

**SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES
CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLÉJÍA.**

**LEIDY ANDREA TAMAYO CARREÑO
JULIAN GUILLERMO FLÓREZ VARGAS**

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

2017

**SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES
CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLÉJÍA.**

**LEIDY ANDREA TAMAYO CARREÑO
JULIAN GUILLERMO FLÓREZ VARGAS**

Trabajo de grado para optar el título de: Diseñador industrial

**DIRECTOR DE PROYECTO:
JUAN CARLOS MORENO MUÑOZ
MSc en Diseño Industrial en el área de ergonomía**

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

2017

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios y mi familia, quienes por ellos son quién soy, a mis padres que me han dado la existencia; y en ella la capacidad para superarme, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mi perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos, por mostrarme en cada momento su apoyo incondicional, ya que son para mí una base de mi vida pues ellos me han sabido guiar, levantarme y sostenerme sin importar el camino y ubicándome antes de sus compromisos personales gracias por mostrarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr que con un poco de esfuerzo nada es imposible sin importar el tiempo y el espacio, por ayudarme con los recursos necesarios para cumplir mis sueños, a mis dos hermanas y mi hermano quienes con su apoyo, consejos, comprensión y amor en los momentos difíciles, me acompañan en la lucha día a día para lograr escalar y conquistar mi proyecto de vida.

Leidy Andrea Tamayo Carreño.

A mis padres, quienes confiaron siempre en mí, y apoyaron cada una de mis decisiones, a mis amigos y a sus familias quienes me apoyaron de forma incondicional en este camino de formación académica y crecimiento personal.

Julián Guillermo Flórez Vargas

AGRADECIMIENTOS

En la vida se presentan constantes retos, y uno de ellos son los estudios universitarios. Tras iniciar y ver la pronta culminación de estos, nos hemos dado cuenta que más allá de ser un reto es una base no solo para nuestra formación en el campo del diseño industrial, sino para lo que concierne a la vida.

Primero agradecemos a la Universidad Industrial de Santander por habernos admitido para ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar y crecer como personas de bien a la sociedad, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día. Agradezco también nuestro Asesor de Tesis el D.I. Juan Carlos Moreno Muñoz por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también tener toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Nuestro agradecimiento también va dirigido a I.E. Fernando Herreño Vanegas, I.S. Antoni Alexis Caicedo.

Y para finalizar, también agradecemos a todos los participantes en las encuestas y pruebas durante el desarrollo del proyecto la fundación Fandic.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO:.....	21
1.1 PREGUNTA DE DISEÑO	21
2. MARCO TEÓRICO:	24
2.1 ORIGEN DEL PROYECTO	24
2.1.1 Órganos que no se ven afectados por la lesión	27
3. OBJETIVOS.....	33
3.1 OBJETIVO GENERAL	33
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
4. CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO	34
4.1 CONTENIDO	34
4.2 ALCANCES.....	35
4.3 NORMATIVA.....	35
4.4 INTERFAZ	35
4.5 LÍMITES DEL PROYECTO	36
4.6 CAPACITACIÓN DEL ASPIRANTE	36
5. METODOLOGÍA	37
5.1 FASE 1. EXPERIENCIA DEL USUARIO	37
5.1.1 Comprender	37
5.1.2 Observar	37
5.2 FASE 2. IDEACIÓN	38
5.2.1 Identificar	38
5.2.2 Definir	38
5.3 FASE 3. SELECCIÓN	38
5.3.1 Idear.....	38
5.3.2 Comparar.....	39

5.4 FASE 4. DISEÑO Y EJECUCIÓN.....	40
5.4.1 Evaluar.....	40
5.4.2 Construir	40
6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA. (DISEÑO DEL PROGRAMA).....	41
7. FASE 1. EXPERIENCIA DEL USUARIO	43
7.1 COMPRENDER.....	43
7.2 OBSERVAR.....	54
7.2.1 Dispositivos para personas con discapacidad	54
7.2.2 Mecanismos para personas con discapacidad	56
7.2.3 Domótica asistida.....	58
8. FASE 2. IDEACIÓN	60
8.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.....	60
8.1.1 Recopilación de datos.....	60
8.1.2 Modelo de diseño participativo.....	62
8.1.3 Conclusión de los resultados obtenidos.....	70
8.2 MODELO FURPS	72
8.3 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	73
8.4 REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS.....	74
8.4.1 Requerimientos funcionales.....	75
8.4.2 Requerimientos ergonómicos	76
8.4.3 Requerimientos fiabilidad.....	77
8.4.4 Requerimientos rendimiento	79
8.4.5 Requerimientos soporte	79
8.4.6 Requerimientos estético formales.....	80
8.5 MÉTODO KANO	80
9. FASE 3. SELECCIÓN.....	86
9.1. IDEAR.....	86
9.1.1. Mapa de variables.....	86
9.1.2. Variable funcional.	87
9.1.2.1. Electrónica.	87

9.1.2.2. Mecánica.....	93
9.1.3 Variable digital	112
10. FASE 4. DISEÑO Y EJECUCIÓN.....	159
10.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS VARIABLES	160
10.1.1. Variable funcional.	160
10.1.2. Variable ergonómica.	171
10.1.4. Variable técnica.	179
10.1.5. Variable digital.	182
10.1.6. Variable formal estética.....	186
10.1.7. Propuesta de marca.....	192
10.2. RELACIÓN DEL SISTEMA.....	198
10.2.1. Instrucciones de instalación.....	200
10.3. CONSTRUIR.....	201
10.3.1. Planos.	201
10.3.2. Proceso de construcción.....	206
10.3.3. Diseño de empaque.....	207
10.4. VALIDACIÓN FINAL	210
11. CONCLUSIONES	216
11.1. RESPUESTA A LA PREGUNTA DISEÑO	216
11.2. HALLAZGOS	217
11.3. LIMITANTES.....	217
11.4. RECOMENDACIONES	218
BIBLIOGRAFÍA.....	219
ANEXOS	225

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Médula espinal (daño según localización)	25
Ilustración 2. Músculos extraoculares	28
Ilustración 3. Salud visual revisión “H” músculos extraoculares.....	29
Ilustración 4. Espectro electromagnético	30
Ilustración 5. Regiones del infrarrojo.....	31
Ilustración 6. Metodología	37
Ilustración 7. <i>Focus group</i>	39
Ilustración 8. Metodología interfaz gráfica.	41
Ilustración 9. Aspectos del proyecto.	43
Ilustración 10. Forma de adquirir una lesión medular.	45
Ilustración 11. Sector de la lesión.	47
Ilustración 12. Usuario primario.	52
Ilustración 13. Usuario secundario.....	53
Ilustración 14. Úlceras por presión.....	66
Ilustración 15. Úlceras por fricción.	66
Ilustración 16. Úlcera por cizalladura (posición de Fowler).....	67
Ilustración 17. Localización de úlceras en posturas.....	67
Ilustración 18. Ángulo de visión horizontal.	76
Ilustración 19. Postura ideal para ubicar la pantalla al usuario primario.	76
Ilustración 20. Mapa de variables.	86
Ilustración 21. Procesos electrónicos.....	87
Ilustración 22. Esclavo RF.	91
Ilustración 23. Maestro RF.....	91
Ilustración 24. Sistema bluetooth.....	91
Ilustración 25. Módulo bluetooth receptor.....	92

Ilustración 26. Módulo bluetooth emisor.	92
Ilustración 27. Tipos de ventana.	98
Ilustración 28. Dimensiones para ubicación de interruptores y toma corriente. ...	100
Ilustración 29. Modelo de habitación a escala.	102
Ilustración 30. Materiales segunda validación técnica.	106
Ilustración 31. Evidencia de validación dimensiones.	106
Ilustración 32. Evidencia de validación de velocidad.	106
Ilustración 33. Evidencia de validación energética.....	107
Ilustración 34. Primer modelo mecánico de apertura y cierre de ventana.	109
Ilustración 35. Rotura de pieza.	109
Ilustración 36. Segundo modelo mecánico para la apertura y cierre de la ventana.	110
Ilustración 37. Diámetros primitivos para engranajes del mecanismo.	111
Ilustración 38. Componentes del mecanismo de la ventana.	111
Ilustración 39. Modelado de carcasas interiores dentro del mecanismo de la ventana.	112
Ilustración 40. Exploración de la arquitectura con el <i>CardSorting</i>	114
Ilustración 41. Arquitectura de la información.	117
Ilustración 42. Análisis de tareas.	118
Ilustración 43. Modelo de papel propuesta A.	121
Ilustración 44. Pieza apuntadora.....	121
Ilustración 45. Modelo de papel prototipo B.	123
Ilustración 46. Método para cálculo de resultados	136
Ilustración 47. Prototipo de alta fidelidad.	137
Ilustración 48. Pantallas de validación.	138
Ilustración 49. Evidencia fotográfica.	149
Ilustración 50. Evidencia fotográfica.	150
Ilustración 51. Ángulos adecuados para el uso de un ordenador.	152
Ilustración 52. Posturas apropiadas y grados de las piezas del sistema.	156
Ilustración 53. Postura inapropiada.....	157

Ilustración 54. Evidencia fotográfica segunda validación ergonómica.	157
Ilustración 55. Variable funcional.	161
Ilustración 56. Sistemas del dispositivo controlador.....	162
Ilustración 57. Bocetos del dispositivo lector y controlador.....	163
Ilustración 58. Ubicación del dispositivo controlador lector y su conexión al ordenador.	164
Ilustración 59. Caja electrónica.....	165
Ilustración 60. Transformador.	165
Ilustración 61. Dimensiones de caja eléctrica.	166
Ilustración 62. Diseños de carcasa interna para interruptor y tomacorriente.	167
Ilustración 63. Modelo corregido de carcasa interna. (Interruptor y tomacorriente).....	167
Ilustración 64. Propuestas y competencia para QFD.....	168
Ilustración 65. Bocetos de soportes mecánicos.....	171
Ilustración 66. Ubicación de componentes con respecto a la postura del usuario.	173
Ilustración 67. Modelo general de diseño centrado en el usuario.	174
Ilustración 68. Categorización de elementos del sistema ergonómico en la habitación del usuario en estado de cuádruplejía.	176
Ilustración 69. Manual de uso y recomendaciones.	178
Ilustración 70. Durabilidad de las piezas.....	180
Ilustración 71. Affordance de carcasa interna de interruptor y toma corriente.	181
Ilustración 72. Validación iconográfica.....	182
Ilustración 73. Interfaz gráfica definida.	183
Ilustración 74. Modelos digitales.....	184
Ilustración 75. Retroalimentación visual.....	185
Ilustración 76. Retroalimentación sonora.....	185
Ilustración 77. Relación de formas del logo símbolo.....	188
Ilustración 78. Propuestas de fuente para logo símbolo.	189
Ilustración 79. Negativo del logo símbolo.	189

Ilustración 80. Psicología del color en logo símbolos.....	190
Ilustración 81. Propuestas de color del logo símbolo.....	191
Ilustración 82. Logo símbolo <i>System Be</i>	191
Ilustración 83. Propuesta de marca.	192
Ilustración 84. Abstracción de la forma.	193
Ilustración 85. Bocetos iniciales de la familia de objetos.	194
Ilustración 86. Modelos preliminares.....	195
Ilustración 87. Líneas de ojo.	195
Ilustración 88. Comparación de <i>System Be</i> con lo existente.	197
Ilustración 89. Familia de objetos y la interfaz gráfica.....	198
Ilustración 90. Ubicación de <i>System Be</i> en la habitación del usuario.	199
Ilustración 91. Manual de instalación.....	200
Ilustración 92. Planos carcasa ventana.	202
Ilustración 93. Planos Interruptor.	203
Ilustración 94. Planos toma corriente.....	204
Ilustración 95. Planos dispositivo controlador.	205
Ilustración 96. Piezas para el termo formado.....	206
Ilustración 97. Registro fotográfico construcción de prototipo.....	207
Ilustración 98. Evidencia fotográfica validación final.....	211
Ilustración 99. Secuencia de uso iluminación	241
Ilustración 100. LEYESnda simbología eléctrica.....	246
Ilustración 101. Pieza elaborada en ABS.....	247
Ilustración 102. Diagrama esqueletico de comunicación remota bluetooth.	248
Ilustración 103. Point n-click.	256

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Causas de LM Traumática.....	46
Tabla 2. Resultados encuesta. Identificación del usuario primario.....	50
Tabla 3. Resultados encuesta. Identificación del usuario secundario.....	51
Tabla 4. Modelo participativo requerimientos.....	62
Tabla 5. Voz del usuario primario.....	63
Tabla 6. Voz del usuario secundario.....	64
Tabla 7. Voz del usuario.....	71
Tabla 8. Tipos de requerimientos FURPS.....	72
Tabla 9. Modelo FURPS aplicado.....	73
Tabla 10. Requerimientos funcionales.....	75
Tabla 11. Requerimientos ergonómicos.....	76
Tabla 12. Requerimientos fiabilidad.....	77
Tabla 13. Requerimientos de rendimiento.....	79
Tabla 14. Requerimientos de soporte.....	79
Tabla 15. Requerimientos formales estéticos.....	80
Tabla 16. Método Kano.....	81
Tabla 17. Resultados del método KANO.....	82
Tabla 18. Resultados método KANO.....	83
Tabla 19. Resultados R.F.....	91
Tabla 20. Resultados Bluetooth.....	92
Tabla 21. Área de apartamentos y casas en los últimos 10 años.....	94
Tabla 23. Dimensiones recomendadas de alcoba.....	96
Tabla 24. Resultados de segunda validación técnica.....	105
Tabla 25. Sistema para validacion de arquitectura de la información.....	113
Tabla 26. Resultados del modelo mental.....	115

Tabla 27. Resultados de <i>cardsorting</i> .	116
Tabla 28. Resultados prototipo A.	122
Tabla 29. Resultados prototipo B.	124
Tabla 30. Resultados prueba iconográfica luz.	127
Tabla 31. Resultados prueba iconográfica ventana.	128
Tabla 32. Resultados prueba iconográfica puerta.	129
Tabla 33. Resultados prueba iconográfica cortina.	130
Tabla 34. Resultados prueba iconográfica películas.	131
Tabla 35. Resultados prueba iconográfica juegos.	131
Tabla 36. Resultados prueba iconográfica ventilador.	132
2. Tabla 37. Resultados de validación iconográfica protocolo 2.	134
4. Tabla 38. Resultados de validación iconográfica protocolo 2.	135
Tabla 39. Aspectos a evaluar ergonómicamente.	140
Tabla 40. Tabulación de resultados de encuesta ergonómica.	149
Tabla 41. QFD.	169
Tabla 42. Datos de utilización	245
Tabla 43. ABSplus™	247

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Consentimiento Informado para Participantes de Investigación	225
ANEXO B. Encuesta identificación del usuario primario.....	228
ANEXO C. Encuesta TIPO 1 (Se aplicara a las personas en estado de cuadriplejía y familiares).....	230
ANEXO D. Encuesta TIPO 2 (Se aplicara a especialistas de la salud y familiares).....	233
ANEXO E. Rango de movilidad de hombres y mujeres por edad percentil.	236
ANEXO F. Cuestionario método KANO (Se aplicara a especialistas de la salud, familiares y persona en estado de cuadriplejía)	237
ANEXO G. Secuencia de uso del sistema (iluminación)	241
ANEXO H. Encuesta constructoras regionales	243
ANEXO I. Puntos de Utilización	245
ANEXO J. Características de materiales usados en el mecanismo de la ventana.	247
ANEXO K. Diagrama esquelético del sistema electrónico comunicación remota bluetooth.....	248
ANEXO L. Prueba iconográfica	250
ANEXO M. Prueba íconográfica 2.....	252
ANEXO N. Anotaciones primera validación ergonómica.	254
ANEXO O. Íconos de point n-click.	256
ANEXO P. Tabulación de resultados primera prueba ergonómica.	257

RESUMEN

TÍTULO. Sistema domótico mediante el uso del software libre EYES control para personas con cuadriplejía.*

AUTORES. TAMAYO CARREÑO, Leidy Andrea**
FLÓREZ VARGAS, Julian Guillermo**

PALABRAS CLAVES. Tetraplejía, Cuadriplejía, Médula espinal, Domótica, Movimiento ocular.

CONTENIDO.

En el presente proyecto de investigación se llevó a cabo un estudio de personas en estado de cuadriplejía detectando que la causa de esta condición está dada por daños en la médula espinal, estos son ocasionados generalmente por accidentes, como: caídas desde alturas considerables, mala ejecución de un clavado, accidentes automovilísticos, entre otros. Los accidentes son más frecuentes en adultos y adolescentes y en muchas culturas es el doble de común en los hombres que en las mujeres. Debido a la lesión las personas se ven sometidas a una parálisis total o parcial, este daño en la médula imposibilita a la persona sometiéndola a constantes terapias y padecimientos, puesto que este daño conlleva a nuevas enfermedades que de no ser tratadas correctamente y de forma continua pueden causar daños aún más graves. Las personas cuadripléjicas no solo se ven limitados, sino dependientes de personas para realizar acciones que les permitan seguir con vida, como su alimentación, aseo personal y movilidad, estas actividades son realizadas por familiares, amigos y especialistas de la salud, alimentando en ellos la idea degradante de ser una carga para sus familiares y amigos, incluso careciendo de la posibilidad de comunicación sonora pues no pueden hablar debido a que un respirador artificial les restringe el paso del aire por sus cuerdas vocales. Por este motivo se desarrolló para dichas personas un sistema domótico, con el propósito de contribuir a la realización de tareas cotidianas con ayuda del software libre *EYES-control*, sistema que es controlado por medio del movimiento ocular porque este es uno de los órganos que no se ven afectados tras la ruptura o lesión de la médula espinal, y puede así facilitar su comunicación con el entorno.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto: DI. Juan Carlos Moreno Muñoz.

ABSTRACT

TITLE: Home automation system using free software eyes for people with a quadriplegia.*

AUTHORS TAMAYO CARREÑO, Leidy Andrea**
FLÓREZ VARGAS, Julian Guillermo**

KEYWORDS: Tetraplegia, quadriplegia, spinal cord, Smart Home, eyes movement.

CONTENT

In this research Project it was carried out an study about quadriplegia state people, where it was detected the cause of this condition is been given by wounds in the spinal cord, this are generally caused by accidents like fall from great highs, the bad execution of an sport activity, traffic accidents and more, those are frequently on adults and young people, sometimes in different cultures are twice common in male than in female. The injury make people undergo to a partial or a total paralysis of the body. This wound in the spinal cord force people to keep constant therapy because if it isn't threat in the right and constantly way could cause serious injuries in the future. People in quadriplegia state it isn't limited, they just need of somebody else to do different daily actions to continue with their life's like eat, clean themselves and move from a place to another, this activities are been doing by parents, friends and health specialist, feeding the idea of they are a charge for their families and friends. Sometimes are mute what reduce the ability to communicate ideas to another person because they have to use an oxygen valve that restrict the air pass through the vocal cords, that's why it's developed a domotic system for those people, with the aim of contribute to the making of daily tasks using an EYES controlled free software, which it's been controlled through the ocular movement because the EYESs are organs that isn't affect by the rupture or injury of the spinal cord, and in this way make easier their communication with the environment.

* Undergraduate thesis.

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Project Manager: DI. Juan Carlos Moreno Muñoz.

INTRODUCCIÓN

La tecnología está viviendo desde hace más de una década, un período de gran agitación en el ámbito mundial derivado y propiciado por la necesidad y el deseo de encontrar el camino que lleve a progresar y mejorar la calidad de vida. Actualmente el uso de la tecnología hace parte importante de la vida cotidiana de cada ser humano, debido a que le permite desarrollar diversos tipos de actividades, entre estos comunicarse e incluso formarse académicamente. Sin embargo no todas las personas tienen acceso a estas tecnologías de manera fácil debido a los costos y la falta de inclusión social.

