Los resultados están expresados con valores del 1 al 5, que van de muy frecuente a nunca, para poderlos interpretar con base en la escala Likert. De igual manera se realizó el Alfa de Cronbach para valorar su solidez estadística el cual dio como resultado 30.

La dinámica al aplicar esta encuesta fue similar a la primera, en dónde la actividad consistía en tomar un vaso en distintos puntos de la cocina, encima de la barra, en la alacena, fregadero, arriba y dentro del refrigerador utilizando el elemento auxiliar inclusivo.

Tabla 22 – Resultados de las encuestas con el uso del elemento auxiliar inclusivo utilizando escala Likert (Elaboración propia, 2021).

SUJETOS	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4	ITEM 5	ITEM 6	ITEM 7	ITEM 8	SUMATORIA DE ITEMS
Persona 1	2	2	1	1	1	1	2	2	10
Persona 2	2	1	1	2	2	2	1	1	10
Persona 3	1	1	2	1	1	1	1	1	8
Persona 4	5	1	1	1	1	2	1	1	8
Persona 5	3	2	2	2	1	2	1	2	12
Persona 6	3	1	1	2	2	2	2	1	11
Persona 7	1	2	2	1	2	2	1	1	11
Persona 8	3	1	2	1	1	2	1	1	9
Persona 9	3	2	1	1	1	1	2	2	10
Persona 10	2	2	2	1	2	1	1	1	10
Persona 11	3	1	1	1	1	1	2	1	8
Persona 12	2	1	1	1	1	1	1	1	7
Persona 13	4	1	1	1	2	1	1	2	9
Persona 14	2	2	1	2	1	1	1	1	9
Persona 15	3	5	5	5	5	2	2	2	26
Persona 16	2	1	1	2	2	1	2	1	10
Persona 17	2	2	1	2	2	1	1	1	10
Persona 18	3	1	1	1	1	1	1	1	7
Persona 19	4	2	1	2	1	1	1	1	9
Persona 20	3	1	2	1	1	2	1	1	9
Persona 21	3	2	1	1	1	1	2	2	10
Persona 22	2	2	2	1	1	1	1	1	9
Persona 23	3	1	1	1	1	1	2	2	9
Persona 24	2	1	1	1	1	1	1	1	7
Persona 25	4	1	1	1	2	1	1	2	9
Persona 26	2	2	1	2	2	1	1	1	10
Persona 27	3	5	1	5	2	2	2	2	19
VARP (Varianza de la Población)		1.097	0.686	1.130	0.694	0.222	0.222	0.222	4.27434842
ST2		14.395062							
S Si2 :		4.274348							
K: El número de ítems					α	30			
Si ² : Sumatoria de varianza de los ítems									
ST ² : Varianza de la suma de los ítems									

Con los resultados desplegados en la Tabla 22, expresado con valores del 1 al 5, que van de muy frecuente a nunca, para poderlos interpretar con base en la escala Likert, se observa en la Figura 68, a continuación, que el 64 % de los entrevistados no reportaron necesitar ayuda para realizar la actividad.

Al realizar las actividades planteadas en la encuesta, los 27 entrevistados dijeron necesitar ayuda de otra persona:

*Utilizando el elemento auxiliar inclusivo.

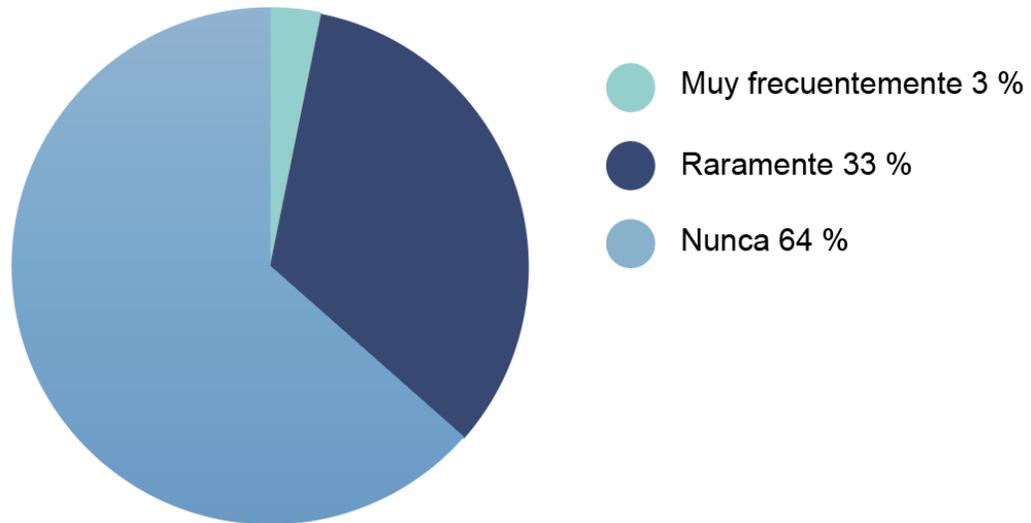


Figura 70 – Dependencia de las actividades en cocina con el uso del elemento auxiliar(Elaboración propia, 2021).

Los resultados de las encuestas despliegan que al utilizar el elemento auxiliar inclusivo los usuarios no necesitaban la ayuda de otra persona para poder tomar los vasos, comprobando que el objetivo principal del proyecto de investigación cumplió su cometido.

A continuación, en la Figura 70, la dependencia global sin el uso del prototipo es del 69 %, después de utilizar el prototipo se logró reducir la dependencia global del 69 % al 3 % reduciendo la dependencia un 65 %.

Sin el uso del dispositivo		Con el uso del dispositivo	
B	Dependencia global sin el uso del prototipo 77%	A	Dependencia de tareas en encuestas con dispositivo 4%
A	Dependencia de tareas en encuestas sin dispositivo 89%	B	Dependencia global sin el uso del prototipo 77%
	Dependencia ponderada total (A*B) 69%		Dependencia ponderada total (A*B) 3%

Reduccion de dependencia	65%
---------------------------------	------------

Figura 71 – Resultados del porcentaje de la percepción de la dependencia alcanzado con el uso del elemento auxiliar inclusivo (Elaboración propia, 2021).

De acuerdo a la hipótesis, en donde se buscaba reducir en un 30 % la dependencia de los usuarios hacia otras personas, se puede observar que como resultado final, el prototipo muestra reducir esta dependencia en un 35 % más de lo que se tenía estipulado, por lo tanto se acepta la hipótesis del proyecto de investigación.

10.3 Comportamiento del elemento auxiliar inclusivo en plataforma digital.

Con el objetivo de promover el proyecto, se subió el archivo digital del elemento auxiliar inclusivo a la página web Thingiverse de Makertbot®, empresa y comunidad de diseñadores que tienen el deseo de descubrir, hacer y compartir cosas que puedan ser impresas en 3D. Esta página web cuenta con la comunidad de impresión 3D más grande del mundo, y cree que se debe animar a todo el mundo a crear y remezclar elementos 3D, independientemente de sus conocimientos técnicos o experiencia previa. Con el espíritu de mantener una plataforma abierta,

recomiendan que todos los diseños tengan una licencia *Creative Commons*, lo que significa que cualquiera puede usar o modificar cualquier diseño.