El objetivo de este proyecto es hacer consciencia del entorno de las necesidades y complicaciones a las que se enfrentan las personas con lesión medular clasificadas según la ASIA (Asociación Americana de Lesión Medular) en “grado A”, nivel completo causada por accidentes, para poder realizar las actividades de la vida cotidiana, y diseñar una herramienta que le brinde una mejora en la calidad de vida. Según la Organización mundial de la salud (OMS), el 15 por ciento de la población mundial está afectada por alguna discapacidad física, psíquica o sensorial, que dificulta su desarrollo personal y su integración social, educativa o laboral. Tal porcentaje equivale a 900 millones de personas. (Lugo Agudelo & Seijas , 2012)

Afortunadamente existen diferentes software libres que permite el uso para crear avances en herramientas que permitan una interacción con el ordenador sin tener contacto físico. Una de las herramientas planteadas para lograr tal fin es *EYES CONTROL* o controladores del computador por medio del movimiento ocular, donde se utiliza una cámara de video que permita capturar las imágenes en tiempo real. Respecto a la iluminación en la zona de la imagen, se recurre a un

LED (*Light-Emitting Diode*) emisor de infrarrojo, ya que este tipo de luz no es percibida por el ojo humano, por lo que se evita cualquier molestia como dilatación de la pupila o encandilamiento. Adicionalmente, resulta necesaria la aplicación de diversas técnicas para lograr obtener una imagen del ojo con áreas significativas que pueden ser tratadas con el fin de lograr el movimiento del cursor, en la medida en que dichas áreas cambian de acuerdo a ciertos parámetros todo este sistema controla de manera remota un mecanismo que con solo fijar la mirada en un ícono le permitirá encender o apagar la luz, abrir o cerrar la ventana, todo ello con el fin de brindar a la persona en estado de cuadriplejía la posibilidad de comunicarse con el entorno y brindar menor dependencia.

1. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO:

1.1 PREGUNTA DE DISEÑO

¿En qué porcentaje permite un dispositivo basado en un sistema domótico realizar tareas cotidianas a personas en condición de cuadriplejía?

En el 2011 la OMS dio a conocer que el 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, en Latinoamérica las prevalencias son más altas, Colombia con prevalencia media del 6.3% de la población, equivalentes a 2.624.898 Colombianos (Lugo Agudelo & Seijas , 2012). De acuerdo al censo realizado en el 2005 el tipo de discapacidad más frecuente es la motriz originada por diversas enfermedades o accidentes (Lugo Agudelo & Seijas , 2012) (Henao Lema & Pérez Parra, 2010). Los accidentes a diario ocasionan traumas que dejan daños irreversibles, en los países desarrollados 60% de los casos por traumatismos resultan en lesiones medulares y cerca del 80% en países en vía de desarrollo como Colombia, los traumas son ocasionados con mayor frecuencia por herida de arma blanca o fuego (20 - 60%); accidentes de tránsito con una incidencia global importante (12 – 63%) y en menor porcentaje las caídas de altura, los accidentes deportivos y laborales. Si bien, la lesión medular se considera como “uno de los problemas que mayor impacto personal y social producen, pues la persona, y su familia, modifican su forma de vida, alterando su perfil laboral y consecuentemente su actividad productiva” (Henao Lema & Pérez Parra, 2010).

La lesión medular es descrita de acuerdo al sitio de las lesiones en la médula espinal. Los médicos utilizan letras y números para describir el sitio donde su médula espinal ha sido lesionada. La lesión medular completa, es llamada:

cuadruplejía, significa que la parte de médula espinal que está dentro de su cuello ha sido lesionada causando la pérdida de sensibilidad y movimiento en sus brazos, piernas y torso (Justi T. & Aguirre G., junio 2-9,2009) (Gomez Diaz , Sossa Rojas , & Torres Marmolejo , 2012) (Morales Mancilla , Cossío Martínez, Guerra Crespo, Guzmán Sánchez, & Ríos Toledo , 2013), pero, en este caso los músculos de los ojos, la capacidad intelectual y la visión no se ven afectados (Rubio Ramos. & Betancourt Uscategui, 2006). Ciertamente esta condición inhabilita a las personas para realizar sus actividades diarias, ocasionando grandes cambios en su forma de vida, y su estabilidad emocional (Morales Mancilla , Cossío Martínez, Guerra Crespo, Guzmán Sánchez, & Ríos Toledo , 2013).

Por otra parte, el concepto de discapacidad ha estado cambiando junto con la humanidad, aunque no se ha consolidado, hoy en día se reconocen los derechos; se valora no sólo en aspectos relativos a la condición de salud, sino los relacionados con la vida diaria y la posibilidad de que sigan participando activamente en su medio social (Gomez Diaz , Sossa Rojas , & Torres Marmolejo , 2012). Por eso, existen diferentes organizaciones empeñadas en mejorar la función y la calidad de vida de las personas discapacitadas (Velarde Jurado & Avila Figueroa , 2002). Además, se ponen a servicio las diferentes herramientas tecnológicas para realizar investigaciones, desarrollo e innovación de productos con la intención de lograr un diseño universal (Dolores , y otros, 2003) (Henao Lema & Pérez Parra, 2010).

Por dichas razones este proyecto pretende integrar la tecnología actual, logrando que una persona con cuadruplejía pueda interactuar con su entorno por sí misma, para que se sienta motivada, recupere su autosuficiencia, eleve su autoestima y calidad de vida, pero, ¿permitirá un dispositivo aumentar la autosuficiencia e independencia en personas con cuadruplejía? Para esto se estudiarán las capacidades motoras que tiene una persona cuadruplejía, logrando establecer sus límites y opciones para iniciar su independencia, luego se explorarán los diferentes

recursos tecnológicos, teniendo en cuenta los avances y estudios realizados en esta y otras áreas, para finalmente desarrollar un sistema domótico que será el camino a dicha autosuficiencia.

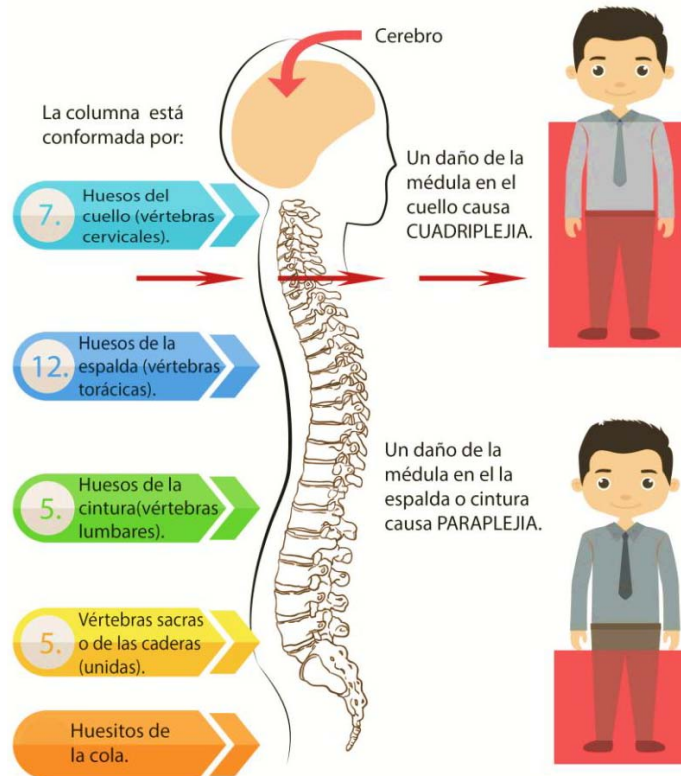
La salud de las personas suele verse afectada a lo largo de la vida, algunas de las enfermedades o lesiones causan incomodidades o limitantes temporales. En ocasiones esas limitantes permanecen sin posibilidad de mejora, causando estrés, desasosiego, ansiedad y depresión en quienes la padecen. El estado de cuadriplejía es una limitante que se padece de forma física, consiste en la pérdida de sensibilidad y control del sistema nervioso motor. La virtud principal del hombre no se halla en la maestría con que puede mover su cuerpo, sino en su capacidad de imaginar, comprender, interpretar y comunicar sus pensamientos, esto es lo que motiva a encontrar soluciones que le posibiliten expresarse, devolviéndole así su motivación.

2. MARCO TEÓRICO:

2.1 ORIGEN DEL PROYECTO

La médula espinal consta de fibras nerviosas que son las encargadas de transmitir los mensajes entre el cerebro y las diferentes partes del cuerpo. Las fibras nerviosas constituyen el sistema de comunicación del organismo. Las lesiones de la médula espinal implican el daño de los nervios dentro del canal espinal, la mayoría de ellas son causadas por traumatismo en la columna vertebral, afectando así la capacidad de la médula de enviar y recibir mensajes del cerebro hacia y desde los sistemas corporales que controlan la función sensorial, motora y de autonomía por debajo del nivel de la lesión.

Ilustración 1. Médula espinal (daño según localización)



Usualmente, el daño de la médula espinal resulta de una caída de un árbol, un accidente en automóvil, un clavado, una herida de bala u otras lesiones; el accidente rompe o hiere la médula espinal en la espalda o el cuello y la persona queda paralizada. El daño de la médula espinal es más común en adultos y adolescentes. En Colombia, es el doble de común en hombres que en mujeres (org, 2011).

La cuadriplejía es la pérdida de sensibilidad y del control de movimiento desde el cuello o el pecho hacia abajo, incluyendo las extremidades superiores e inferiores. Afecta el control del sistema urinario e intestinal, paraliza los músculos del pecho afectando la respiración, se reduce el control de las glándulas sudoríparas, que están controladas por el sistema nervioso simpático, del mismo modo, la regulación de la temperatura, ya que los neurotransmisores no reconocen los

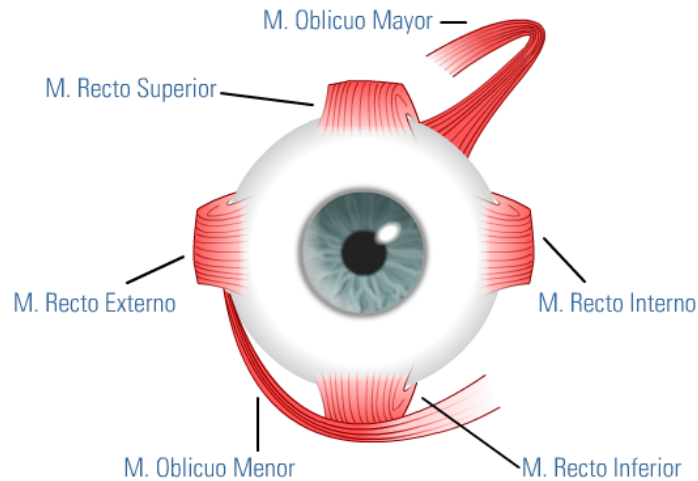
estímulos y no logran mantener la temperatura estable, la inactividad debido a la cuadriplejía puede causar problemas adicionales, como: llagas por permanecer en la cama o en una postura invariable, miembros espásticos, neumonía, infección de las vías urinarias, debilitación de los huesos y dolor crónico. Las complicaciones a la que están expuestos los pacientes con lesiones medulares se dividen en los siguientes: aspectos biológicos, aspectos psicológicos, aspectos sociales (org, 2011).

- **Aspectos biológicos:** Incluyen infecciones, trastorno de alimentación y evacuaciones, la pérdida es generalmente sensorial y motora, lo que significa que tanto la sensación y el control se pierden. El síntoma más evidente es el deterioro de las extremidades, donde también se ve afectado el funcionamiento del torso, esto puede significar una pérdida en el control del intestino y la vejiga, la función sexual, la digestión, la respiración y otras funciones autonómicas. Además, la sensación general está deteriorada en las zonas afectadas, esto puede manifestarse como entumecimiento, disminución de la sensibilidad o dolor neuropático quemante. Las personas cuadripléjicas a menudo son más vulnerables a las úlceras por presión, osteoporosis y fracturas, articulaciones congeladas, la espasticidad, las complicaciones respiratorias y las infecciones, trombosis venosa profunda y enfermedades cardiovasculares.
- **Aspecto social:** En la salud de las personas el grupo social que más influye es la familia, es una de las instituciones sociales más antigua y más fuerte. Sus miembros tienen una historia común, comparten rasgos genéticos, entorno, costumbres, creencias, actitudes generales y estilos de vida. En los días posteriores al accidente que ocasionó la lesión, los familiares pueden mostrar una desesperanza mayor que la del propio lesionado, es entonces cuando necesitan mayor apoyo psicológico para enfrentar la situación, para cuando el familiar afectado tenga conciencia de su actual estado, este grupo social anímicamente pueda brindar la ayuda psicológica que él necesita.

- **Aspecto psicológico:** Los pacientes con paraplejía y cuadriplejía también sufren depresión debido a aislamiento social, ausencia de apoyo emocional, aumento de la dependencia hacia los demás, no existe una personalidad y/o formas de reaccionar únicas del lesionado medular, es decir, cada individuo reacciona a su lesión según su personalidad, la cual está en función de su infancia, herencia y medio que le rodea. La lesión rompe el tipo de vida, equilibrio y proyectos que el individuo había establecido, surgiendo la creencia de que la vida, tal como se conoce, no se puede continuar y esto genera tristeza, sentimientos y deseos de morir para no estar en esa situación. Las primeras reacciones emocionales son: ansiedad, angustia y miedo, siendo estas reacciones psicológicas normales y esperadas, frente a cualquier lesión grave que implique secuelas. Las principales causas de depresión en personas en estado de cuadriplejía son; el aislamiento social, la ausencia de apoyo emocional y el aumento de la dependencia hacia los demás (Barro & Veramendi, 2012).

2.1.1 Órganos que no se ven afectados por la lesión En el caso de una lesión medular grave en alguna de las siete vértebras cervicales del cuello que acarrea a un estado de cuadriplejía, la persona contará con diferentes órganos que no se verán afectados, pero para el desarrollo de nuestro proyecto nos enfocaremos en órganos y movimientos con los que se pueda generar una respuesta externa, por esta razón analizaremos el movimiento ocular, ya que estudios neurológicos han demostrado que el movimiento del ojo está asociado con la activación de distintas partes del cerebro. El ojo está conectado al cerebro por un nervio y este accede a diferentes departamentos del cerebro según tenga necesidad, es una habilidad que tiene cada ojo, lo que es decir que cada ojo puede tener una respuesta diferente ante los estímulos de movimiento, sobre todo en los ojos que no se han desarrollado de igual manera (por diferencia de graduación, por ojo vago, por una desviación ocular, por una patología, etc.).

Ilustración 2. Músculos extraoculares

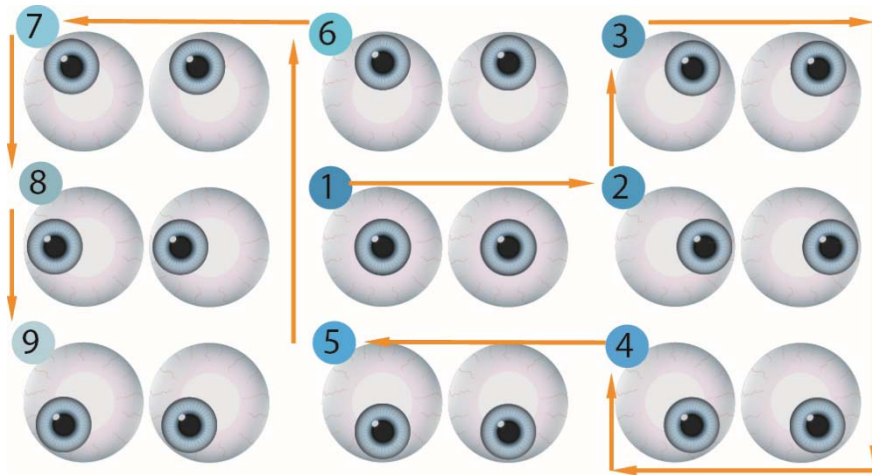


Existen varios tipos de movimientos, los cuales involucran los músculos extraoculares (Ilustración 2), entre estos se encuentran: -Fijación: es la habilidad que tiene la fóvea de mantener la imagen de un objeto de manera estable en la retina, mediante pequeños micro movimientos imperceptibles, de esta manera, permite ver dicha imagen clara; cuanto más estable, más claro se ve el objeto. - Seguimientos: es la habilidad de seguir un objeto en movimiento con nuestros ojos, lo ideal es hacerlo con la fóvea para que la imagen se mantenga enfocada. - Sacádicos: es una habilidad más compleja, permite que nuestros ojos salten de un objeto a otro, si dicho salto se realiza con la fóvea será más preciso y se verá la imagen más clara. Pero en esta habilidad no sólo interviene la fóvea (o retina central) sino también la retina periférica, ya que ésta es la que nos orienta de la cantidad de salto que tenemos que hacer para que nuestro ojo llegue al siguiente objeto de forma precisa, sin quedarnos cortos o sin pasarnos. Funciona como un "sistema ON-OFF", es decir, cuando funciona la fóvea o retina central, no funciona la retina periférica y al revés.

Las posiciones de la mirada en el orden en que se deben examinar para revisar la movilidad extra ocular (que todos los músculos funcionen correctamente) se le denomina la H por el orden de las posiciones. Se coloca un objeto enfrente del

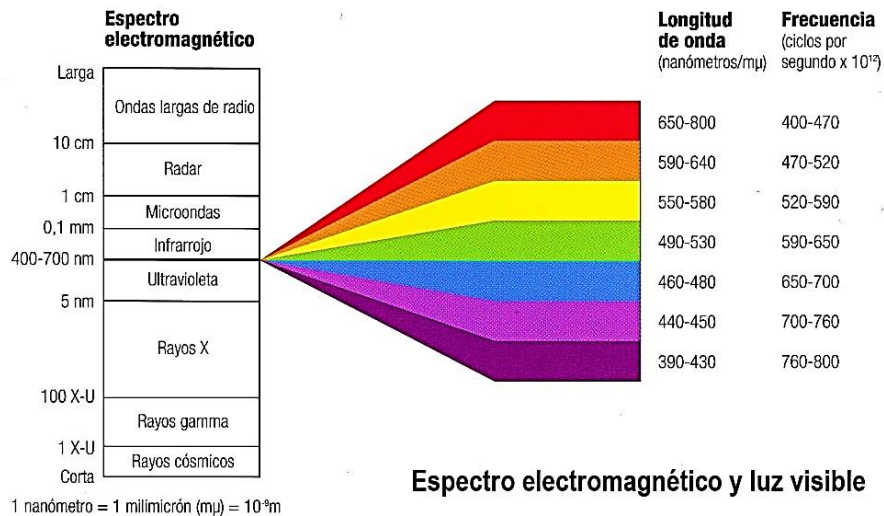
paciente y se comienza a mover en el orden marcado en la siguiente ilustración, este movimiento debe ser continuo, donde la primera posición se le conoce como posición primaria.

Ilustración 3. Salud visual revisión “H” músculos extraoculares



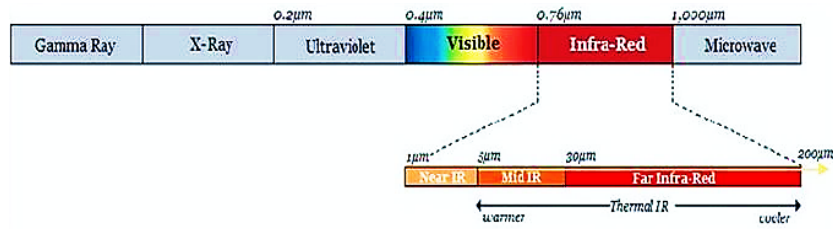
Para la lectura correcta y una mayor precisión en la detección del movimiento ocular se usan luces infrarrojas que son ondas largas de baja frecuencia indetectable a la vista, está solo es sensible y es percibida de forma calórica al igual que la luz, pertenecen al espectro electromagnético (Ilustración 4) y ha sido descrita de dos formas distintas: por Newton en el año 1672, como un fenómeno de partículas, y por Huygens en el año 1678 como un fenómeno de ondas. Actualmente se sabe que la luz puede comportarse en forma dual, ya sea como partículas durante el proceso de generación (transformación de energía) o como ondas en los procesos de conducción.

Ilustración 4. Espectro electromagnético



Todo tipo de objetos que tengan una temperatura distinta de cero absoluto emiten radiación infrarroja. El cero absoluto de temperaturas corresponde a la temperatura en la que todos los movimientos moleculares han cesado, y es la temperatura más fría que se puede obtener. Corresponde aproximadamente a -273 grados Celsius (o -460 grados Fahrenheit). Los físicos definen esta temperatura como cero grados Kelvin. En la escala Kelvin los grados tienen el mismo tamaño que en la escala Celsius, sólo es el punto cero lo que cambia. ¡Hasta los cubos de hielo emiten radiación infrarroja! En general la radiación infrarroja no afecta ni daña el lóbulo ocular, al menos aquella producida naturalmente por procesos físicos debido a que estas se encuentran en movimiento sin alterar la naturaleza de sus enlaces. (Rubio Ramos. & Betancourt Uscategui, 2006).

Ilustración 5. Regiones del infrarrojo



La tecnología ha jugado un papel importante a lo largo de la historia médica permitiendo mejorar la calidad de vida en pacientes con limitaciones. Aplicaciones tecnológicas en medicina como la silla de ruedas, los rayos X, el fibrilador, el respirador artificial, las prótesis, el yeso, etc., son el resultado de la aparición y aplicación de nuevas tecnologías permitiendo una recuperación más pronta o una vida más llevadera. En la actualidad existen diferentes herramientas que le permiten a las personas en estado de cuadriplejía realizar algunas acciones siendo estas bastante restringidas, no sólo por la poca movilidad de estas y del paciente para manipularlas, sino por los altos costos que devienen poseerlas, además la inexistente relación de comunicación entre ellas. Algunas de estas tecnologías son sillas de ruedas eléctricas, sillas de ruedas que se convierten en camillas, análisis y estudio de posturas para evitar la aparición de llagas, cojines para asientos que eviten llagas, técnicas de lenguaje diseñadas para la comunicación de pacientes sin posibilidad del habla, detectores de movimiento en lugares tan poco usuales como la nariz, los ojos (La electrooculografía (EOG)) y la lengua e incluso tecnologías en desarrollo que pretenden interpretar los pensamientos emitidos y recibidos directamente desde el cerebro del paciente.

Con base a estos estudios podremos crear herramientas para controlar nuestro entorno y mejorar algunos tratamientos médicos y así vincular, unir y relacionar varias de estas tecnologías emergentes (de uso libre) mediante la creación de interfaces físicas mentales y virtuales posibilitando a personas en estado de cuadriplejía comunicarse con su entorno, devolviéndoles la posibilidad de luchar

por sus medios y aportando a sus familias de forma tal que se disminuya en ellos la idea de que son una carga.

La domótica es una herramienta o sistema que permite manipular de forma remota el ambiente en una casa con el fin de controlar de forma eficiente los recursos de esta (agua, luz, gas, electricidad) aumentando el confort de sus usuarios. La domótica asistida (Alfonso Recuero, 1999) es la aplicación de la domótica pensando en usuarios con discapacidades físicas o personas de la tercera edad, facilitando el acceso a zonas de su hogar mediante el rastreo de movimiento, el control de las luces, la apertura, cierre de puertas y ventanas. También brinda seguridad mediante sistemas de alarma que detecta fugas de gas, humo (en caso de incendios), inundaciones, aperturas de puertas y ventanas de forma agresiva, informando y dando respuestas a cada uno de estas situaciones controlando las mismas mediante el cierre oportuno de válvulas, el accionamiento de sistemas contra incendios e informando a familiares y personas calificadas para cada situación. También monitorea los signos vitales de miembros específicos de la familia informando oportunamente sobre situaciones riesgosas o accidentes y previniendo mediante recordatorios la toma de medicamentos y controles médicos pendientes. En Colombia son varias las empresas que ofrecen servicio domótico con el fin de optimizar los recursos en el hogar, empresas como INSITE S.A.S., Insteon, TDI Colombia intervienen en el hogar para hacerlo más confortable, pero pocas como Casa Domo tienen sistemas pensados para personas con discapacidad o de la tercera edad.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo con base en un sistema domótico controlado por medio del movimiento ocular, dirigido a personas cuadripléjicas con el propósito de permitirles realizar tareas cotidianas para mejorar su calidad de vida.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Explorar el estado del arte para identificar las diferentes herramientas tecnológicas y productos existentes en el mercado, que se hayan desarrollado con el mismo fin o propósitos similares, aportando argumentos que contribuyan a la investigación.
2. Analizar de manera descriptiva las capacidades motoras de una persona con cuadriplejía, para establecer sus límites e identificar los requerimientos de diseño.
3. Proponer alternativas de diseño del sistema domótico que le permita al usuario mejorar su calidad de vida.
4. Evaluar las alternativas de diseño mediante la realización de pruebas técnicas y ergonómicas en personas cuadripléjicas, con el fin de identificar oportunidades de mejora en la usabilidad.
5. Rediseñar con base en las habilidades obtenidas durante la experimentación para fortalecer la interfaz del sistema.
6. Construir un sistema funcional, que permita satisfacer el objetivo del proyecto.

4. CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO

4.1 CONTENIDO

El proyecto contiene 4 componentes principales:

- **Tecnológico:**

Responde a la necesidad incorporando una ayuda electrónica para la recepción y análisis del movimiento ocular, junto con sensores que se integren a una red de energía eléctrica entre los objetos de uso cotidiano en el hogar y una ayuda informática por medio de un software para el control de la computadora que resulta ser lo más apropiado en aspecto sensorial para una adecuada interacción con una persona con discapacidad motriz total o cuadripléjica.

- **Ergonómico:**

Todos los componentes en contacto con el usuario serán propuestos y evaluados mediante pruebas ergonómicas que facilitan su interpretación y eviten posibles lesiones en los usuarios.

- **Psicológico:**

El sistema domótico brindará a las personas con cuadriplejía la posibilidad de controlar y comunicarse con su entorno.

- **Formal-Estético:**

Aspecto que concentra importancia en las funciones implicadas de las formas y texturas más adecuadas para la percepción de los usuarios definidos.

4.2 ALCANCES

- Lograr la integración funcional y estética del sistema domótico.
- Diseñar una herramienta que permita a una persona con cuadriplejía interactuar y realizar actividades cotidianas mediante el control del cursor del computador y así realizar actividades con menos dependencia.
- Construcción de un modelo físico adaptable y operable en el entorno de la persona cuadripléjica con sus debidas pruebas que comprueben el correcto funcionamiento de este.

4.3 NORMATIVA

- Norma UNE-EN ISO 9999-1999 – ayudas técnicas usado por una persona con discapacidad- Clase 21.
- Norma UNE 139801:2003 Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad. Requisitos de accesibilidad al ordenador. Hardware.
- Norma UNE 139802:2003 Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad. Requisitos de accesibilidad al ordenador. Software.
- Norma UNE 139803:2004 Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad. Requisitos de accesibilidad para contenidos en la Web.

4.4 INTERFAZ

- Para personas con cuadriplejía (discapacidad motriz total).

4.5 LÍMITES DEL PROYECTO

- Disponibilidad de las personas cuadripléjicas para la realización de pruebas y validaciones.
- Los recursos electrónicos, disponibilidad a nivel local.

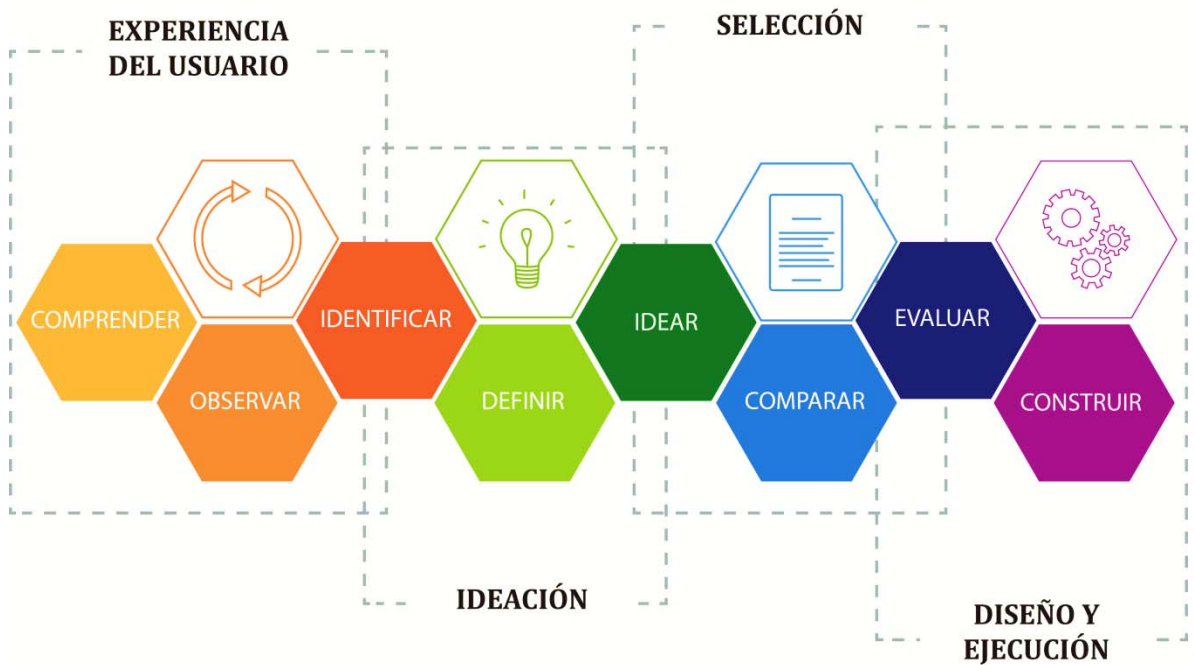
4.6 CAPACITACIÓN DEL ASPIRANTE

Asesorías de carácter exploratorio e investigativo, mediante consultas bibliográficas y ayuda de personal especializado en el tema, sobre los siguientes aspectos:

- Percepción de los discapacitados con cuadriplejía.
- Asesoramiento técnico en electrónica.
- Asesoramiento técnico en sistemas.
- Asesoramiento metodológico por parte del director del proyecto.

5. METODOLOGÍA

Ilustración 6. Metodología



5.1 FASE 1. EXPERIENCIA DEL USUARIO

5.1.1 Comprender Planteamiento de la descripción del proyecto, propuesta de valor, objetivos del proyecto, usuarios primarios, usuarios secundarios, suposiciones y restricciones, involucrados.

5.1.2 Observar Se realiza un análisis de las ayudas existentes o productos sustitutos que suplen dicha necesidad por medio de recopilación de información en (revistas científicas, libros, bases de datos electrónicas, internet, informes de investigación, consultas con expertos), concluyendo con una matriz comparativa.

5.2 FASE 2. IDEACIÓN

5.2.1 Identificar Se realiza una inmersión en el contexto de las necesidades de las personas con cuadriplejía a partir de la observación (cómo se comunica con su entorno), se realizan entrevistas individuales y guiadas, con las personas cuadripléjicas, así como la simulación del estado de discapacidad por parte de los proyectistas con el fin de asumir el rol de la discapacidad y comprender desde una experiencia más cercana la situación, que se documentará por medio de un registro audiovisual en miras a la obtención e identificación de los aspectos importantes, de las operaciones y funciones del producto.

5.2.2 Definir Posteriormente de crear los modelos interpretativos, a partir de los métodos mencionados en el punto anterior, y tomando muy en cuenta el enunciado de voz de las personas con cuadriplejía, se interpreta esta información en términos de requerimientos técnico-funcionales, ergonómicos y formal-estéticos.

5.3 FASE 3. SELECCIÓN

5.3.1 Idear Se realiza una lluvia de ideas del concepto de diseño del dispositivo, por medio de un *focus group* en el cual se busca generar múltiples puntos de vista para la creación y consolidación del concepto.

El *focus group* (o grupo focal) es un método o forma de recolectar información necesaria para una investigación, que consiste en reunir a un pequeño grupo de personas (generalmente de 6 a 12 personas) con el fin de entrevistarlas y generar una discusión en torno a un producto, servicio, idea, publicidad, etc.

Un *Focus Group* es una técnica de recolección de datos ampliamente utilizada por los investigadores a fin de obtener información acerca de la opinión de los usuarios, sobre un determinado producto existente en el mercado o que pretende ser lanzado, también puede realizarse a fin de investigar sobre la percepción de las personas en torno a un tema en particular.

Ilustración 7. Focus group



Los principios del *Focus Group* provienen de la Psicología Clínica, que en términos generales, indica que las personas escuchan, hablan y se comunican con mayor facilidad encontrándose en grupos. Lo anterior, sumado a ciertas técnicas de mercadeo ha dado origen a este tipo de entrevista grupal.

5.3.2 Comparar Se realiza una evaluación de los diferentes conceptos a partir de una matriz de selección donde se compare y analice los requerimientos frente a los conceptos propuestos para luego depurarlos y retroalimentarlos, buscando obtener el concepto general e integrador.

5.4 FASE 4. DISEÑO Y EJECUCIÓN

5.4.1 Evaluar Con los resultados obtenidos en las pruebas técnicas y ergonómicas, se tendrá la capacidad de validar y discutir los posibles aportes y mejoras en el refinamiento del diseño de la alternativa.

Pruebas técnicas y pruebas ergonómicas de valoración

En esta fase se plantean desarrollar 4 pruebas, dos de ellas pruebas técnicas y las otras dos pruebas ergonómicas, las cuales contarán con el diseño previo de un protocolo para la ejecución, evaluación y compilación de datos, tomando en cuenta los siguientes ítems:

- a) Definición del problema
- b) Objetivo
- c) Perfil de los aspirantes
- d) Diseño de la prueba
- e) Listado de tareas
- f) Recursos empleados
- g) Funciones de los responsables de la prueba
- h) Medidas de evaluación (variables)
- i) Contenido y presentación del informe (resultados)

5.4.2 Construir Verificación de planos y renders con la finalidad de comunicar las diferentes características de diseño y el final desarrollo del modelo funcional.

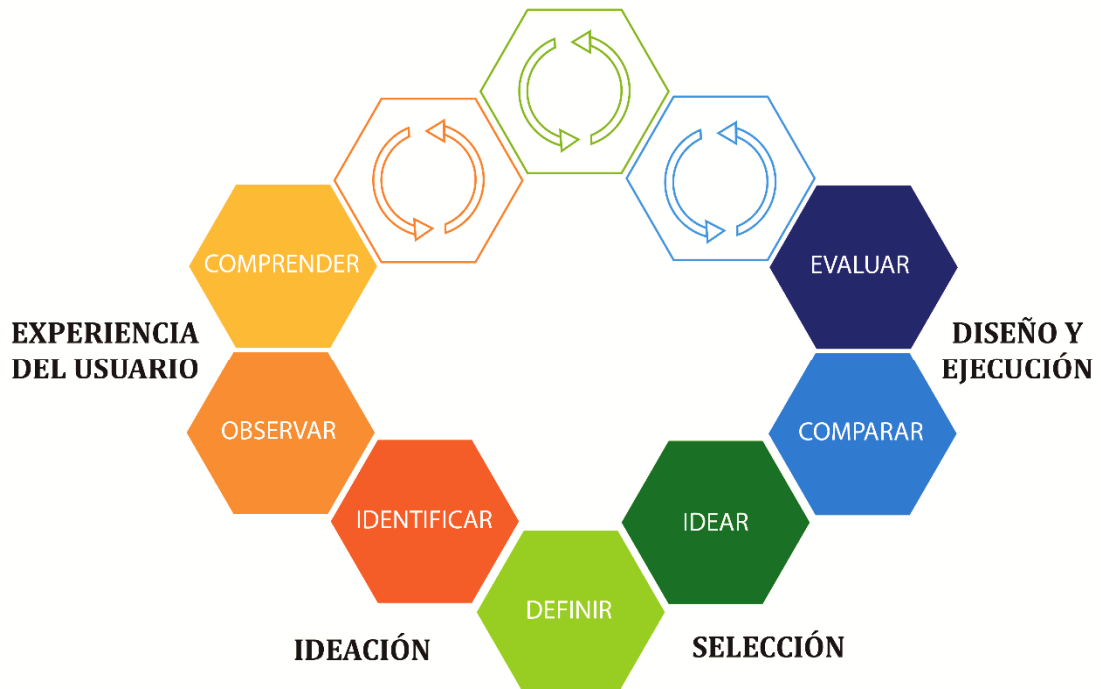
6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA. (DISEÑO DEL PROGRAMA)

El enfoque metodológico aplicado para el desarrollo de la interfaz gráfica es el diseño centrado en el usuario (DCU). Este propone una comprensión del contexto de uso, un profundo entendimiento del usuario, del entorno en el que se desarrolla el trabajo y las tareas del usuario.

Actividades

El DCU es un proceso cíclico en el que las decisiones del diseño están dirigidas por el usuario y los objetivos que pretende satisfacer el producto, y donde la usabilidad del diseño es evaluada de forma interactiva y mejorada, tal como se observa en la ilustración 8.

Ilustración 8. Metodología interfaz gráfica.



De acuerdo a la norma ISO 13407 dividir este proceso en cuatro fases.

Fase 1. Experiencia del usuario. Identificar a las personas a quienes se dirige el producto.

Fase 2. Ideación. Definir los requisitos que debe tener el producto.

Fase 3. Selección. Esta fase se divide en diferentes etapas secuenciales desde la primera solución conceptual hasta la solución final del diseño.

Fase 4. Diseño y ejecución. Esta fase es la más importante del proceso, en la que se validan las soluciones del diseño (el diseño satisface los requisitos) o por el contrario presenta problemas de usabilidad mediante una validación con usuarios.

Protocolo general de encuestas, verificaciones y evaluaciones de usuario.

Para llevar a cabo estas pruebas se cumplió con un procedimiento que permite realizarlas de manera ordenada.

- El encuestador contacta a los participantes.
- Saludo y se presentación e invitación a participar en la validación.
- Se indica el objetivo.
- Se realiza la firma del consentimiento informado. ANEXO A. Consentimiento Informado para Participantes de Investigación.
- Se indica el tiempo determinado.
- Se presenta la encuesta o se explica el tipo de tareas a realizar.
- El usuario responde la encuesta o realiza las tareas (si el participante tiene alguna duda el encuestador la aclara).
- Se toman apuntes y sugerencias además de videos y fotos del proceso dependiendo del permiso para realizarlo por el participante.

- Se agradece la participación.

7. FASE 1. EXPERIENCIA DEL USUARIO

Durante este proceso cada fase se realizó para tres aspectos del proyecto como se muestra en la ilustración 9. El proyecto se desarrolló mediante el uso de diferentes conocimientos y dos metodologías que se unen para concluir en el diseño completo del sistema domótico, es por esto que se subdividió en estos aspectos.

Ilustración 9. Aspectos del proyecto.



Para esta primera parte del proceso se establece la definición del tipo de usuario mediante un barrido de todos los aspectos de la lesión medular causante de cuadriplejía.

7.1 COMPRENDER.

Para la identificación del tipo de usuario al cual va dirigido nuestro proyecto se realiza una inmersión en el contexto del estado de las personas cuadripléjicas, sus familiares y amigos y especialistas de la salud y se realizó una encuesta en la región. Para el desarrollo de este proyecto es claro que se tienen dos tipos de usuario, un usuario primario (la persona en estado de cuadriplejía) y un usuario secundario (la persona encargada del cuidado).

Etimología de una lesión medular

La etimología (estudio sobre las causas de las cosas) de la lesión medular (LM) puede ser congénita o adquirida. Sin embargo, el primer caso está considerado más como una anomalía compleja del desarrollo de la médula espinal que una lesión. Los casos de LM congénita se conoce como “disrafismos espinales” (dícese de desórdenes en la proliferación celular). (Juan C. Jiménez-León, 2013) A pesar de que la alteración funcional también varía según el grado de mala formación y la clínica puede ser similar al de la LM adquirida, las lesiones congénitas suelen acompañarse de otras alteraciones a nivel del sistema nervioso central (SNC), como hidrocefalia con hipertensión intracraneal, que pueden generar déficits cognitivos, epilepsia y alteraciones visuales entre otros. Por lo anterior, para el desarrollo del proyecto nos centraremos en lesiones medulares adquiridas ya que para el uso del sistema domótico se debe tener un conocimiento básico de informática y no presentar daños cerebrales que le dificulten el aprendizaje.

Ilustración 10. Forma de adquirir una lesión medular.



Actualmente no existen datos fiables sobre la prevalencia de lesión medular, ya que las causas de LM no traumática son variadas y falta un registro fiable en el mundo, por tanto, en el país se dificulta confirmar datos sobre ellas. Por esto lo único que se puede afirmar es que en las últimas décadas la epidemiología de la LM ha cambiado con un mayor porcentaje de tetraplejías y lesiones completas. Además, actualmente se sabe que la LM traumática (cuadriplejía) se presenta más frecuentemente en menores de 40 años mientras que la no traumática en personas mayores de dicha edad. Por tanto, nuestro usuario se encuentra entre los 25 a 40 años de edad. Las lesiones medulares se han convertido día a día en la causante más común de discapacidad en Colombia se estiman 12 de 20 casos nuevos por millón de habitantes cada año. La relación por género es de 3:1 hombres por mujeres. La principal causa es traumática con predominio de accidentes de tráfico.

Causas de lesión medular Traumática (cuadriplejía)

Tabla 1. Causas de LM Traumática.