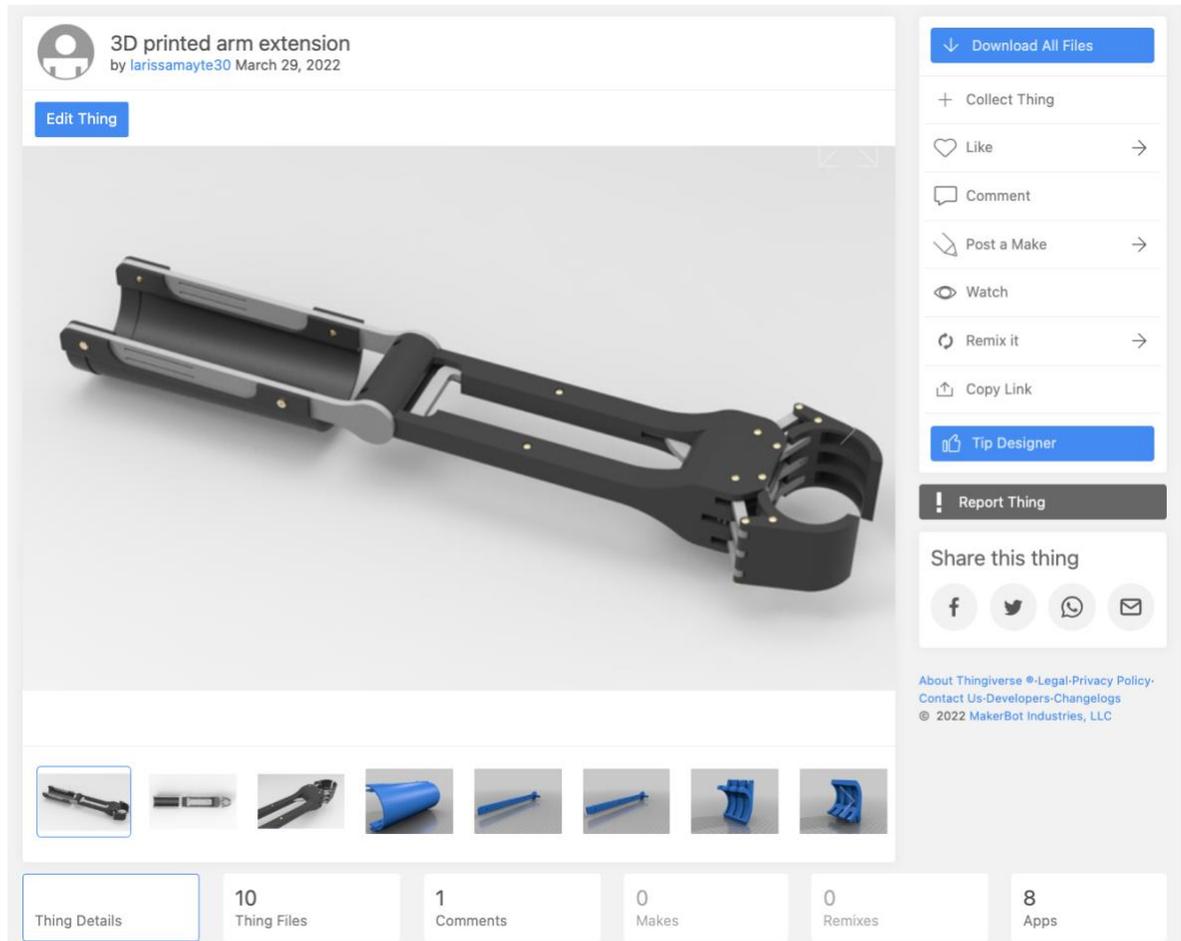


Figura 72 – Resultados del comportamiento del modelo en la plataforma digital Thingiverse (Elaboración propia, 2022).

En la Figura 72, se observa como se muestra el modelo en la página y plataforma digital Thingiverse, *3D printed arm extension*, éste se subió a la plataforma el día 29 de marzo del 2022, con un total de 10 elementos que conforman el elemento auxiliar y una serie de instrucciones digitales de como armarlo las cuales se a continuación.

Resumen:

Se trata de un elemento auxiliar o ayuda técnica que fue creado y desarrollado para personas que utilizan silla de ruedas como principal instrumento de apoyo, con el objetivo de poder alcanzar vasos vacíos de vidrio, plástico (PP) y acero inoxidable dentro de armarios en cocinas que aún no han sido adaptados (rango de altura de 1 m a 2 m).

Configuración de impresión:

Marca de la impresora: Creality

Impresora:

Ender 5 plus

Resolución:

Estándar, 10 % de relleno.

Post-Impresión para ensamblar:

Tornillos:

(4) CR-PHMS 0,138 - 32x0,5x0,5-S

(2) CR-PHMS 0,138 - 32x0,75x0,75-S

(2) CR-PHMS 0,138 - 32x1x1-S

(8) CR-PHMS 0,138 - 32x1x1-S

60 cm de velcro para sujetar el brazo

Con estas instrucciones y especificaciones es posible que cualquier persona que descargue los archivos pueda ensamblar el elemento auxiliar inclusivo, desde casa o cualquier otro lugar que tenga una impresora 3D, con por lo menos un área de impresión de 35 cm x 35 cm x 40 cm. Es cuestión de tiempo el poder observar como se comporta este producto y la respuesta de las personas que lo adquieran. A pesar de que ha estado el elemento auxiliar inclusivo sólo 9 meses en la plataforma digital

para este momento, ha recibido 29 “me gusta” y un comentario positivo de un usuario. El resultado no es significativo, es cuestión de esperar que la tecnología siga avanzando y sea cada vez más fácil adquirir una impresora para ver a través de los años como la gente reacciona a este producto.