Tráfico	Automóvil: conductor, copiloto, pasajero Pasajeros de otros medios de transporte: autobús,... Atropellos: peatones, ciclistas,...
Deportivas/ Recreativas	Deportes de contacto: rugby, fútbol americano,... Deportes extremos: rapel, paracaidismo, parapente,... Otros: equitación, esquí, zambullidas,...
Laborales	Accidente con maquinaria pesada, caídas, soterramientos,...
Caídas	Domésticas, laborales...
Otras	Agresión: lesiones por arma de fuego, por arma blanca, traumatismos directos Autolisis

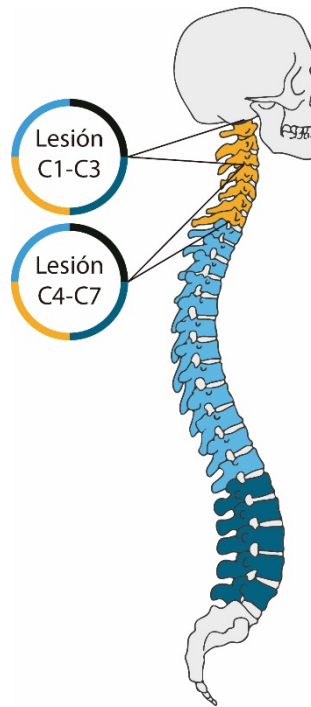
Capacidades funcionales del estado de cuadriplejía

Aunque no existen dos lesiones medulares iguales, de forma general se pueden establecer las capacidades funcionales de las personas de acuerdo con su nivel de lesión. Estas expectativas funcionales solo son orientativas.

De manera general algunos autores dividen las cuadriplejías en: cuadriplejías altas de C1-C5 que representan a las personas que resultaron con mayor grado de discapacidad y tetraiplejías bajas de C6-C8. La mayoría de las personas con cuadriplejía depende de una tercera para prácticamente todas sus actividades de la vida diaria. (intersocial, 2012) Para comprender con mayor claridad analizaremos estos el primer tipo de cuadriplejía o tetraiplejía dado que lo que se propone con el proyecto es mejorar la calidad de vida de las personas con el tipo

de lesión de mayor gravedad para así cerciorarnos de que esta se pueda adaptar a las demás.

Ilustración 11. Sector de la lesión.



Tetraplejia C1-C3

(Requieren de asistencia 24 horas al día)

Las personas con una lesión C1-C3 tienen afectación de la musculatura de las cuatro extremidades y del tronco. Requieren de respiración mecánica asistida a largo plazo. Actualmente se está estudiando la posibilidad de que algunos pacientes con características específicas pudieran ser candidatos a un marcapasos diafragmático para disminuir su necesidad de respirador. Sin embargo esta opción no es sencilla, por lo que cada caso debe ser evaluado de forma individual por los especialistas. Por la gran discapacidad que presentan, son totalmente dependientes para todas las actividades de la vida diaria, pueden beber

con asistencia y llegan a desplazarse en silla de ruedas eléctrica con adaptaciones especiales.

Tetraplejía C4

(Requieren de asistencia las 24 horas al día)

Las personas con una lesión C4 preservan cierto movimiento de los músculos de cabeza y de cuello, teniendo la posibilidad de elevar los hombros. Durante la etapa aguda es muy común que requieran de respiración asistida, aunque generalmente logran superar el uso del respirador posteriormente. Al igual que en las tetraplejías C1-C3, son dependientes para todas las actividades de la vida diaria, pueden ingerir líquidos con asistencia y utilizando pajitas. Son capaces de desplazarse en silla de ruedas eléctrica con adaptaciones especiales.

Tetraplejía C5

(Requieren de asistencia más de 16h al día y de productos de apoyo para poder solicitar asistencia en las horas restantes)

Las personas con lesión a nivel de C5, además de las funciones descritas, conservan la capacidad de flexionar el codo. En este caso es importante evitar la aparición de contracturas para mantener el balance articular del codo libre, es decir se debe evitar la flexión del codo y la supinación del antebrazo.

“La lesión medular, como se ha comentado, afecta a todos los órganos situados bajo el nivel de la misma. Implica mucho más que usar una silla de ruedas y, muchas veces, los problemas de movilidad no son los más importantes a los que nos debemos enfrentar.” (Et col, 2011)

Consecuencias Primarias

Los principales efectos de la LM en el cuerpo dependen del grado de afectación sensitiva motora y del sistema nervioso autónomo.

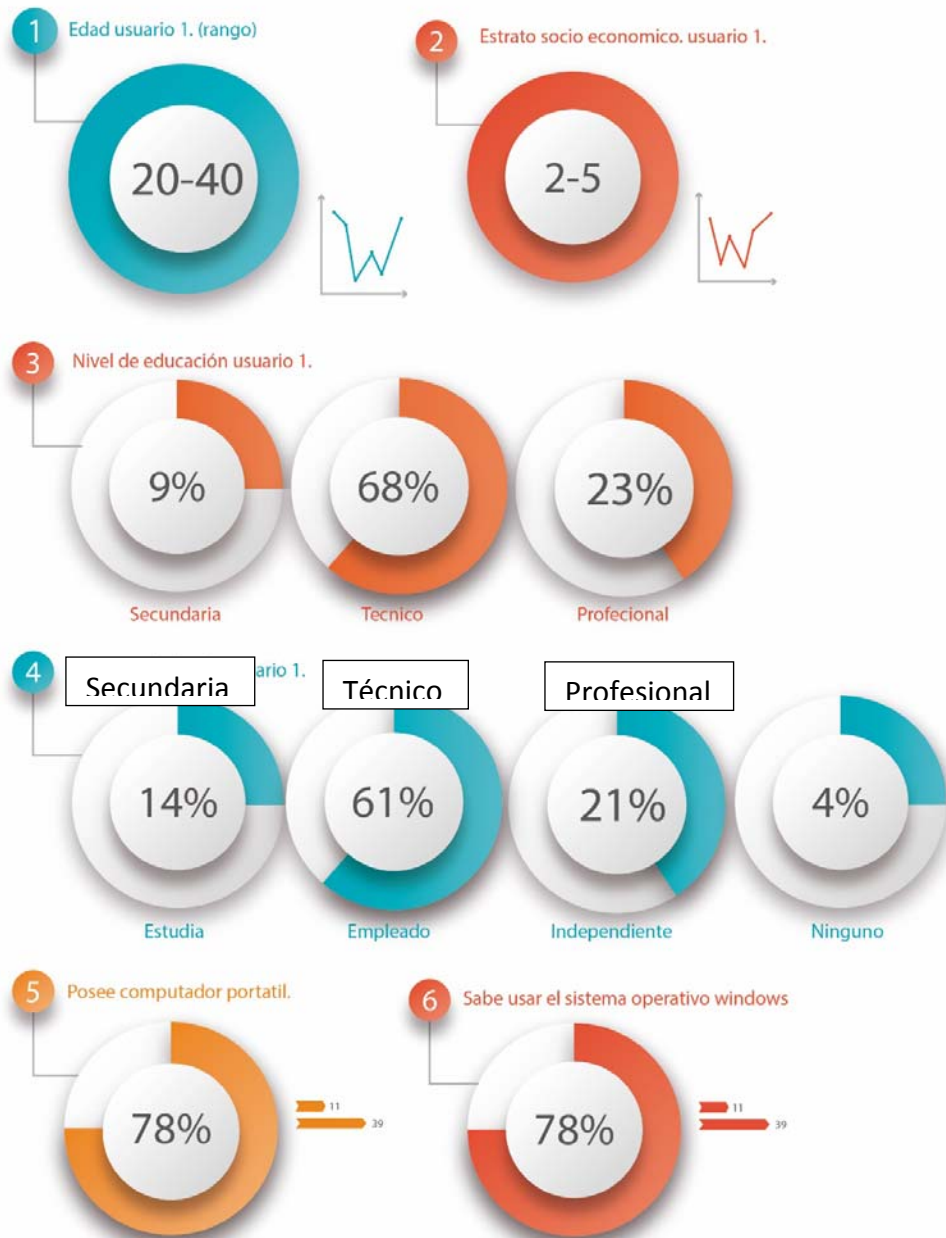
- **Función Motora:** La consecuencia más obvia de la LM es la plejía, o parálisis de la musculatura voluntaria, que provoca la pérdida del control de tronco y de las extremidades dificultando el desplazamiento en el espacio y afectando la capacidad de manipular el entorno.
- **Función Sensitiva:** Alteración o pérdida de la sensación al tacto, alteración o pérdida de la sensibilidad al dolor, alteración o pérdida de la sensibilidad termoalgésica (incapacidad para distinguir cambios de temperatura), alteración o pérdida de la propiocepción (capacidad para identificar en qué posición se encuentra alguna parte del cuerpo).
- **Función Autónoma:** Alteración de la Función Vesical e Intestinal; Vejiga Neurógena, Intestino Neurógeno. Alteración de la Función Sexual. Otras Alteraciones; Alteraciones de la Termorregulación, Alteración de la Función Respiratoria y del Reflejo de la Tos, Alteraciones Cardiovasculares.

Para concretar la identificación del tipo de usuario al cual va dirigido el proyecto se realizó una encuesta a nivel regional con la ayuda de dos fundaciones para contactar a las personas en estado de cuadriplejía y sus familiares. Formato de encuesta ver anexo 2. Encuesta identificación del usuario.

Participantes: 50 personas (personas en estado de cuadriplejía, familiares y especialistas de la salud).

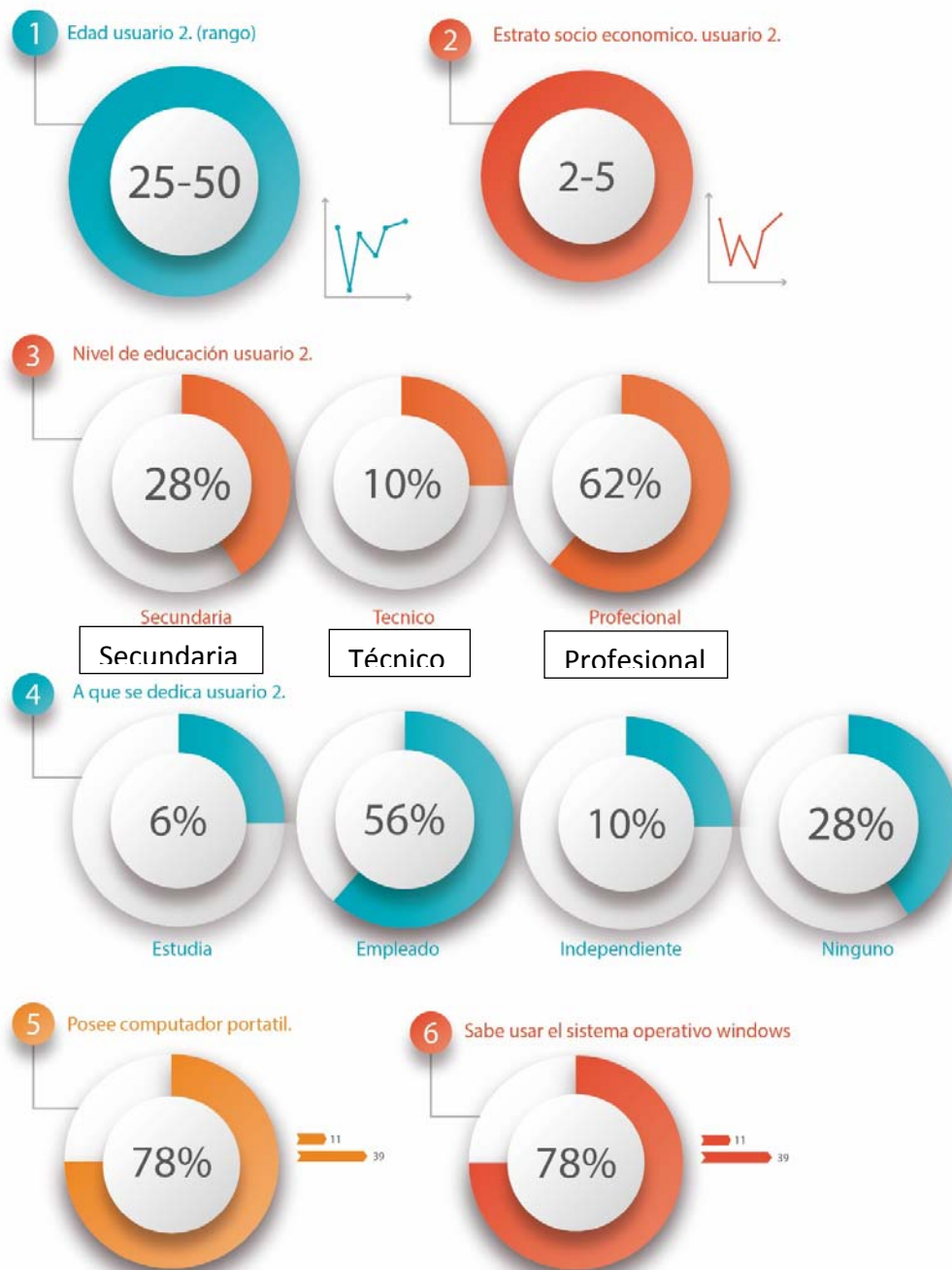
Resultados encuesta usuario 1

Tabla 2. Resultados encuesta. Identificación del usuario primario.



Resultados encuesta usuario 2

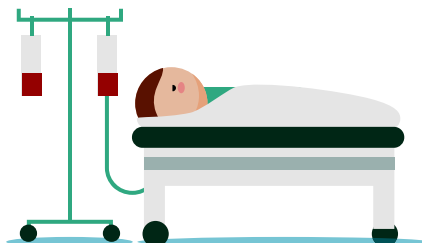
Tabla 3. Resultados encuesta. Identificación del usuario secundario.



ANÁLISIS USUARIO PRIMARIO

Sintetizando la información anterior, obtenemos los aspectos importantes para describir claramente el usuario a quien va dirigido el desarrollo de este proyecto.

Ilustración 12. Usuario primario.



Edad: 20 a 40 años

Estrato socioeconómico: 3-5 o estrato 1-2 con apoyo de alguna entidad pública o privada.

Formación educativa: educación básica secundaria con conocimientos básicos de uso de computadores.

Estado físico: persona con lesión en la médula espinal adquirida (con mínimo 6 años después de haber ocurrido el accidente y encontrarse en estado completamente consciente), que no presente daños graves a nivel cerebral que no le permitan comprender o recordar el uso del sistema operativo de un computador.

ANÁLISIS USUARIO SECUNDARIO

Este usuario o usuarios en el caso que la persona con la lesión reciba cuidado por más de una persona deben contar con los siguientes aspectos que le permita el uso del sistema domótico (para el desarrollo del proyecto no se tendrá en cuenta los conocimientos médicos que el usuario secundario debe poseer, al brindar las terapias a la persona en estado de cuadriplejía dado que este no es nuestro campo de estudio).

Ilustración 13. Usuario secundario.



Edad: 25 a 50 años

Estrato socioeconómico: 3-5 o estrato 1-2

Formación educativa: educación básica secundaria con conocimientos en el sistema operativo WINDOWS 7, 8 o 10. Además de saber el uso completo de un computador (ubicación de puertos USB, HDMI y otras de las bondades que brinda el computador portátil).

7.2 OBSERVAR

7.2.1 Dispositivos para personas con discapacidad



ECU/EADL

Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Escuela de Ingeniería de Antioquia (Colombia), el adjetivo polifacético se queda corto para describir la personalidad de este joven de sólo 27 años. Este prototipo, que es sólo una aplicación de dibujo guiada por el movimiento de las pupilas, el sistema de Cuartas permite controlar el entorno, y además, es más preciso y mucho más barato. Actualmente, existen seguidores en el mercado que requieren de instalaciones complejas y sofisticadas que disparan su precio hasta los 90.000 dólares (unos 66.200 euros). "Están dirigidos a personas con esclerosis lateral amiotrófica, parálisis, graves lesiones medulares.

QUADCONTROL

Actualmente Quadcontrol ofrece dos tipos de joysticks adaptados para SONY PlayStation 2 y Microsoft Xbox 360. El adaptado a la consola de Microsoft ofrece, por ejemplo, un botón para cambiar el joystick bucal entre el control "D" y otro para cambiar entre los controles análogos derecho e izquierdo, dos switches activados con los labios para L3 y R3, además de un tubo para Sorber y soplar (sip/puff).



THE EYES WRITER

Los integrantes de Free Art and Technology (FAT), OpenFrameworks, The Graffiti Research Lab. Y las comunidades EbelingGroup Han conformado un Equipo de trabajo con un legendario creador de grafitis, publicista y activista llamado TEMPTONE. Él fue diagnosticado con ELA en 2003, una enfermedad que lo ha dejado casi completamente paralizado, excepto sus ojos.



BUCLE

Es un dispositivo de control, que identifica los movimientos de la columna cervical como comandos de interacción en un video juego. Muchas personas con discapacidad podrán usar su nariz para escribir, manejar una silla de ruedas y navegar en internet, que trabaja con la aspiración (respiración a través de la nariz) y que involucra al paladar blando, controlado por nervios craneales.

BUILD AN EYESWRITER

El objetivo del componente de hardware del proyecto EYESWriter es hacer más sencillo y barato auricular posible seguimiento ocular para usar con el software EYESWriter.

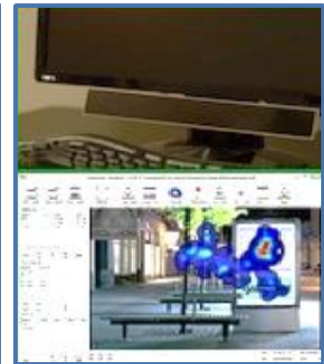


SMI EYES TRACKING GLASSES WIRELESS

Primeras gafas binoculares gafas de EYES tracking móviles para las pruebas de usabilidad, la investigación hopper, conducir estudios, el deporte y la ormación profesional, para neuromarketing móvil, aplicaciones en neurociencias y entornos virtuales y otros estudios de seguimiento de los ojos móviles de interior y al aire libre. precio 10.000 euros.

GAZEPOINT

Sistema de seguimiento de los ojos. Parte superior de la línea de rendimiento a un precio accesible para el consumidor con Análisis Gazepoint UX edición de software de seguimiento de los ojos. : Mapa de Calor, Contemple Fijación Camino, Captura de Pantalla / Imagen / Video / Web Multiple User Agregación de datos, Áreas dinámicas de interés (AOI), Imagen, vídeo y las estadísticas de exportación Pensar en voz alta voz y grabación de webcam, Actualizaciones de software de 1 año y soporte técnico, precio: \$ 1,895 USD.



7.2.2 Mecanismos para personas con discapacidad

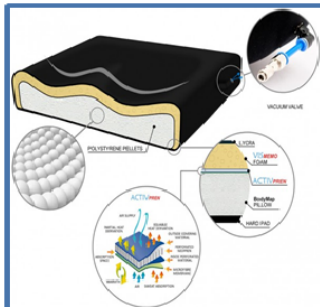


EL RE-WALK (TM) EXO ESQUELETO

El doctor Amit Goffer tras haber sufrido un accidente y permanecer en silla de ruedas y muletas durante un tiempo se unió al Instituto Israelí de Tecnología en su programa de investigación Technion Seed (Incubando Tecnológico) en donde desarrollaron una nueva opción para el desplazamiento de personas tetraplégicas de forma sedente permitiéndoles no solo volver a caminar sino subir y bajar escaleras de forma independiente. Re-Walk es un exo esqueleto que permite al usuario controlar sus pies por medio de comandos o acciones programadas. Re-walk es puesto a prueba en el centro médico Sheda en agosto del 2008.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA DISCAPACITADOS DEL HABLA

Alumnos de la universidad Iberoamericana a través de Grupo Tecnológico Santa Fe crearon un sistema de comunicación (habla) dirigido a personas imposibilitadas para hablar debido a lesiones físicas, traumatismos o enfermedades en el sistema fonador pero que tienen la capacidad del habla de forma intelectual; el sistema de comunicación consiste en un software, (un teclado virtual) en el cual el usuario selecciona, caracteres, palabras, por medio de las cuales se crean textos que luego son reproducidos de forma sonora por una computadora, El dispositivo se manipula a través de un de un joystick.



COJÍN PARA CUADRIPLÉJICOS AIRE ROHO ENHANCER

Una de las soluciones más elaboradas a uno de los problemas más complejos que devienen el estar en estado cuadripléjico las yagas o escaras es un cojín especializa-do BODYMAP el cual distribuye el peso o presión del paciente de forma uniforme sobre el área que lo soporta disminuyendo de forma significativa la aparición de úlceras por presión UP.

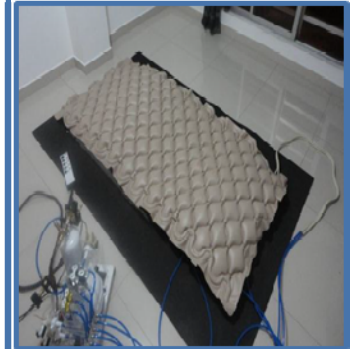


DETECCIÓN DE MOVIMIENTOS OCULARES

Electrónicos como Sistema de Apoyo a Discapacitados Motores Leopoldo López Toledo presentó un estudio detallado sobre el movimiento ocular y su detección a través de diferentes métodos (EOG, Lentes, Infrarrojo, VOG cámara cabeza, VOG cámara fija ojo, VOG cámara fija cabeza) analizando las ventajas y desventajas entre ellos proporcionando datos importantes para la comprensión selección y aplicación de estas tecnologías en diferentes entornos o situaciones de discapacidad facilitando diferentes tareas a todo tipo de personas.

SISTEMA AMORTIGUADLE PARA LA REDUCCIÓN DE ULCERAS

PATRICIA HERRERA SARAY Diseñadora Industrial de la Universidad Católica de Pereira realiza un estudio analizando los efectos causantes de las UP en pacientes con movilidad restringida, destacando estudios puntuales sobre las zonas donde aparecen, sus motivos y brindando una solución eficiente y económica para la prevención de las mismas por medio de un sistema que evita la presión puntual en el cuerpo del paciente y permite desplazar el cuerpo del mismo de una a otra posición de forma fácil sin manipular de forma directa al paciente previniendo la aparición de las escaras.



SILLA DE RUEDAS MULTIFUNCIONAL

La silla de ruedas multifuncional es una silla versátil pensada y construida para per-sonas parapléjicas o cuadripléjicas que aun conserven su sentido del habla, presen-tada en el 8 Congreso Iberoamericano de ingeniería mecánica en octubre de 2007 por grupo de investigación DAVINCI de la facultad de ingeniería de la Universidad Militar de Nueva Granada. Esta silla brinda al usuario la posibilidad de elegir y per-manecer en una posición determinada de forma autónoma permitiendo variar de posición el cuerpo del paciente a voluntad del mismo a tres posiciones principales (sedente, decúbito dorsal y de pie) e innumerables intermedias entre estas. Esta silla permite el desplazamiento de forma autónoma mediante el control de un mo-tor conectado a las ruedas delanteras por medio de un joystick o por medio de co-mandos de voz.

7.2.3 Domótica asistida



MODULOS DOMÓTICA X10 S110110

Sirve para conectar todo tipo de lámparas incandescentes (lámparas normales) a excepción de los focos halógenos. Estos dispositivos actúan como receptores de señal, es decir, reciben una orden através de la corriente eléctrica a la que están conectados y la ejecutan.

PULSERA BOTON EMERGENCIA POWERMAX PLUS

Este otro botón de pánico se puede llevar cómodamente en la muñeca como si fuera un reloj. Además es sumergible por lo que también puede usarse en el baño. El botón de pánico resulta ideal para personas mayores, enfermos, personas solitarias, o para cualquiera que pueda ser amenazado.



GRÚA

La grúa es uno de los elementos clave para la autonomía del usuario, permite que este pueda entrar y salir de la cama, sentarse en la silla de ruedas, trasladarse al cuarto de baño, vestirse y desvestirse, así como realizar ejercicios de rehabilitación.

TELESILLA

Permite ducharse o ir al inodoro de forma autónoma, sin precisar ningún tipo de ayuda. La transferencia de la grúa al telesilla se realiza con total seguridad, sin riesgo de caídas.



Análisis sobre las diferentes tecnologías enfocadas a personas cuadripléjicas

Son muchas las tecnologías que se han desarrollado con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas en estado de paraplejía y cuadriplejía aliviando falencias emocionales y físicas que se gestan tras estos estados. En el caso del exoesqueleto Re-Walk quien facilita el movimiento de personas parapléjicas o la silla de ruedas multifuncional pensada para personas con cuadriplejía, estas brindan no solo la posibilidad de recuperar el movimiento sino de ejercitar el cuerpo de formas más autónomas y menos traumáticas, (terapias tradicionales) investigaciones extensas como las realizadas para captar el movimiento de los glóbulos oculares con el fin de controlar dispositivos electrónicos o el desarrollo de sistema de comunicación para discapacitados del habla son herramientas invaluable que permitirán nuevamente la comunicación, la interacción e intercambio de ideas. Problemas complejos relacionados con la falta de movilidad son investigados mediante el estudio de posturas, presión (peso), tiempo, circulación sanguínea materiales, etc., y solucionados con sistemas complejos de respuesta al peso corporal de las personas distribuyendo el peso del paciente de forma homogénea, desplazando su peso de forma gradual y en intervalos programados previniendo escaras por UP y contribuyendo a la mejoría del paciente dando solución mediante productos costosos como el cojín para cuadripléjicos, Aire Roho Enhancer o sistemas amortiguados para la reducción de úlceras y escaras. En conclusión estos sistemas, investigaciones y herramientas brindan la posibilidades al usuario de recuperarse y luchar por sí mismo, aunque difícilmente esto ha de llegar a ser realidad, puesto que los sistemas están pensados y desarrollados de forma individual imposibilitando su agrupación y lo costos son elevados, pues cada uno de estos requiere una fuerte inversión económica para su adquisición.

8. FASE 2. IDEACIÓN

8.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Se realiza una inmersión en el contexto de las necesidades de las personas con cuadriplejía a partir de la observación (como se comunica con su entorno), se realizan entrevistas individuales y guiadas, con las personas cuadripléjicas, así como la simulación del estado de discapacidad por parte de los proyectistas con el fin de asumir el papel de la discapacidad y comprender desde una experiencia más cercana la situación, que se documentará por medio de un registro audiovisual en miras a la obtención e identificación de los aspectos importantes, de las operaciones y funciones del producto.

8.1.1 Recopilación de datos Para esto se realizaron dos tipos de encuesta una centralizada en el usuario primario (

ANEXO C. *Encuesta TIPO 1* (Se aplicara a las personas en estado de cuadriplejía y familiares)) otro formato de encuesta para el usuario secundario. (ANEXO D. *Encuesta TIPO 2* (Se aplicara a especialistas de la salud y familiares))

8.1.2 Modelo de diseño participativo

Tabla 4. Modelo participativo requerimientos.

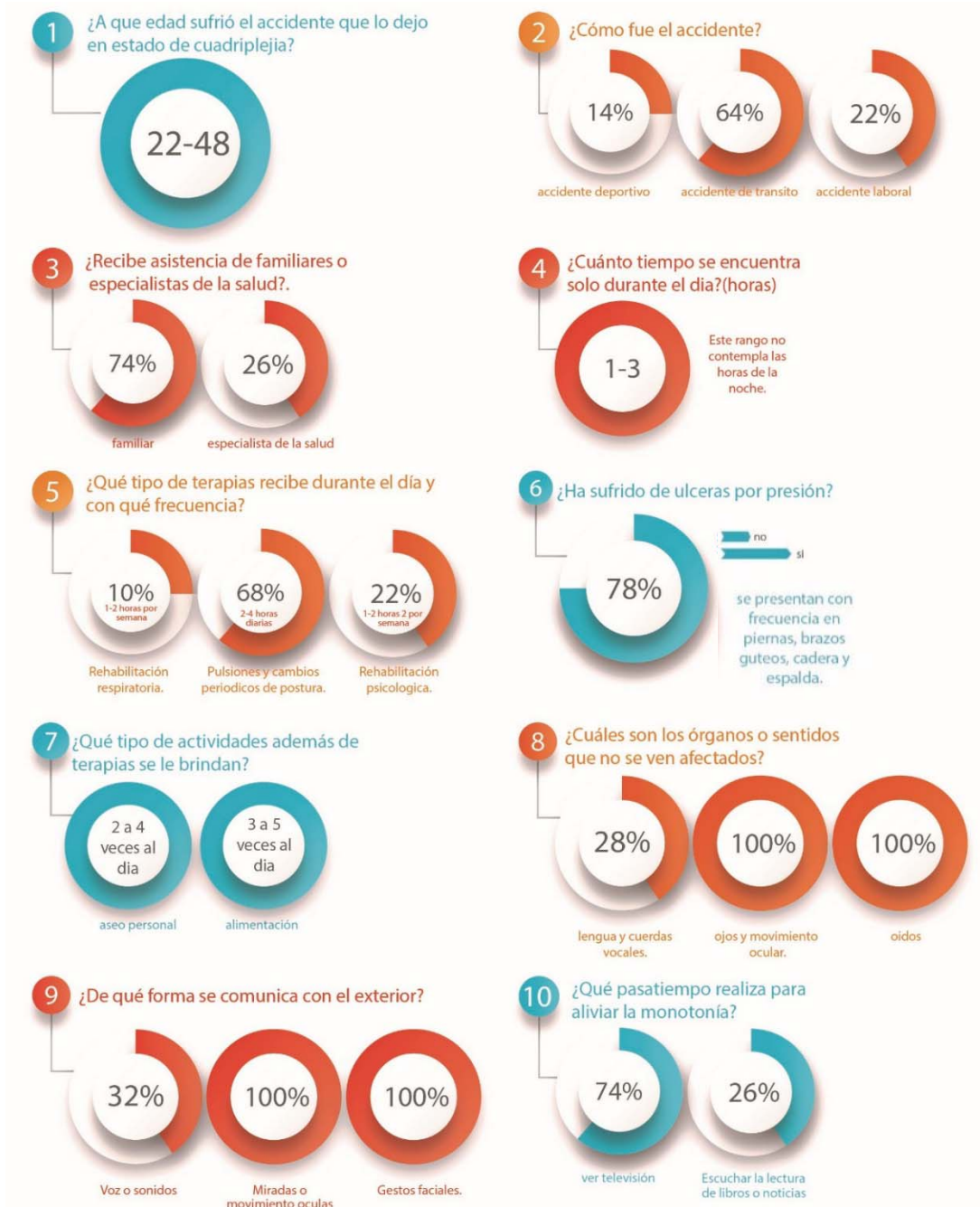


MODELO DEL USUARIO (*Construido a partir de la experiencia*)

De acuerdo con las encuestas realizadas a usuarios de la fundación **FANDIC** y la **Fundación Colombia sin barreras** junto con especialistas de la salud de ambas entidades y con la participación de especialistas de la salud del **Hospital Universitario** y el **Hospital de Sanidad Militar**. Se analizaron y definieron las voces del usuario en requerimientos de diseño que se dividirán en ergonómicos, técnicos, estético formales y funciones para cumplir con las necesidades del usuario. (Participación de 50 personas).

Datos obtenidos (Encuesta usuario primario)

Tabla 5. Voz del usuario primario.



11. ¿Qué opina de un sistema domótico que controle su entorno para facilitar ciertas actividades?

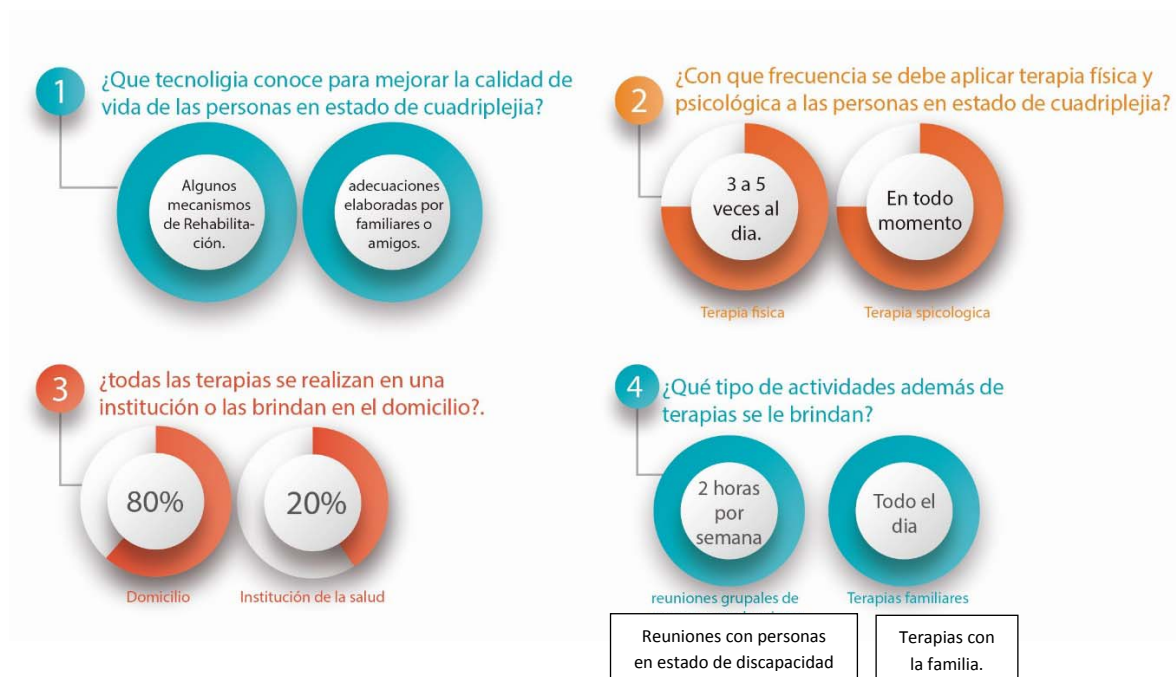
Es algo innovador y muy bueno ya que permite la inclusión de personas en estado de cuadriplejía “para darnos algo que hacer” (Duarte, 2015).

12. ¿Qué tipo de actividades considera usted que le brindarán mayor libertad?

“Poder controlar mi espacio el lugar en donde habito y algo que me genere un nuevo reto” (Suárez, 2015).

Datos obtenidos (Encuesta usuario secundario)

Tabla 6. Voz del usuario secundario.



5. ¿Cuáles son los órganos o sentidos que no se ven afectados de ninguna forma por la lesión?

Los órganos que conservan sus funciones siendo una de las lesiones medulares con mayor grado de daño en el cuerpo humano son la ojos, movimiento ocular y párpados, oídos en gran parte y en algunos casos se pierde el movimiento de la lengua y se atrofian las cuerdas bucales en casos con traqueotomía pero no todas las lesiones medulares son iguales y los daños varían dependiendo de muchos factores. (Camargo, 2015)

6. ¿Por qué y en donde se presentan úlceras por presión y como se deben tratar?

Para hacer más claro el daño y donde se presentan primero definiremos cuales son las causantes de las úlceras por presión.

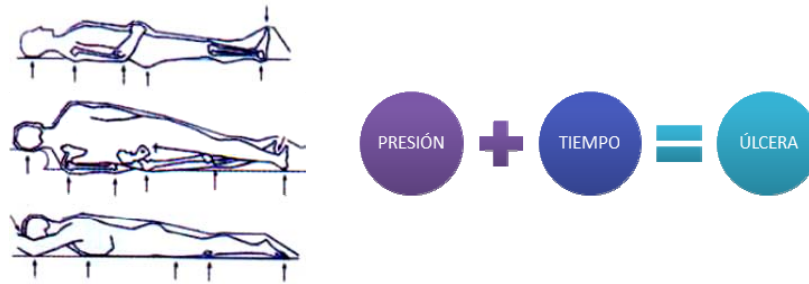
ETIOPATOGENIA

La etiología de las úlceras por presión obedece a diferentes causas. No obstante, en la formación de las UPP a menudo se pueden identificar los siguientes tipos de fuerzas o factores de riesgo primarios que alteran la integridad de la piel (Kamar, Tyndall, White, & Hutchinso, 2012).

- **Presión:**

Es la fuerza perpendicular a la piel que actúa como consecuencia de la gravedad, provocando un aplastamiento tisular entre dos planos: uno perteneciente al paciente y otro externo a él (sillón, cama, sondas...)

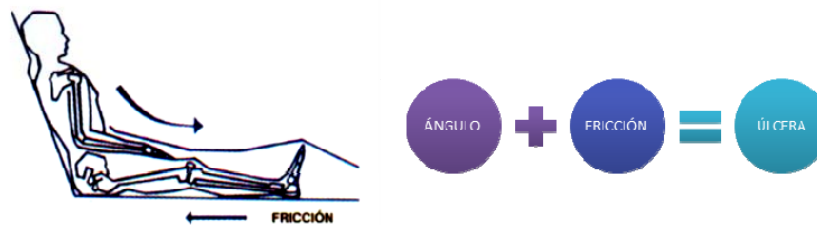
Ilustración 14. Úlceras por presión.



- **Fricción:**

Es la fuerza tangencial que actúa paralelamente a la piel, produciendo roces por movimientos o arrastres.

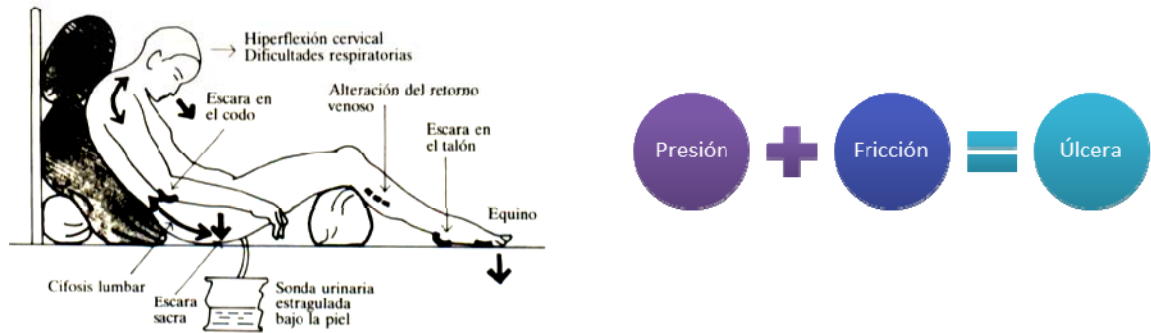
Ilustración 15. Úlceras por fricción.



- **Cizallamiento:**

Combina los efectos de presión y fricción. Son fuerzas paralelas que se producen cuando dos superficies adyacentes se deslizan una sobre otra, (ejemplo: posición de Fowler que produce deslizamiento del cuerpo, puede provocar fricción en sacro y presión sobre la misma zona).

Ilustración 16. Úlcera por cizalladura (posición de Fowler).



FACTORES DE RIESGO

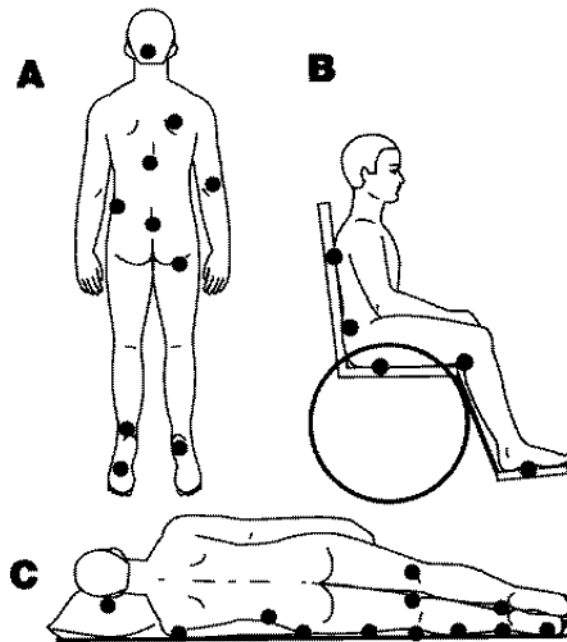
Están dados por aspectos generalmente por desconocimiento o descuido.

- Inmovilidad, fatiga, estrés...
- Arrugas de la ropa o cama objetos como botones, cremalleras horquilla...
- Falta de higiene.
- Desconocimiento de los factores de riesgo.
- Uso inadecuado de los materiales.

LOCALIZACIONES FRECUENTES DE ÚLCERAS CAUSADAS POR INMOVILIDAD

- **En decúbito supino:** región sacra, talones, codos, omoplatos, nuca/occipital, coxis.
- **En decúbito prono:** dedos de los pies, rodillas, genitales masculinos, mamas, mejillas, orejas, nariz, crestas ilíacas. (ver ilustración 17. Imagen A.)
- **En sedente:** omóplatos, isquion, coxis, trocánter, talones, metatarsianos. (ver ilustración 17. Imagen B.)
- **En decúbito lateral:** maléolos, trocánteres, costillas, hombros/acromion, orejas, crestas ilíacas, cara interna de las rodillas. (ver ilustración 17. Imagen C.)

Ilustración 17. Localización de úlceras en posturas.



CUIDADOS GENERALES EN LA PREVENCIÓN DE UPP

Higiene corporal diaria

Para mantener la piel limpia y seca. Utilizar jabones neutros, lavar la piel con agua tibia y realizar un secado meticuloso sin fricción, teniendo especial cuidado entre los dedos, No utilizar sobre la piel ningún tipo de alcoholes, aplicar crema hidratante o aceite de almendras, procurando su completa absorción.

Nutrición e hidratación

Para la prevención de la UPP es imprescindible una dieta equilibrada, que se ajuste a las necesidades del paciente.

Cambios posturales

Siempre que no exista contraindicación deben realizarse cambios posturales, ya que permiten evitar o aligerar la presión prolongada, los cambios se deben realizar cada 2-3 horas, siguiendo una rotación programada e individualizada. Durante la noche, se aconseja que se realicen cada 4 horas.