X – Conclusiones:

A pesar de la pandemia COVID 19, el proyecto logró generarse tal como la metodología lo planteó desde un inicio. Se logró identificar y analizar en qué área del hogar era en donde se encontraban la mayor cantidad de impedimentos para que una PMR realizara sus actividades, gracias a los resultados que arrojaron en las entrevistas realizadas, se delimitó en que área de la casa era pertinente trabajar, siendo ésta el área de la cocina. El usuario meta al que se dirigió este proyecto son las PMR que utilizan la silla de ruedas como instrumento principal de apoyo, entre los 30 y 60 años de edad, con el objetivo que desde su posición sedente pudieran acceder a vasos de vidrio, plástico (PE), y acero inoxidable que se encuentran en las alacenas, esto con el fin de mejorar su interacción con el entorno y así realizaran sus actividades de manera independiente.

Para empezar a conceptualizar el elemento auxiliar inclusivo, fue necesario conocer sobre los principios de la ergonomía y al ser México el país en el que se está trabajando, se utilizaron las medidas antropométricas y percentiles adecuados para resguardar la seguridad física del usuario mientras utilice el elemento auxiliar. De igual forma, se realizó una tabla de requerimientos en donde de manera implícita se consideraron los principios del diseño universal, con la finalidad de que cualquier persona aunque no padezca de movilidad reducida pudiera utilizarlo.

La tecnología aditiva o impresión 3D, permitió que los prototipos fueran de fácil acceso, al ser PLA el material utilizado para crear los mismos, por sus propiedades biodegradables se garantiza que cuando el producto cumpla con su vida útil, no tendrá un impacto negativo en el medio ambiente.

Aunque las validaciones de los prototipos se realizaron en un ambiente controlado, éstas permitieron arrojar datos, acerca de los factores más determinantes para el buen funcionamiento del dispositivo. La altura fue la principal variable de estudio, ya que el elemento auxiliar inclusivo tenía que alcanzar objetos en un rango de 1.0 m a 2.0 m. Después de tres experimentos con el sistema factorial 3^3 , se demostró que el elemento auxiliar inclusivo funcionaba bien en personas de 30 a 60 años, la pinza del mecanismo de sujeción sostenía sin que resbalaran los vasos de vidrio, plástico (PE) y acero inoxidable. En cuanto a la ergonomía el método RULA, arrojó como resultado que sería necesario hacer unos cambios en el diseño del elemento auxiliar inclusivo, por ejemplo, que éste fuere más largo y la parte de la pinza de sujeción más articulada para no forzar los ángulos naturales del brazo. Por último se comprobó la hipótesis ya que al hacer las encuestas de percepción de la dependencia, se logró demostrar que el elemento auxiliar inclusivo lograba reducir la dependencia en 65 %.

A pesar de estar 9 meses el proyecto de manera digital en la plataforma Thingiverse, el público a calificado el proyecto con 29 “me gusta” y sólo un comentario positivo, será un proceso quizás lento el ver como se comporta este producto, ya que quizás aún no es tan común que la gente tenga acceso a una impresora 3D en casa con un área de impresión tan amplia para imprimir todas las piezas que se necesitan para conformar el elemento, sin embargo, no hay comentarios negativos al respecto, de diseño o implementación.

XI. Bibliografía o Referencias:

Aragall, F. (2003). ECA, European Concept for Accessibility. EuCAN c/o Info-Handicap. Recuperado de <http://www.eca.lu/index.php/documents/eucan-documents/13-2003-european-concept-for-accessibility-2003/file>

Alonso, F. (2007). Algo más que suprimir barreras: conceptos y argumentos para una accesibilidad universal. *Revista de traductología*, (11), 15-30. <https://doi.org/10.24310/TRANS.2007.v0i11.3095>

Astete-Tupayachi, V. y Vargas-Febres, C. (2018). Análisis del diseño arquitectónico de casas hogares para la rehabilitación de personas con discapacidad. Universidad Andina del Cusco. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 14(25), 38-27. <https://doi.org/10.36677/legado.v14i25.11644>.

Brown, T. (2008). IDEO Design Thinking. *Harvard Business Review*, p [1-10].

Bussarakampakom, C., Zermeño, S. Contreras, R., et al. (2012). El diseño: 7 visiones transversales. *Revista de la Universidad de León*, (21), 56-57.

Calderón, R., Henríquez, J., Henríquez, V., Mendoza, E., & De Moreno, M. (2018). Evaluación ergonómica de puestos de trabajo mediante la técnica rapid entire body assessment. *Revista De Iniciación Científica*, 4(1), 46-49. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1866>

Calzada, J., Alabarrán, S., Salgado, J., Álvarez, L., Estrada, S., Bárcena, P., et al. (2014). Catálogo De Recomendaciones De Accesibilidad Para Personas Con Discapacidad. Gobierno del Estado de Querétaro, p [98-121].