7. ¿En qué consiste la lesión medular y cuáles son las mayores causas que la provocan?

Esta pregunta se realizó con el fin de aclarar dudas y confirmar la información analizada en el marco teórico, por tanto que no se incluye la respuesta ya que coincide con lo afirmado en el marco teórico.

8. ¿Cuál es la mayor necesidad que presentan las personas en estado de cuadriplejía?

La privación de ser independientes y la falta de actividades que puedan entretenerlos constantemente.

9. ¿Qué opina de un sistema domótico que controle su entorno para facilitar ciertas actividades?

Es importante que se implemente una cultura de inclusión en los proyectos universitarios dado que en nuestra sociedad existen muchas personas con discapacidad y en este caso específico con lesiones medulares que no cuentan con ningún tipo de apoyo, debido a que su condición es tan decadente y dependen completamente de alguien para sobrevivir.

10. ¿Qué tipo de actividades considera usted que le brindarán mayor libertad a la persona en estado de cuadriplejía?

En algunos casos el no poder comunicarse es una de las principales necesidades dado que por tener una traqueotomía pierden medianamente o parcial el habla, pero esto no ocurre en todos los casos haciendo que la principal necesidad es la de encontrar un poco de independencia, el poder realizar algunas tareas por sí solos o poder entretenerse.

11. ¿De qué forma generalmente las personas en estado de cuadriplejía se comunican con el exterior?

Existen casos donde la comunicación se brinda por gestos o sonidos debido al daño que se ocasiona en las cuerdas vocales, existen otros casos en los cuales se comunican por medio de los pocos movimientos de cabeza y dedos que aún conservan y en otros se conservan plenamente la voz.

8.1.3 Conclusión de los resultados obtenidos

1. Las personas en estado de cuadriplejía tardan entre 5 a 10 años aproximadamente en salir del estado de gravedad después del accidente.
2. En la mayoría de los casos en nuestro usuario secundario es un familiar (esposa, madre, hermano).
3. Las personas con lesión medular tienen muy poca privacidad, cuentan con 1 a 3 horas.
4. Las personas en estado de cuadriplejía reciben 4 horas de terapia al día sin contar los constantes cambios de postura.
5. El usuario primario debe cambiar la postura cada 2 a 3 horas.
6. Los órganos que no se ven afectados por la lesión son: ojos, oídos en la mayoría de los casos y boca en algunos casos.
7. El ángulo para ver televisión mientras se encuentra en posición de cubito supino debe ser inferior a 30 grados.
8. La ubicación del dispositivo y del sistema domótico debe permitir que el usuario en estado de cuadriplejía pueda ser cambiado de postura por el auxiliar con facilidad.
9. El programa del sistema debe ser de fácil comprensión para acceder de forma eficiente sin ocasionar tensión.
10. En el país se conocen tecnologías, pero muy pocas son aplicadas ya que los costos son elevados como tratamientos con células madre, terapias con impulsos nerviosos, etc.

11. El médico cirujano Ricardo Rodríguez de la fundación Colombia sin barreras afirma que en general las personas en estado de cuadriplejía pierden toda su independencia cualquier avance en brindar mayor libertad es de gran importancia.
12. Las personas en estado de cuadriplejía son susceptibles a contraer infecciones o enfermedades fácilmente con los dispositivos del sistema, estos deben estar elaborados en materiales que no permitan la proliferación de bacterias para crear un ambiente estéril.
13. El sistema requiere de una forma de retroalimentación.

Tabla 7. Voz del usuario.

VOZ DEL USUARIO	REQUERIMIENTO
El sistema domótico debe permitir que el usuario en estado de cuadriplejía pueda ser cambiado de postura.	Mantenimiento. Dimensiones del sistema.
El programa del sistema debe ser de fácil comprensión para acceder de forma eficiente sin ocasionar tensión.	Interfaz clara Íconos de gran tamaño.
En el país se conocen tecnologías pero muy pocas son aplicadas ya que los costos son elevados.	Económico.
Prevenir la fricción, el cizallamiento evitando posturas de cubito supino con ángulos superiores a 30 grados.	Ajustes y recomendaciones de uso.
Las superficies de alivio de la presión disminuyen la incidencia de aparición de úlceras como almohadones y cojines.	Evitar elementos que se sujeten al usuario.
Es de gran importancia que el sistema pueda ser adaptado a los tipos de ventanas usadas con mayor frecuencia por las constructoras.	Compacto. Sistema de integración de sus componentes.
Este sistema domótico será adaptado a arquitectura regional por tanto debe ser de fácil implementación.	Dimensiones y acabados
El material o los materiales del sistema deben tener un tratamiento anti-bacterial y que evite la proliferación de microorganismos que afecten la persona en estado de cuadriplejía.	Higiene y cuidado

8.2 MODELO FURPS

Es un modelo de calidad fijo que establece cinco características como factores de calidad para todas las actividades del proceso de desarrollo de un software, los cuales le dan nombre:

- *Functionality*
- *Usability*
- *Reliability*
- *Performance*
- *Supportability*

Tabla 8. Tipos de requerimientos FURPS.

SIGLA	TIPO DE REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN	
F	<i>Functionality</i>	Funcionalidad	Características, capacidades y algunos aspectos de seguridad.
U	<i>Usability</i>	Ergonómico	Factores Humanos (interacción), ayuda, documentación.
R	<i>Reliability</i>	Fiabilidad	Frecuencia de fallos, capacidad de recuperación de un fallo y grado de previsión.
P	<i>Performance</i>	Rendimiento	Tiempos de respuesta, productividad, precisión, disponibilidad, uso de los recursos.
S	<i>Supportability</i>	Soporte	Adaptabilidad, facilidad de mantenimiento, internacionalización, facilidad de configuración.

Cada necesidad de alto nivel se dividió en requerimientos que serían clasificados según el método de FURPS.

8.3 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

Después de crear los modelos interpretativos, a partir de los métodos mencionados en el punto anterior, y teniendo en cuenta el enunciado de voz de las personas con cuadriplejía, se interpreta esta información en términos de requerimientos y usando el modelo FURPS se dividirán en cada categoría.

Los requerimientos se agruparon por similitud de términos y se establecieron otros requerimientos no contemplados en las necesidades de los usuarios debido a costos y la tecnología regional.

Tabla 9. Modelo FURPS aplicado.

FURPS	DETERMINANTE	REQUERIMIENTO
Funcionalidad	Es necesario mantener el rango de movilidad de los usuarios.	Ubicación de los dispositivos.
	Debe tener un lenguaje de uso muy claro y estar compuesto por la menor cantidad de elementos.	Interfaz gráfica equilibrada.
	Debe evitar la entrada de agentes externos que ingresen al sistema e interrumpa su funcionamiento.	Sistemas de cierre.
Ergonómico	Es necesario tener controlado el ángulo de visión del usuario primario.	Ajustes y recomendaciones de uso.
	Se hace necesario el ajuste de la distancia permitida de acuerdo al tamaño de la pantalla del ordenador.	Dimensiones y versatilidad.
	Sería deseable que no se deteriorará rápidamente y evitar el desgaste por fatiga de todo el sistema.	Eco-diseño, estructura física de los dispositivos.
	Debe tener en cuenta la forma y la ubicación de los dispositivos del sistema para que facilite su incorporación a la habitación del usuario.	Adaptable al entorno.

FURPS	DETERMINANTE	REQUERIMIENTO
Fiabilidad	El sistema debe mostrar una confirmación o respuesta a la tarea que se le pidió.	Retroalimentación.
	Debería ser liviano y mantener la forma antes, durante y después del uso.	Peso y material.
	Debería dar información de uso debido a sus formas, material y texturas.	Affordance de uso.
Rendimiento	El sistema domótico no dependerá de la conexión a Internet.	Practicidad y eficiencia.
	El sistema debe tener respuesta rápida.	Agilidad de un sistema cerrado.
	Debe mantener la temperatura interna adecuada para no ocasionar daños.	Control y seguridad.
Soporte	Sería deseable que el usuario pueda limpiar los dispositivos que conforman el sistema.	Mantenimiento
	El sistema debe permitir iniciar sesión inmediatamente se enciende el ordenador después de que sea instalado todo el sistema por el técnico.	Eficacia
	Debe adaptarse a gran parte de los sistemas diseñados para una casa o apartamento en esta región.	ajustes
Formal estéticos	Debe tener en cuenta la forma de los elementos para evitar gasto del material o prolongar procesos.	Equilibrio de procesos.
	Debería mantener acabados y basarse en las dimensiones de los elementos de construcción actuales.	Dimensiones y acabados.
	El material o los materiales del sistema deben tener un tratamiento anti-bacterial y que evite la proliferación.	Higiene y cuidado.

8.4 REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS

Con base en la tabla anterior obtenemos los requerimientos que serán definidos y complementados con la investigación realizada.

8.4.1 Requerimientos funcionales

Tabla 10. Requerimientos funcionales.

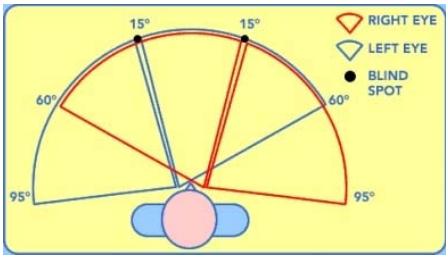
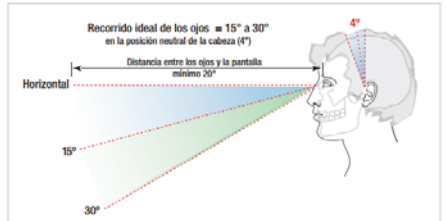
REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Ubicación de los dispositivos	Es necesario mantener el rango de movilidad de los usuarios.	Medida \geq al rango de movilidad de usuario percentil 50 y 95 ¹ . Para evitar las afecciones respiratorias, circulatorias y cutáneas, un rango de movilidad para que el usuario pueda realizar terapias y cambios posturales.
	Debido a la condición del usuario primario las piezas del sistema no deben entrar en contacto físico con él.	Los cambios se deben realizar cada 2-3 horas, siguiendo una rotación programada. (Clínica universidad de navarra., 2011)
Interfaz gráfica equilibrada	Debe tener un lenguaje de uso muy claro y estar compuesto por la menor cantidad de elementos.	Los íconos deben ser evaluados por un grupo de usuarios. Para confirmar su claro reconocimiento.
Sistemas de cierre	Debe evitar la entrada de agentes externos que ingresen al sistema e interrumpa su funcionamiento.	Permitirá la conexión de diferentes sistemas que controlan la casa usando un sistema cerrado de enlace mediante código o notificación. (Bluetooth, infrarrojo, wifi).
Sistema de integración entre sus componentes	La integración de las piezas depende de la forma del sistema y los materiales usados en su elaboración.	Las uniones entre piezas del sistema podrán variar entre uniones fijas o desmontables para mayor resistencia de tracción entre 160/200 N/mm ² Resistencia mecánica \leq 690 Mpa

¹Dimensiones recomendadas percentil 50 y 95 para diseño. (ANEXO E. *Rango de movilidad de hombres y mujeres por edad percentil.*)

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
		Dureza del material ≥ 2 Mohs Su resistencia puede adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación. (ASOC, 2012)

8.4.2 Requerimientos ergonómicos

Tabla 11. Requerimientos ergonómicos.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Ajustes y recomendaciones de uso	Es necesario tener controlado el ángulo de visión del usuario primario.	<p>Ilustración 18. Ángulo de visión horizontal.</p>  <p>La zona correcta en donde debe ir ubicada la pantalla para que el usuario uno pueda ver con claridad todos los marcos de la pantalla es entre los ángulos de 15° excediéndose hasta los 50°. La pantalla del ordenador debe estar ubicada paralela al ángulo de la cabeza del usuario.</p>
Dimensiones y versatilidad	Se hace necesario permitir el ajuste de la distancia permitida de acuerdo al tamaño de la pantalla del ordenador.	<p>Ilustración 19. Postura ideal para ubicar la pantalla al usuario primario.</p>  <p>Recorrido ideal de los ojos = 15° a 30° en la posición neutral de la cabeza (4°) Distancia entre los ojos y la pantalla mínima: 30" Horizontal 15° 30° 4°</p>

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
		$\tan(\text{ángulo visual}) = \frac{\text{tamaño de pantalla}}{\text{distancia a la pantalla}}$ <p>Ecuación 1. cálculo de la distancia a la pantalla.</p>
Eco-diseño, estructura física de los dispositivos	Sería deseable que no se deterioraran rápidamente y evitar el desgaste por fatiga de todo el sistema.	Material que tengan una vida útil similar.
Adaptable al entorno.	Debe tener en cuenta la forma y la ubicación de los dispositivos del sistema para que facilite su incorporación a la habitación del usuario.	Minimizar los gastos en modificaciones en infraestructura al momento de la instalación del sistema en la habitación del usuario.
Balance de colores óptimos en pantallas.	Uso de colores adecuados que no causen daños en el usuario.	Norma específica sobre los requisitos para los colores representados en la pantalla (UNE-EN ISO 9241-8).

8.4.3 Requerimientos fiabilidad

Tabla 12. Requerimientos fiabilidad.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Retroalimentación	El sistema debe mostrar una confirmación o respuesta a la tarea que se le pidió.	Sonido: Limite sonoro de un área levemente ruidosa $\leq 55\text{db}$ Pantalla de notificación
Peso y material	Debería ser liviano y mantener la forma antes, durante y después del uso.	Volumen máximo del dispositivo y pantalla $\geq 0.01 \text{ m}^3$ Peso máximo $\leq 15 \text{ kg}$

		Esto datos son el peso máximo que puede cargar una persona.
Affordance de uso	Debería dar información de uso debido a sus formas, material y texturas.	<p>El uso de texturas se deberá tener en cuenta el coeficiente de fricción del material para brindar seguridad. Entre 0.15 y 0.07.</p> <p>Caracteres, flechas y luces dependiendo de lo que se desea expresar con el dispositivo.</p>

8.4.4 Requerimientos rendimiento

Tabla 13. Requerimientos de rendimiento.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Practicidad y eficiencia	El sistema domótico no dependerá de la conexión a Internet.	Debido a que la velocidad máxima de wifi en la región no supera el 4 k es mejor y más eficiente evitar el uso de la red para el funcionamiento del sistema.
Agilidad de un sistema cerrado.	El sistema debe tener respuesta rápida.	Tiempo de respuesta \leq a 2 segundos. Tiempo de accionamiento de mecanismos controlados \geq a 10 segundos.
Control y seguridad	Debe mantener la temperatura interna adecuada para no ocasionar daños.	Materiales aislantes térmicos y aislantes eléctricos en lo posible un material que se ajuste a una temperatura de 20°C a 25°C.

8.4.5 Requerimientos soporte

Tabla 14. Requerimientos de soporte.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Mantenimiento	Sería deseable que el usuario pueda limpiar los dispositivos que conforman el sistema.	El dispositivo junto con el sistema se podrá frotar con un pedazo de tela y agua. El mantenimiento de las piezas electrónicas requerirá de un técnico.
Eficacia	El sistema debe permitir iniciar sesión inmediatamente se enciende el ordenador después de que sea	Auto accionamiento de programas. <ul style="list-style-type: none"> • Lector de movimiento ocular. • Accionado del mouse.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
	instalado todo el sistema por el técnico.	<ul style="list-style-type: none"> Controlador de sistema domótico <i>System Be</i>.
Ajustes	Debe adaptarse a gran parte de los sistemas diseñados para una casa o apartamento en esta región.	Ventanas con corredera, toma corriente, focos y apagadores que se usan en la arquitectura regional.

8.4.6 Requerimientos estético formales

Tabla 15. Requerimientos formales estéticos.

REQUERIMIENTO	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Equilibrio de procesos	Debe tener en cuenta la forma de los elementos para evitar gasto del material o prolongar procesos.	Procesos de fabricación reducidos elementos diseñados de carcasas para construcción por inyección.
Dimensiones y acabados	Debería mantener acabados y basarse en las dimensiones de los elementos de construcción actuales.	Diseño minimalista debido al tamaño reducido de la arquitectura actual. Peso máximo del sistema $\leq 15\text{kg}$.
Higiene y cuidado	El material del sistema debe tener un tratamiento anti-bacterial y que evite la proliferación.	Materiales anti alérgicos o con recubrimientos para evitar proliferación de partículas.

8.5 MÉTODO KANO

Se realizaron dos preguntas de cada requisito o rasgo específico, una funcional y otra no funcional. El cuestionario se dividió en tres requisitos, haciéndole al encuestado 6 preguntas. Los distintos 6 cuestionarios fueron resueltos por 15

personas cada uno, para un total de 90 personas entrevistadas. (Anexo 6. cuestionario método KANO)

Relación entre los atributos para la evaluación

Tabla de relación para la adaptación de los resultados.

Tabla 16. Método Kano².

.REQUERIMIENTOS del usuario		NO FUNCIONAL				
		1. Agradable	2. Debería	3. No me preocupa	4. Puedo vivir sin eso	5. Desagradable
FUNCIONAL	1. Agradable	C	I	I	I	E
	2. Debería	R	N	N	N	<u>A</u>
	3. No me preocupa	R	N	N	N	A
	4. Puedo vivir sin eso	R	N	N	N	A
	5. Desagradable	R	R	R	N	N

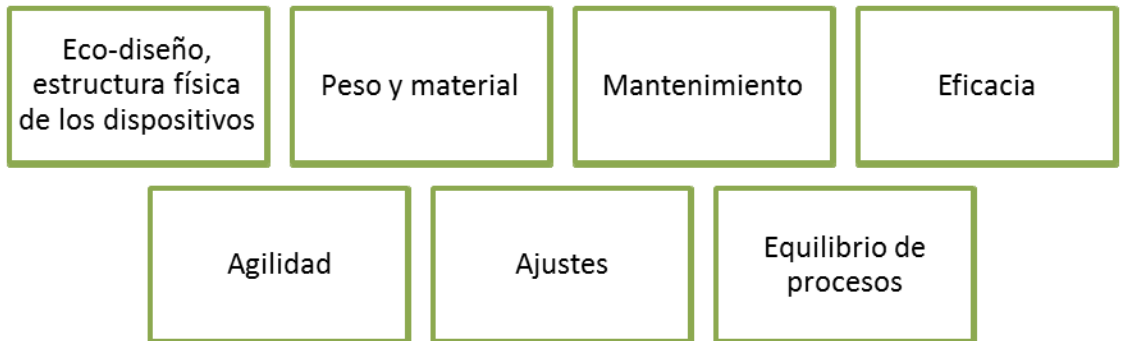
² Tabla de evaluación atributos básicos; Indispensable (E), requeridos (A), atractivos (I), indiferente (N), cuestionable (C), invertidos-inconsciente (R) se compara las preguntas positivas (funcionales) con las negativas (no funcionales) obteniendo el resultado.

Aplicando el método KANO a las respuestas de los cuestionarios y sumando los resultados se obtuvo.

Tabla 17. Resultados del método KANO.

Número y contenido abreviado de la pregunta.	E	A	I	N	C	R	Total	Atributo predominante
1. ¿Si el sistema refleja su función, cómo se sentiría?	7	2	2	2	0	1	15	E
2. ¿Si el dispositivo se fijará al cuerpo del usuario, cómo se sentiría?	0	4	2	1	0	8	15	R
3. ¿Si el sistema evita el ingreso de agentes externos, cómo se sentiría?	5	6	1	2	0	1	15	A
4. ¿Si el material del dispositivo es resistente a la corrosión y cargas a las que se somete, cómo se sentiría?	3	9	3	0	0	0	15	A
5. ¿Si se puede ajustar al ángulo de visión, cómo se sentiría?	3	8	2	1	1	0	15	A
6. ¿Si el sistema se adaptará al tamaño de pantalla, cómo se sentiría?	2	8	2	2	1	0	15	N
7. ¿Si los materiales del sistema se desgastaran todos a tiempo, cómo se sentiría?	5	3	6	1	0	0	15	I
8. ¿Si el sistema minimizará los gastos en cambios en infraestructura para la instalación del sistema, cómo se sentiría?	1 0	3	1	1	0	0	15	E
9. ¿Si el programa del sistema usará colores apropiados para pantallas, cómo se sentiría?	6	1	3	1	4	0	15	E
10. ¿Si el sistema confirma el accionamiento, cómo se sentiría?	4	7	1	2	1	0	15	A
11. ¿Si el sistema es liviano, cómo se sentiría?	4	3	6	2	0	0	15	I
12. ¿Si el sistema domótico permite el rango de movilidad del usuario, cómo se sentiría?	6	3	5	1	0	0	15	E
13. ¿Si el sistema usará WIFI, cómo se sentiría?	1	6	0	1	0	7	15	R
14. ¿Si el sistema tiene una respuesta rápida, cómo se sentiría?	4	1	6	4	0	0	15	I
15. ¿Si los dispositivos presentarán cambio de temperatura, cómo se sentiría?	0	1	2	5	0	7	15	R
16. ¿Si al sistema se le puede realizar limpieza, cómo se sentiría?	5	3	7	1	0	0	15	I
17. ¿Si el sistema se inicia al encender el ordenador, cómo se sentiría?	4	0	8	3	0	0	15	I
18. ¿Si el diseño del sistema se adapta a la arquitectura de regional, cómo se sentiría?	5	3	6	1	0	0	15	I

3. Atractivos



4. Cuestionable



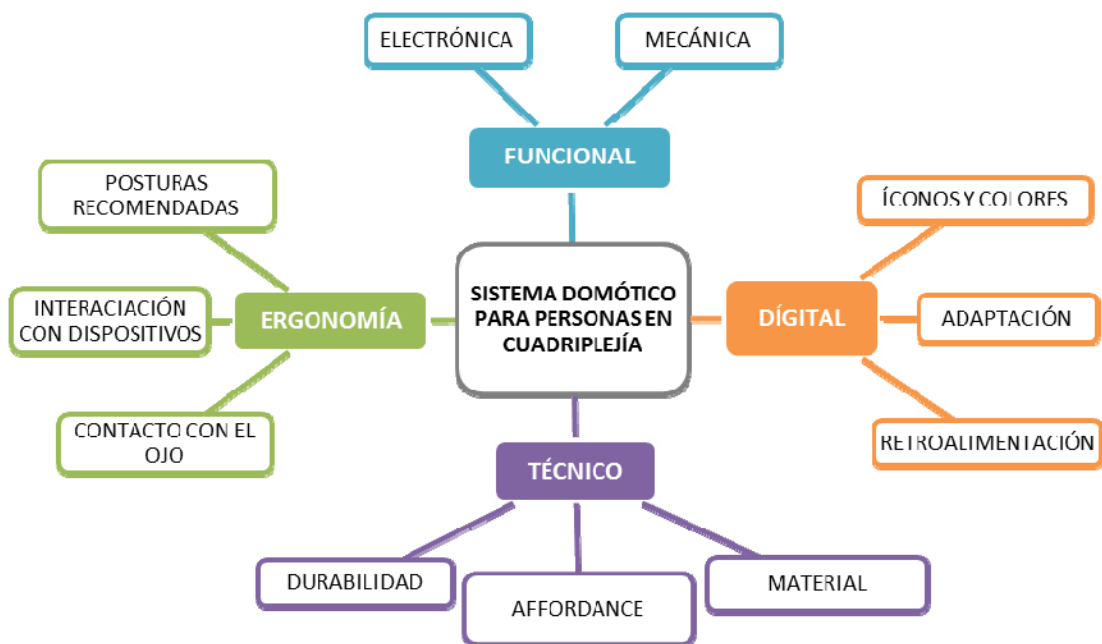
9. FASE 3. SELECCIÓN

9.1. IDEAR

Se realiza una lluvia de ideas del concepto de diseño del dispositivo, por medio de un *focus group* en el cual se busca generar múltiples puntos de vista para la creación y consolidación del concepto. Para concretar ideas y solucionar la pregunta de diseño se dividirá el proyecto en variables que permitan dar soluciones individuales que en su medida se enlazan en un solo sistema.

9.1.1. Mapa de variables. El mapa de variables es también llamado operaciones o cuadro de variables, en el cual se presentan: objetivo general, objetivos específicos y variables.

Ilustración 20. Mapa de variables.

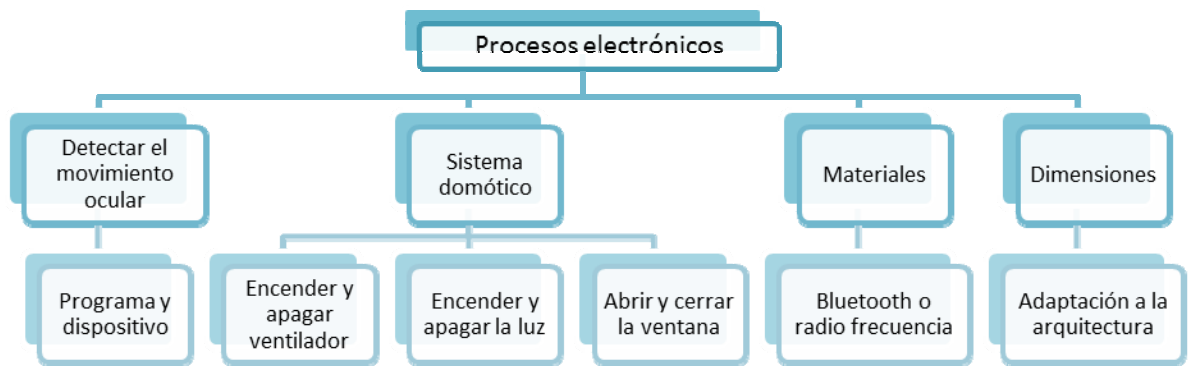


9.1.2. Variable funcional. Esta la seccionamos en dos partes, para dar soluciones específicas a cada uno de los aspectos en los que el proyecto se da campo.

9.1.2.1. Electrónica. Se requiere un sistema que enlace la mayor cantidad de mecanismos eléctricos de la habitación del usuario primario y que puedan ser controlados mediante un sistema operativo de un ordenador, para esto se plantean dos opciones, uno controlado mediante bluetooth o usando radio frecuencia; se usan estas tecnologías ya que son de fácil alcance y adquisición en la región.

Debido a los resultados obtenidos en el método KANO no se usará un sistema controlado con WIFI, porque este depende de la capacidad de la red y su velocidad de subida y bajada.

Ilustración 21. Procesos electrónicos.



Primera validación técnica

Se realizó con el fin de verificar que el sistema es más eficiente y cumple de la mejor forma con los requerimientos.

Protocolo 1.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Teniendo definida la secuencia de uso del sistema⁴, se realiza el diseño de un circuito electrónico programado para llevar a cabo relaciones y accionamiento, entre el ordenador y foco de luz y de igual forma el toma corriente.

OBJETIVOS:

- Programar tanto el transmisor como el receptor, que se relacionan por medio de una señal para que se encienda y apague un bombillo y un ventilador.
- Comprobar que la orden sea enviada desde el ordenador con el uso del software libre EYES CONTROL y el dispositivo que detecta y controla el cursor del computador con el movimiento ocular.

PARTICIPANTES: Equipo de diseño implicados en el proyecto y se contará con el apoyo de un ingeniero electrónico y un ingeniero de sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

HIPÓTESIS 1.

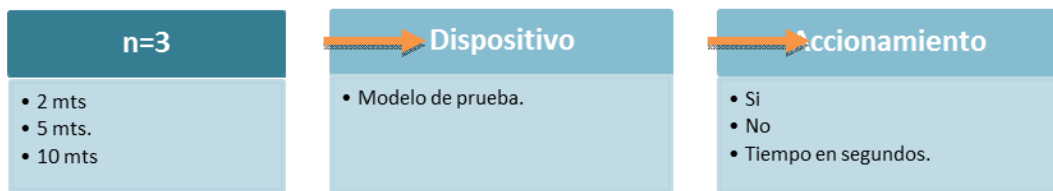
Los dispositivos inalámbricos bluetooth y radio frecuencia, emiten y reciben datos mediante un ordenador.

⁴ Secuencia de uso del sistema preliminar ver anexo 7.

VARIABLES:

Variable Dependiente: Dispositivo de radio frecuencia y bluetooth.

Variable Independiente: Los dispositivos tendrán la capacidad recibir la variable de instrumentación a tres distancias diferentes 2, 5 y 10 metros.



Observaciones:

Para definir se seleccionan tres distancias que representan un área máxima y mínima de la habitación del usuario primario, donde se ubicará el sistema emisor y receptor de bluetooth y radio frecuencia, así se accionará el sistema y se verificará la recepción y el tiempo de respuesta.

Naturaleza	Nivel de Medición (metros y segundos)	Escala
Cuantitativa	Nivel de respuesta a distancia y tiempo de respuesta.	Distancia: 2 metros
		Distancia: 5 metros
		Distancia: 10 metros

Procedimiento:

1. Se programaron y conectaron todos los componentes.
2. El proceso está dividido en tres etapas, la primera en donde se ubica el dispositivo a 2 mts de distancia del emisor (maestro), la segunda etapa el dispositivo se ubica

a 5 mts y la tercera a 6 mts, en los tres procedimientos se valorará la eficiencia del accionamiento del dispositivo.

3. Para su valoración se plantea la siguiente tabla:

Acción	Porcentaje	Tiempo(seg)
Accionamiento efectivo	100%	1-3
Leve dificultad	80%	4-6
Accionamiento aceptable	50%	7-9
Accionamiento regular	30%	10-12
No accionamiento	0%	30 ≥

4. Para calcular el tiempo se utilizó un cronómetro y se encendió en el momento en que se emite la acción y se detuvo justo cuando termina de cumplir con la tarea.

Prototipo N°1 (sistema de radio frecuencia)

Materiales:

- Módulo (emisor y receptor) de radio frecuencia
- Relé
- Sistema integrado arduino
- Transformador
- Alambre de cobre
- Puente rectificador de diodos
- Toma corriente
- Plafón
- Puente H
- Protoboard

Radio frecuencia	
Ilustración 22. Esclavo RF. 	Ilustración 23. Maestro RF. 
Receptor	Emisor

Resultados (sistema de radio frecuencia)

Tabla 19. Resultados R.F.

Distancia	Accionamiento (si o no)	Tiempo (seg)	Categoría
2	Si	1,54	Accionamiento efectivo
5	Si	5,67	Leve dificultad
10	No	-	No accionamiento
<i>Observaciones: El sistema presenta fallas y errores se descompone con facilidad.</i>			

Prototipo N°2 (Sistema de bluetooth)

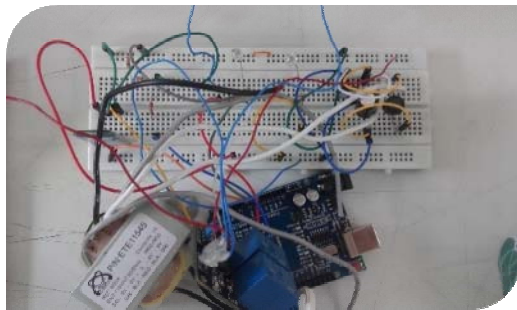
Materiales:

- Módulo (maestro y esclavo) de Bluetooth
- Relé
- Sistema integrado arduino
- Transformador
- Puente rectificador de diodos
- Toma corriente
- Plafón
- Puente H
- Protoboard

Ilustración 24. Sistema bluetooth.

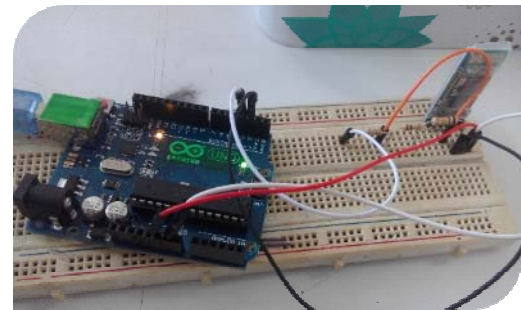
Radio frecuencia

Ilustración 25. Módulo bluetooth receptor.



Receptor (esclavo)

Ilustración 26. Módulo bluetooth emisor.



Emisor (maestro)

Resultados (sistema de radio frecuencia)

Tabla 20. Resultados Bluetooth.

Distancia	Accionamiento (si o no)	Tiempo (seg)	Categoría
2	Si	0,8	Accionamiento efectivo
5	Si	1,02	Accionamiento efectivo
10	Si	3,07	Leve dificultad
<i>Observaciones: El sistema presentó una falla durante la prueba en la programación pero fue corregida y el resultado fue satisfactorio.</i>			

Conclusiones

- En conclusión el sistema de radio frecuencia RF presentó fallas a causa de movimiento de las piezas y cuenta con una antena que dificultará la adaptación al entorno en el que se emplea.
- El sistema que usa el módulo bluetooth es eficiente, a pesar que se presentó una falla inicial, esta se logró corregir.
- El sistema de radiofrecuencia RF puede ser interrumpido debido al tipo de onda que usa, es probable que un dispositivo que use este tipo de onda interrumpa la

relación, a diferencia del sistema bluetooth que solo se enlaza con los dispositivos que se programan con el emisor creando un sistema cerrado.

- El sistema bluetooth tiene el costo más elevado en comparación a los módulos de radiofrecuencia RF, pero debido a que el RF no se ajusta adecuadamente a los requerimientos, se usará el módulo bluetooth.
- Los protocolos de comunicación en el sistema bluetooth son seguros en comparación con radiofrecuencia debido a que esta señal puede ser interrumpida por otro sistema que use los mismos protocolos.
- Se seleccionó el sistema de comunicación bluetooth. ANEXO K. Diagrama esquelético del sistema electrónico comunicación remota bluetooth.

9.1.2.2. Mecánica. Los sistemas mecánicos que se requieren para el proyecto son de diferentes complejidades dependiendo de la acción, como lo es el hecho de abrir y cerrar ventanas. Para contemplar claramente analizaremos las acciones y se realiza un análisis de estado del arte para solucionar dichos casos.

Estudio de campo

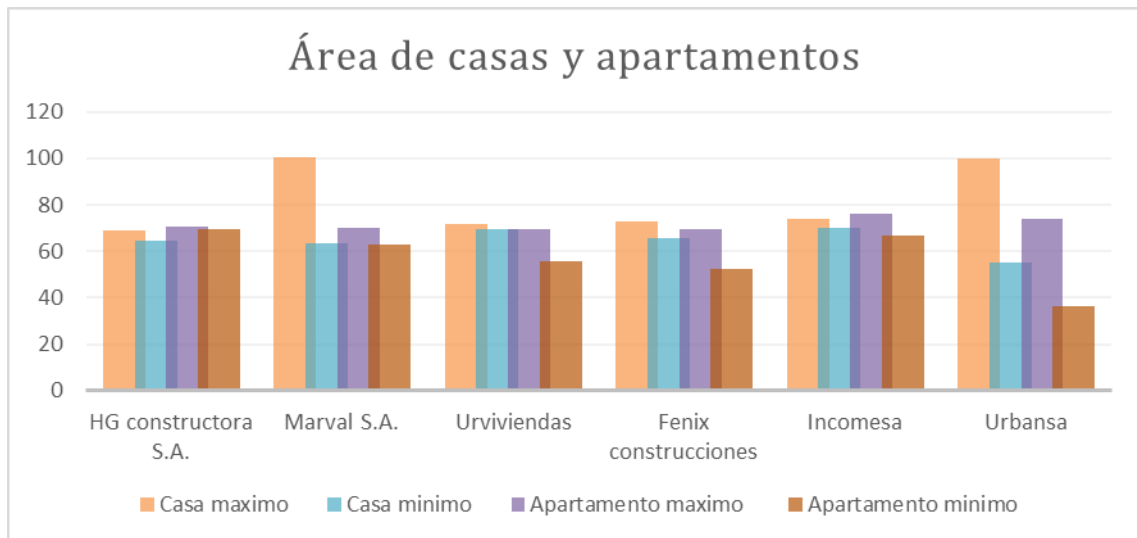
El sistema domótico se adaptará a la arquitectura actual en regiones rurales de Santander, es por esto que se realizó una encuesta en las grandes constructoras de Santander con el fin de conocer los materiales y la organización de apartamentos y casas que se han construido y se están construyendo en un periodo aproximado de 10 años. Este estudio será ejecutado para realizar los mecanismos, de forma que se adapte a la mayor cantidad de hogares posibles.⁵

⁵ Ver formato de encuesta constructoras regionales (anexo 8.)

Resultados

1. ¿Cuál es el área máxima y mínima de una casa y apartamentos que han construido durante los últimos 10 años?

Tabla 21. Área de apartamentos y casas en los últimos 10 años.

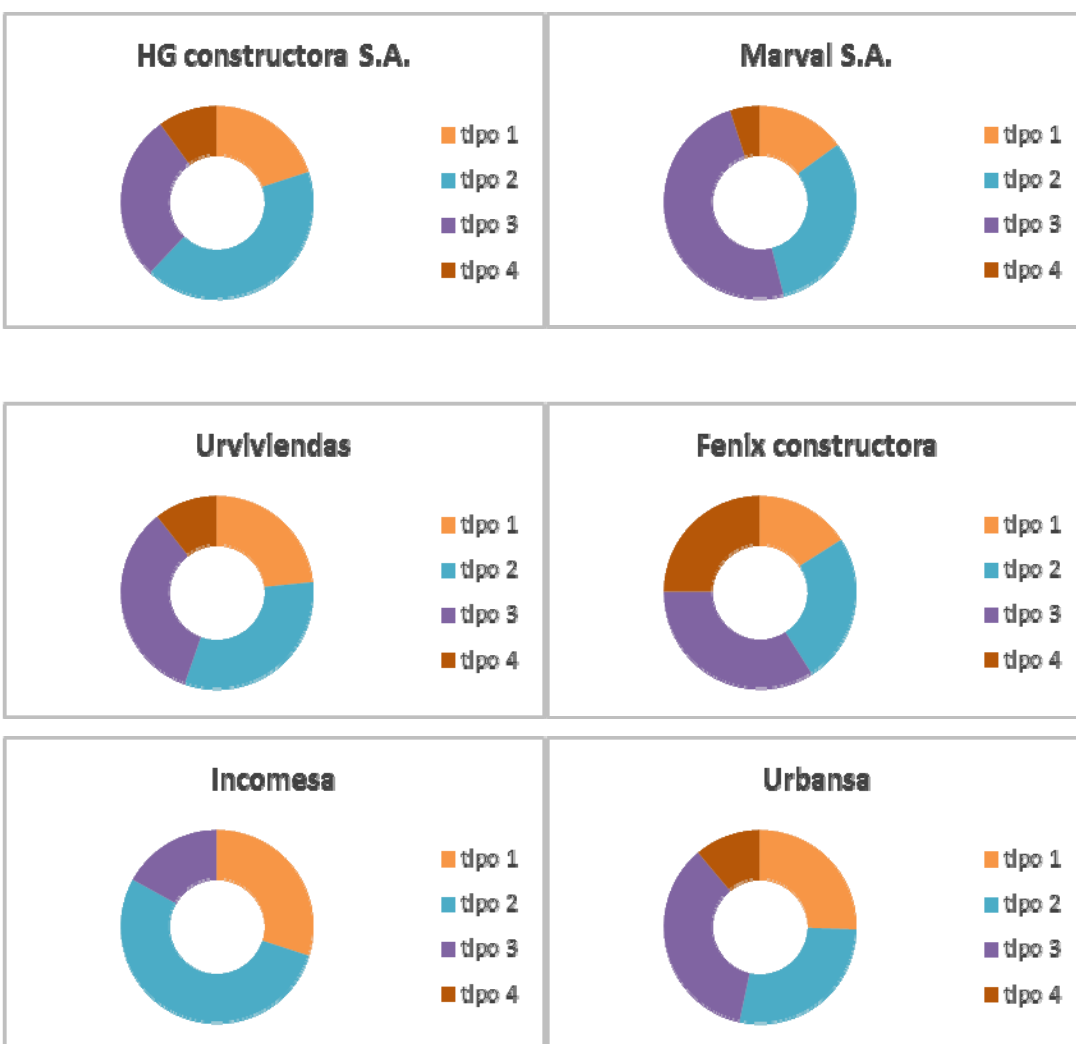


Promediando los datos se concluye:

Casa		Apartamento	
Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
81,4	64,85	71,65	57,24

2. ¿En promedio con cuántas habitaciones cuentan las casas y apartamentos que han construido durante los últimos 10 años?

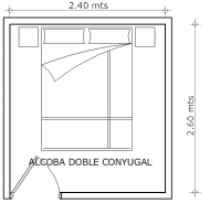
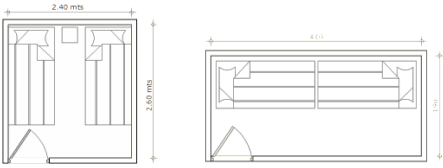
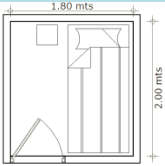
Se construyen por lo general de cuatro tipos; tipo 1. Corresponde a una sola habitación, tipo 2. Dos habitaciones, tipo 3. Tres habitaciones y tipo 4. Cuatro habitaciones. Las siguientes gráficas representan los porcentajes de casas y apartamentos construidos en los últimos diez años en Santander.