Cañón, A. (2018). Habitantes en la periferia y fricción espacial; accesibilidad a servicio de salud (Bogotá-Ciudad Bolívar). [Tesis de Maestría, Universidad Jorge Tadeo Lozano] <http://hdl.handle.net/20.500.12010/8247>

Carmona, J. (2019). Metodologías para el análisis de la continuidad del espacio público para el turista con movilidad reducida. Revista de investigaciones turísticas. 1(13), [132-146]. Recuperado de <https://eutm.es/grantour/index.php/grantour/article/view/75/45>

Centro del Diseño Universal [CDU]. (1997). El Centro de Diseño Universal, una iniciativa de la Facultad de Diseño. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Estados Unidos.

CILSA ONG por la inclusión. (2017). Tecnología inclusiva. Recuperado de <https://desarrollarinclusion.cilsa.org/tecnologia-inclusiva/que-es-la-cultura-maker/>

Chaurand, R., Prado, I. y González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors [CIEFH]. (2014). A brief history of Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors. Recuperado de <https://www.ergonomics.org.uk/about-us/history/>

Comisión Nacional de los derechos humanos [CNDH]. (2014). Informe especial sobre el derecho a la accesibilidad de personas con discapacidad. Recuperado de <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/IE-Accesibilidad.pdf>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2017). Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_16/Pobreza_2016_CONEVAL.pdf

Convención sobre los Derechos de las Personas Discapacitadas [CDPC]. (2016). La Convención sobre los Derechos de las personas con discapacitas y su protocolo facultativo. Comisión Nacional de los Derechos Humanos. Recuperado de <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-05/Discapacidad-Protocolo-Facultativo%5B1%5D.pdf>

De la Cruz, E. (2020). Ayudas técnicas. Instituto Salvadoreño de Rehabilitación Integral. Recuperado de https://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/webconferencias_2020/presentaciones/humanizacion/presentacion06022020/AYUDAS-TECNICAS.pdf

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2013). *NORMA Oficial Mexicana NOM-030-SSA3-2013, Que establece las características arquitectónicas para facilitar el acceso*. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313974&fecha=12/09/2013

Dols, J. (2017). Manual Descriptivo Del Protocolo De Evaluación De Conductores Con Discapacidad Motora. 2ª ed. España: Byprint Percom.

ENADID. (2018). Principales Resultados de la Encuesta Nacional de la Dinámica. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enadid/2018/doc/resultados_enadid18.pdf

Ergonautas. (2021). Evaluación postural mediante el método RULA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Recuperado de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Fernández, J., García, J., Juncá, J., Rojas, C. & Santos, J. (2011). Manual para un entorno accesible. Gobierno de España, Volumen (13), [100-125].

Floria, A. (2000). Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza. Recuperado de <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/inquiry.htm>

French, S. (2017). Disables people and employment. A study of the working lives of the visually impaired physiotherapists. Londres: Routledge.

Fundación Diseño Para todos. (2020). El Diseño para Todos es diseñar a medida de la diversidad humana. Recuperado de <http://designforall.org/design.php>

González, M. (2015). Aplicación de diseño inclusivo a mobiliario infantil. *Revista Iconofacto* 11(16), 107-124.

González, R. (2017). *Discapacidad vs Dependencia. Terminología diferencial y procedimiento para su reconocimiento*. [Tesis de maestría, Universidad de Vigo]. Repositorio de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Vigo.

Hernández, A. (2016). *Evolución de la impresión 3D doméstica: el caso español*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

Hernández, J., Álvarez, F. & Borau, J. (2011). Accesibilidad Universal y Diseño para Todos. Madrid: Ediciones de Arquitectura.

Kabel, A., Dimka, J., & McBee-Black, K. (2017). Clothing-related barriers experienced by people with mobility disabilities and impairments. *Applied Ergonomics*, 59, 165–169. doi:10.1016/j.apergo.2016.08.036

IDEO. (2015). *The Field Guide To Human Centered Design*. Canadá: Design Kit.

Instituto de Biomecánica de Valencia [IBV]. (2016). Ergonomía y Discapacidad. Recuperado de https://www.uva.es/export/sites/uva/6.vidauniversitaria/6.11.accesibilidadarquitectonica/_documentos/Ergonomia.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] . (2014). La discapacidad en México datos 2014. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2018). Base de datos. SNIEG, Información de Interés Nacional. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enadid/2018/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] . (2019). Mujeres y hombres en México. Recuperado de http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/MHM_2019.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. (2010). Antropometría. Ministerio de Trabajo e Inmigración. <https://www.insst.es/documents/94886/524376/DTEAntropometriaDP.pdf/032e8c34-f059-4be6-8d49-4b00ea06b3e6>

Jorquera, A. (2016). *Fabricación Digital: Introducción al modelado o impresión 3D*. Secretaria General Técnica. Recuperado de

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9XmbDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=qu%C3%A9+es+la+IMPRESI%C3%93N+3D&ots=7eXD6cEV9v&sig=oBMMxIRFSHg-8tEtIJ7nnDQ4S7Y#v=onepage&q=qu%C3%A9%20es%20la%20IMPRESI%C3%93N%203D&f=false>

Serna, L., Rodríguez, A., Albán, F., (2003). Ácido Poliláctico (PLA): Propiedades y Aplicaciones. *Universidad del Valle*. 5(1), 16-26.

Laurig, W., y Vedder, J. (2010). Ergonomía. *Revista Herramientas y Enfoques*, (29), 12-20.

Lee, C. (2005). User Centered Design Process. Design Methods. Illinois Institute of Technology. Chicago: United States. <http://designblog.uniandes.edu.co/blogs/dise1106/files/2012/01/User-Centered-Design-Process-Chunlun-Lee-rs.pdf>

Ministerio de Salud y Protección social [MSPS]. (2013). Descripción de Movilidad Reducida. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/>

Mora, F., Cira, I., Garzón, J. (2016). Hablemos Sobre Diseño Industrial. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, (1), [53-67].

Núñez, M. (2013). Abriendo las puertas a la accesibilidad. Autonomía personal. España: Instituto de Mayores y Servicios Sociales (9), [24.33].

Oppenheimer, A. (2014). Crear o morir, La esperanza de América Latina y las cinco claves para la innovación. Vintage Español, 1a Edición.

Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2001). Repertorio de recomendaciones prácticas sobre la gestión de las discapacidades en el lugar de trabajo. Recuperado de <https://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/gb/docs/gb282/pdf/tmemdw-2.pdf>

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2008). Cocina móvil de accesibilidad adaptable (No 024641). Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO2009024641A2/es>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2017). 10 Datos sobre la discapacidad. Recuperado de <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2018). Discapacidad y salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2020). Informe Mundial de la Discapacidad. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). Algunos datos sobre las personas con discapacidad. Recuperado de <https://www.un.org/development/desa/disabilities-es/algunos-datos-sobre-las-personas-con-discapacidad.html>

Organización Panamericana de la Salud [OPN]. (2020). La inclusión de las personas con discapacidad, una necesidad para la reducción de desastres. Recuperado de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9087:2013-including-peop9,le-disabilities-necessity-disaster-reduction&Itemid=135&lang=es

Ortiz, K., Luna, H., y Medina, J. (2016). Los Beneficios de las impresoras 3D como herramienta de innovación en la medicina. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/06/3d.html>

Ospina, B., Sandoval, J., Botero, C., et al. (2003). La escala de Likert en la valoración de los conocimientos. Universidad de Antioquia. Revista de Investigación y Educación, 23(1), 14-29.

Pérez, A. (2017). Ergonomía ocupacional aplicada a la discapacidad. Revista TOG (A Coruña), 15(28), 330-336. Recuperado de <http://www.revistatog.com/num28/pdfs/colab1.pdf>

Pérez, J. (2014). Definición de Manipulación. Recuperado de <https://definicion.de/manipulacion/>

Pérez, J. (2019). Entre barreras y facilitadores: las experiencias de los estudiantes universitarios con discapacidad. Sintética, (53), [2-13].

Polo, J. (2018). Diseño de espacios habitacionales para personas con discapacidad motriz. (Tesis de Licenciatura, Universidad del Azuay). Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8039>

Pousada, T. (2008). Las ayudas técnicas. ASEM Galicia. Recuperado de <http://www.asemgalicia.com/wp-content/uploads/Las-ayudas-tecnicas-Esas-grandes-desconocidas.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2016). Informe sobre Desarrollo Humano. Estados Unidos: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Querejeta, M. (2004). Discapacidad y Dependencia. IMERSO.

Quintana, A., Nogueras, M., Iglesias F., et al. (2004). Relación entre la postura sedente y el mobiliario utilizado por una población escolar. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-relacion-entre-postura-sedente-el-13063601>

Rodríguez, Y., y Guevara, C (2011). "Empleo de los métodos ERIN y RULA en la evaluación ergonómica de estaciones de trabajo." Revista de Ingeniería Industrial 32(1), 19-27.

Rosso, A., Taylor, J., Tabb , L., Michael, Y. (2013). Movilidad, discapacidad y compromiso social en adultos mayores. Envejecimiento de la salud, 25(4), 617-637. doi:10.1177/0898264313482489

Sánchez, A. (2020). La impresión 3D y sus múltiples aplicaciones. Recuperado de <http://www.acmor.org/articulo/la-impresion-3d-y-sus-multiples-aplicaciones>

Satariano, W., Guralnik, j., Jackson, R., Marottoli, R., Phelan, E., et al. (2012). Movilidad y envejecimiento: nuevas direcciones para la acción de salud pública. Envejecimiento de la salud, 25(4), 617-637. doi:10.1177/0898264313482489

Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid. (2016). Métodos de evaluación ergonómica. Madrid, España: CCOO.

Servicio Técnico de Reformas de Automóviles [SETRAV]. (2020). Evaluación de Personas con Movilidad Reducida. Recuperado de <http://www.setrav.com/index.php/servicios/evaluacion-de-pmr>

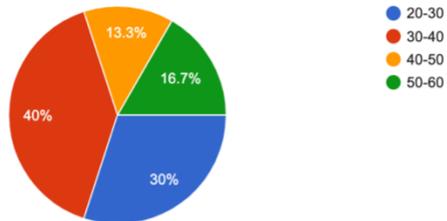
Suárez, R. (2017). Pensar y diseñar en plural Los siete principios del diseño universal. Revista Digital Universitaria, 18(4), 2-11. <http://www.revista.unam.mx/vol.18/num4/art30/art30.pdf>

Tijerina, A., Osuna, J. & Rodríguez, G. (2018). Dimensiones De La Adaptación De Las Viviendas Para Personas Con Discapacidad En México. Ciudades y Territorios Inteligentes 24(1), 35-45

X. ANEXO I

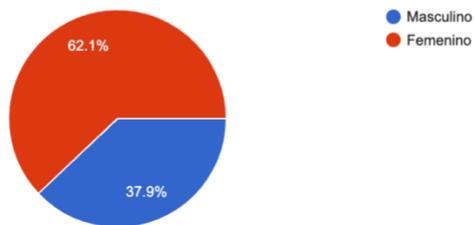
1.- ¿Cuántos años tienes?

30 respuestas



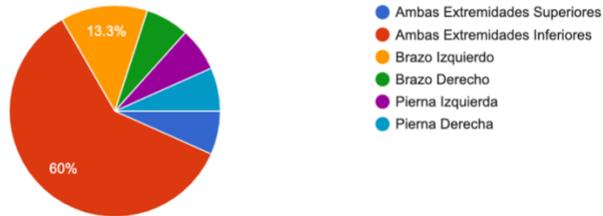
2.- Sexo:

29 respuestas



3.- ¿Qué parte de tu cuerpo tiene movilidad reducida o Movilidad nula?

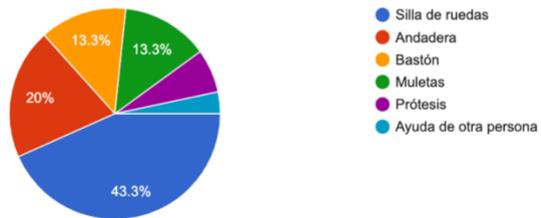
30 respuestas



4.- ¿Que instrumento de apoyo o habilitador utilizas normalmente para realizar actividades o desplazarte?

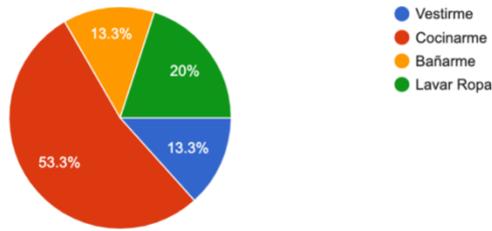


30 respuestas



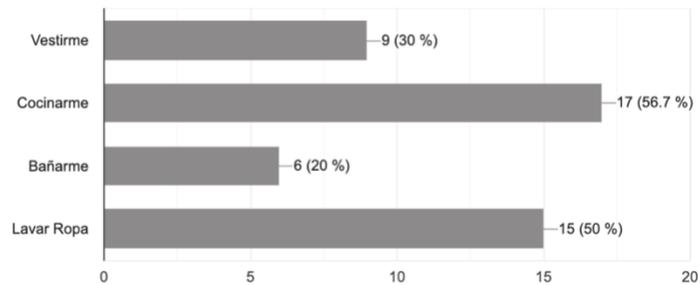
5.- ¿Qué actividad dentro del hogar requiere de mayor esfuerzo?

30 respuestas



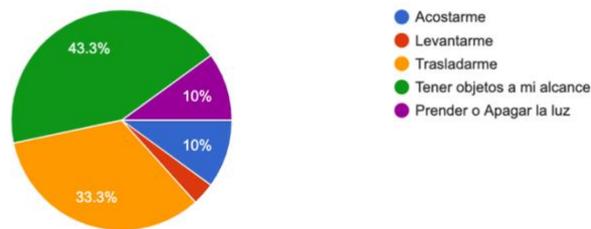
6.- ¿Para qué actividades es más común necesitar la ayuda de otra persona?

30 respuestas



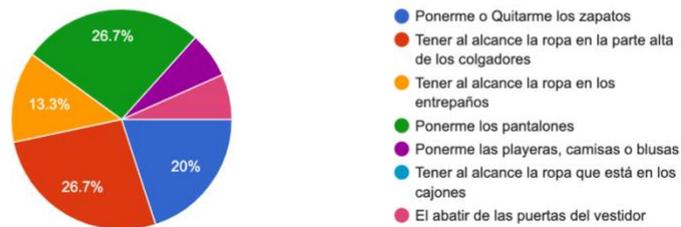
9.- ¿Qué es lo que más se te complica en la recámara?

30 respuestas



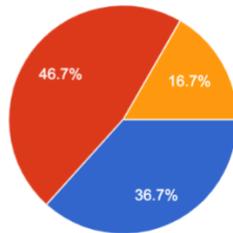
10.- ¿Qué es lo que más se te complica al momento de vestirte?

30 respuestas



11.- ¿Qué es lo que más se te complica al momento de lavar ropa?

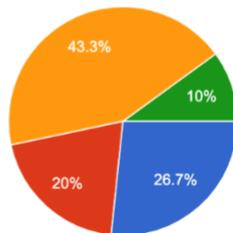
30 respuestas



- El acceso a la parte interna de la lavadora para meter o sacar ropa
- Colgar la ropa
- Destender la ropa

12.- ¿De qué manera crees que afecta el diseño del entorno y mobiliario para desenvolverte dentro del hogar?

30 respuestas



- No puedo desplazarme con facilidad
- Algunos muebles no están diseñados correctamente y actúan como limitante
- Dependo de otra persona para realizar ciertas actividades
- No tengo al alcance algunos objetos

Encuesta para personas con movilidad reducida.

Esta encuesta está diseñada para recopilar información acerca de las actividades que más se le dificultan a una persona que utiliza silla de ruedas dentro del hogar.

1. ¿Cuántos años tienes?

Marca solo un óvalo.

30-40

40-50

50-60

2. Sexo:

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

3. 1.- ¿En qué área del hogar usted requiere más apoyo utilizando la silla de ruedas?

Marca solo un óvalo.

Baño

Cocina

Vestidor

Dormitorio

Cesto de lavado

4. 2.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso del fregadero?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

5. 3.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso de la cubierta?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

6. 4.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso de la alacena?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

7. 5.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso dentro del refrigerador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

8. 6.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso dentro del congelador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

9. 7.-En esta actividad utilizando la silla de ruedas, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso arriba del refrigerador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

Encuesta para personas con movilidad reducida.

Esta encuesta está diseñada para recopilar información acerca de las actividades que más se le dificultan a una persona que utiliza silla de ruedas y el prototipo gama dentro del hogar.

1. ¿Cuántos años tienes?

Marca solo un óvalo.

30-40

40-50

50-60

2. Sexo:

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

3. 1.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso en el fregadero?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

4. 2.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso de la cubierta?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

5. 3.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso de la alacena?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

6. 4.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso dentro del refrigerador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

7. 5.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso dentro del congelador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				

8. 6.- En esta actividad utilizando la silla de ruedas y el prototipo gama, ¿cuánto requieres la ayuda de otra persona para tomar un vaso arriba del refrigerador?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy frecuente	<input type="radio"/>	Nunca				