En conclusión en un periodo de diez años se incrementó la construcción de viviendas de una y dos habitaciones. Pero a su vez se siguen construyendo de los diferentes tipos.

3. ¿Cuál es el área mínima que tiene una habitación ya sea principal o las demás?

Tabla 22. Dimensiones recomendadas de alcoba.

Dimensión	Ilustración
<p>Alcoba principal: La dimensión mínima para alcoba principal será de 2.40 metros por 2.60 metros.</p>	
<p>Alcoba uso doble: La dimensión mínima para alcoba de uso doble será de 2.40 metros por 2.60 metros.</p>	
<p>Alcoba sencilla: La dimensión mínima para alcoba sencilla será de 1.80 metros por 2.60 metros.</p>	

Nota: Las dimensiones mínimas indicadas anteriormente, son libres y no incluyen el área de closet (REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2004). El closet tendrá un ancho mínimo de 0,60 metros libres, y la cantidad será determinada por el arquitecto diseñador de acuerdo a las necesidades del proyecto.

4. ¿Generalmente qué dimensiones usan para la(s) ventana(s) de las habitaciones?

Todas las constructoras afirman que el tamaño de la ventana es definido por el arquitecto pero actualmente por seguridad y ahorro de espacio las ventanas que usan son deslizables.

Nota: Por lo general las ventanas se ubican frente a la entrada de la habitación, pero esto no es una norma, esto depende por completo del diseño del arquitecto.

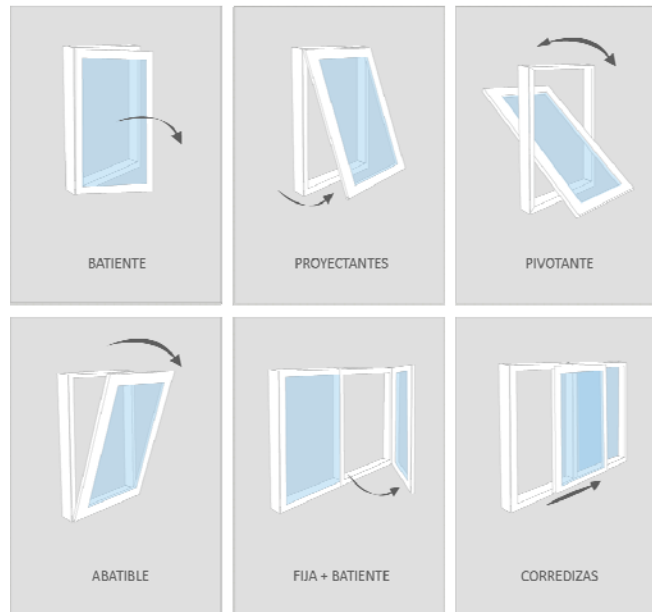
5. ¿Qué tipo de ventanas usan con mayor frecuencia y en qué material están elaboradas?

Existen diversos tipos y materiales en los que están elaboradas las ventanas, y la mayoría son usadas por diferentes causas, es el caso de la ventana tipo pivote⁶ en la mayoría de los casos se usa en baños, cocinas o garajes, debido a que permite mayor flujo de aire, pero en el caso de una habitación las ventanas que usan con mayor frecuencia debido al espacio son deslizables⁷, en cuanto a los materiales es muy común el uso de aluminio o acero debido a que se deteriora lentamente a diferencia de otros materiales.

⁶ Ver en la ilustración 24.

⁷ En la ilustración 24. Se puede observar claramente el por qué se usa para ahorrar espacio además de brindar mayor seguridad.

Ilustración 27. Tipos de ventana.



6. ¿En qué parte de la habitación se ubica el interruptor y el toma corriente?

Interruptores y conmutadores:

Altura: Desde 1,00 metro hasta 1,10 metros del suelo.

Localización: Preferiblemente dentro del local donde sirven. En baños y cuartos de aseo pueden ir fuera. Para luces exteriores, se ubica el interruptor de mejor manera en el interior, así desde dicho interior se podrá ver la luz que se ha encendido. Siempre que se pueda encender una luz debe poder apagarse la anterior (distancia máxima de 1,50 m. entre ambos interruptores).

No situar nunca detrás del batiente de una puerta. En caso de puertas dobles, mejor colocar en el exterior de la estancia. En el exterior emplearemos interruptores estancos. No instalar en los volúmenes 0, 1, y 2 de los cuartos de baño. El volumen 2 es el más crítico, dado que es el limitado por el plano vertical exterior a bañera o ducha y el plano

vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y el limitado por el suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.

Emplearemos conmutadores y cruzamientos en los siguientes casos: siempre que se tengan varias entradas al local. Desde la cama en dormitorios, en pasillos y escaleras.

Ordenamiento: Si en un mismo lugar aparecen varios interruptores establecer un orden lógico recordable.

Tomas de corriente:

Prever puntos de utilización superiores a los mínimos, así evitamos el uso de conectores multivía o prolongadores.

Colocar a una altura mínima de 30 cm, colocar en todas las paredes que tengan muebles, colocar en pasillos para limpieza (aspiradora, enceradora, etc.). Bases de calefacción eléctrica en paredes exteriores, bajo ventanas. No instalar en los volúmenes 0, 1, y 2 de los cuartos de baño.

En la cocina no instalar las bases auxiliares sobre el plano de trabajo a menos de 50 cm. del fregadero, ni de la zona de cocción. Las bases instaladas en el exterior deben ser estancas.⁸ (Ministerio de ciencia y tecnología, Bogotá D.C)

⁸ Se pueden ampliar estas recomendaciones consultando la Guía Técnica de aplicación del REBT – GUÍA – BT - 25. Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características. (Anexo 9)

9. ¿La altura del techo de una habitación varía de un apartamento a una casa, cuál es la medida?

Alturas mínimas interiores: Puertas 2.00 metros entre piso, según fichas normativas.

Altura máxima de pisos: La altura máxima de piso será de 3,80 metros entre placas o entre placa y cubierta inclinada, medida entre los afinados internos y la parte superior de la cubierta inclinada.

10. ¿Cuál es el área mínima de circulación dentro de la vivienda?

El área mínima de circulación interior en viviendas será de 0.90 m.

Conclusiones

- De acuerdo a las dimensiones obtenidas se plantean mecanismos y propuestas para ser adaptados a la mayor cantidad de viviendas.
- Ya que las ventanas que más se usan en el mercado actual son corredizas, el diseño mecánico se propone para este tipo de ventana.
- Modelo a escala de habitación con los datos obtenidos.

Ilustración 29. Modelo de habitación a escala.



Segunda validación técnica

Se realizó con el fin de identificar el motor y los cálculos realizados para abrir y cerrar ventanas.

Protocolo 2.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Seleccionar el motor que contribuye a la apertura y el cierre de la ventana.

OBJETIVOS:

- Evaluar la capacidad de los motores en relación a los requerimientos del proyecto.
- Comprobar los datos calculados de velocidad.

PARTICIPANTES: Equipo de diseño implicados en el proyecto. Contamos con la guía de un ingeniero electrónico.

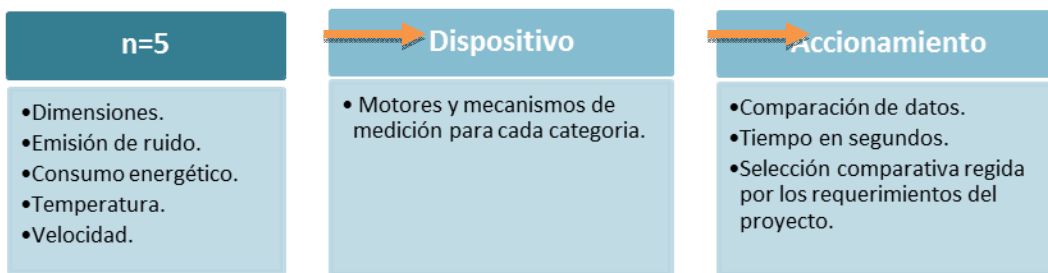
HIPÓTESIS 2.

El motor cumple con los requisitos mínimos de fuerza y velocidad para accionar la ventana.

VARIABLES:

Variable Dependiente: Los motores usados en accionamientos para automóvil y en electrodomésticos.

Variable Independiente: Las características de los motores serán comparadas con los requerimientos.



Observaciones:

Esta validación es comparativa, los motores serán evaluados de acuerdo a sus características, estos motores son seleccionados del mercado comercial local (Bucaramanga-Santander).

Naturaleza	Nivel de Medición	Escala
Cuantitativa	Comparación de datos y características específicas de los motores.	Centímetro
		Decibeles
		Grados centígrados
		Metros/segundo
		Watts

Procedimiento:





1. Se tomaron las dimensiones de cada uno de los motores.
2. Con un osciloscopio y un amperímetro, se midieron los picos de consumo en amperios de cada uno de los motores.
3. Se contabilizaron dos minutos en los cuales cada motor estaba encendido y se midió la temperatura a la que se encontraban cada uno de ellos.
4. Con ayuda de una aplicación llamada “*sonómetro sound meter*” se midió el nivel del ruido generado por cada uno de los motores.
5. Se midió la longitud de un hilo que se enrolló en un carrete con cada motor accionado durante dos segundos, con esto se encontró la variable distancia en proporción al tiempo.

Materiales:

- Tres motores.
- Herramientas de medición.

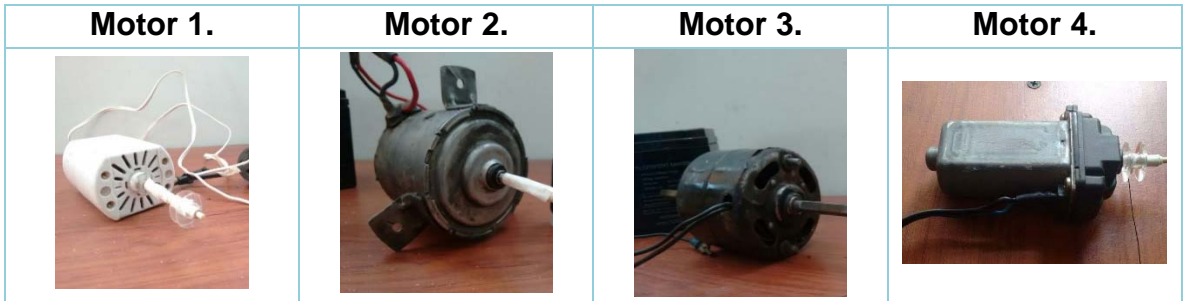
Resultados de validación

Tabla 23. Resultados de segunda validación técnica⁹.

VARIABLE DEPENDIENTE	Motor 1.		Motor 2.		Motor 3.		Motor 4.	
								
DIMENSIONES (cm y cm ³)	Ancho:	15,02	Radio:	4,30	Radio:	3,11	Ancho:	13,32
	Alto:	6,41	Alto:	10,21	Alto:	13,8	Alto:	4,21
	Profundo:	9,32					Profundo:	6,40
	Volumen:	897,3	Volumen:	593,1	Volumen:	419,3	Volumen:	358,9
PESO (kg)	2,5		12,2		8,0		2,1	
EMISIÓN DE RUIDO (dB)	45		47		50		40	
GASTO ENERGÉTICO (WATTS)	190		180		180		100	
TEMPERATUR A (°C)	20		15		12		15	
VELOCIDAD (m/seg)	Longitud del hilo:	15,8	Longitud del hilo:	4,6	Longitud del hilo:	5,3	Longitud del hilo:	8,5
	Tiempo:	2	Tiempo:	2	Tiempo:	2	Tiempo:	2

⁹ En esta tabla, se destacaron con el color azul las características que se adaptan a los requerimientos y en naranja las que son inadecuadas en comparación con los demás valores.

Ilustración 30. Materiales segunda validación técnica.



Evidencia gráfica

Ilustración 31. Evidencia de validación dimensiones.



Ilustración 32. Evidencia de validación de velocidad.



Ilustración 33. Evidencia de validación energética.



Validación gasto energético

Conclusiones.

1. Los cuatro motores fueron sometidos a los diferentes análisis, en la comparación de estos encontramos que el motor N°4 cuenta con mejores atributos.
2. El motor N°1 tiene buena velocidad, pero su volumen, consumo y temperatura después de uso son altos.
3. A continuación se muestran los cálculos realizados para el motor N°4 y con este se planteará y construirá el mecanismo que abre y cierra la ventana.

CÁLCULOS DEL MOTOR N°4. Realizados para la comprobación

Ecuación 2. Número de vueltas.

Perimetro

$$P = 2 \pi r$$

$$p = 2 \pi (0.6\text{cm}) = 1.2 \pi = 3.769911184 \text{ cm}$$

Cada 3.7 cm hay una vuelta

$$t_1 = 3 \text{ s}_g$$

$$X_1 = 8.5 \text{ m} = 850 \text{ cm} = 8500 \text{ mm}$$

$$V_1 = \frac{X_1}{t_1} \quad W_{\text{motor}}$$

$$V_1 = \frac{8.5 \text{ m}}{3 \text{ s}_g} = \frac{17 \text{ m}}{6} = 2.8333 \text{ m/s}_g$$

$$2.8333 \text{ m/s}_g \times 60 \text{ s}_g / 1 \text{ min} = 170 \text{ m/min}$$

$$V_1 = 170 \text{ m/min}$$



Diámetro promedio = D_p



$$D_p = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$D_p = \frac{16 + 8 \text{ (mm)}}{2} = 12 \text{ mm} \quad \begin{array}{l} \text{Radio} = 6 \text{ mm} \\ \text{Radio} = 0.6 \text{ cm} \end{array}$$



Longitud = 8.5 m

Ecuación 5. Diámetro promedio.

$$W_{\text{motor}} \times d_4 = W_2 \times d_2$$

$$\frac{W_{\text{motor}} \times d_4}{d_2} = W_2$$

$$\frac{460 \text{ RPM} \times 9.5 \text{ mm}}{31.5 \text{ mm}} = W_2$$

$$\frac{460 \text{ RPM} \times 9.5 \text{ mm}}{31.5 \text{ mm}} = W_2$$

$$138.73 \text{ RPM} = W_2$$

$$W_2 = W_3$$

$$W_3 \times d_3 = W_1 \times d_1$$

$$\frac{W_3 \times d_3}{d_1} = W_1$$

$$\frac{138.73 \text{ RPM} \times 13.5 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} = W_1$$

$$52.02 \text{ RPM} = W_1$$

Ecuación 6. Revoluciones por minutos transferidos.

Primer Mecanismo planteado. (De apertura y cierre de la ventana.)

Para este mecanismo se adquirió una ventana con deslizable debido a que es una de las más usadas en la construcción actualmente.

Materiales

- Engranajes
- Eje
- Balineras
- Motor
- Tuercas

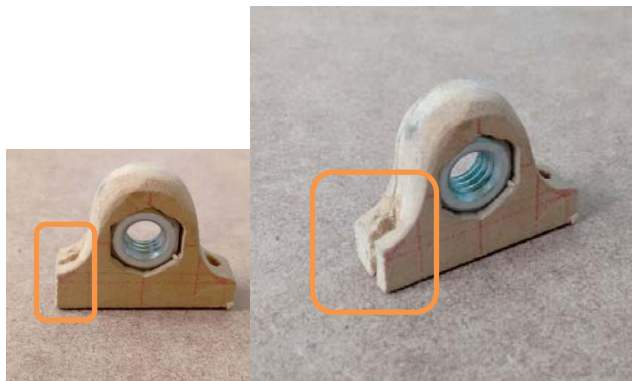
Modelo funcional inicial.

Ilustración 34. Primer modelo mecánico de apertura y cierre de ventana.



Se presentó una ruptura de una de las piezas debido a las fuerzas que estaba sometida y a la fragilidad del material

Ilustración 35. Rotura de pieza.

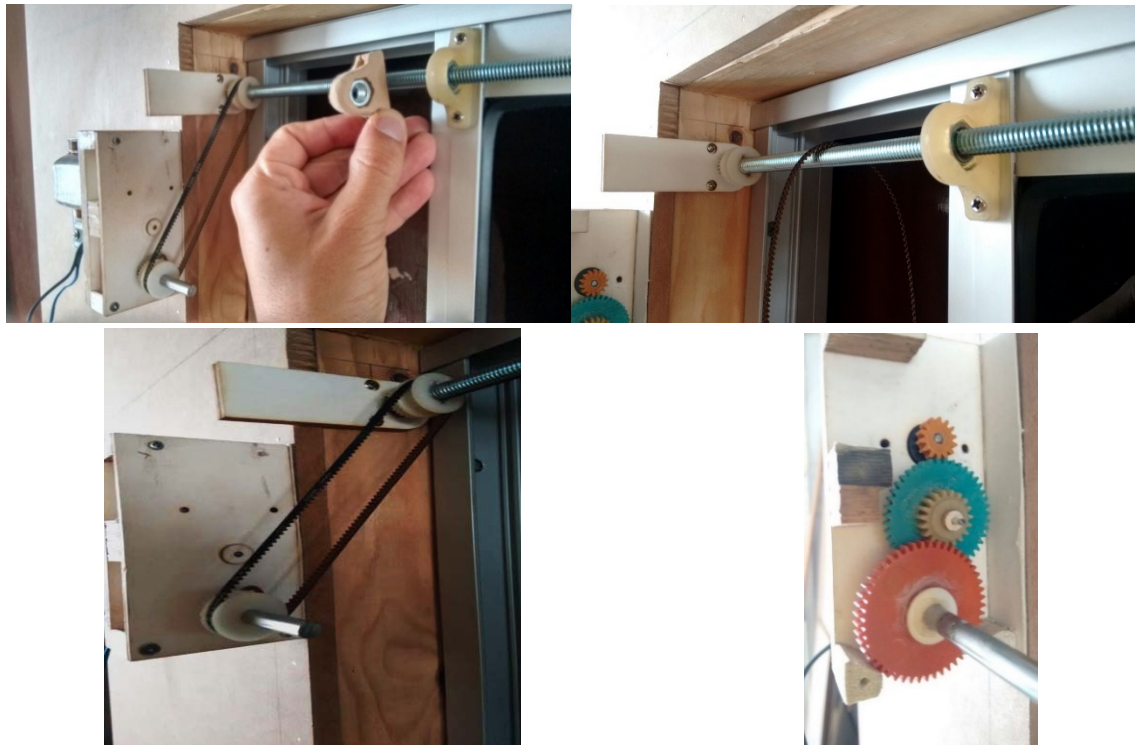


Conclusiones.

- Este primer modelo no cumple correctamente con los requerimientos, ya que uno de los procesos que se quiere evitar para su implementación son los costos elevados debido a los cambios en la infraestructura de la habitación.
- Esta propuesta falló porque para su instalación se debe introducir dentro del muro más cercano a la ventana.
- La pieza que falló, fue rediseñada y sometida a pruebas mediante el simulador de *solid Works* y se construyó en material ABS plus en impresora 3D. ANEXO J. Características de materiales usados en el mecanismo de la ventana.

Segundo Mecanismo planteado. (De apertura y cierre de la ventana.)

Ilustración 36. Segundo modelo mecánico para la apertura y cierre de la ventana.



Este modelo se planteó de forma que la implementación se realice con la ubicación del sistema en el costado lateral de la pared que sostiene la ventana.

Para la transferencia de movimiento al riel se calcularon los radios recomendados para los engranajes.

Ilustración 37. Diámetros primitivos para engranajes del mecanismo.

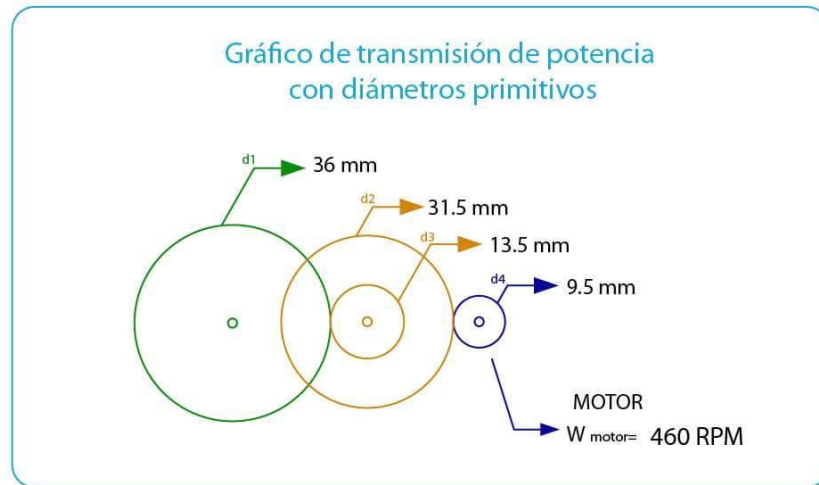
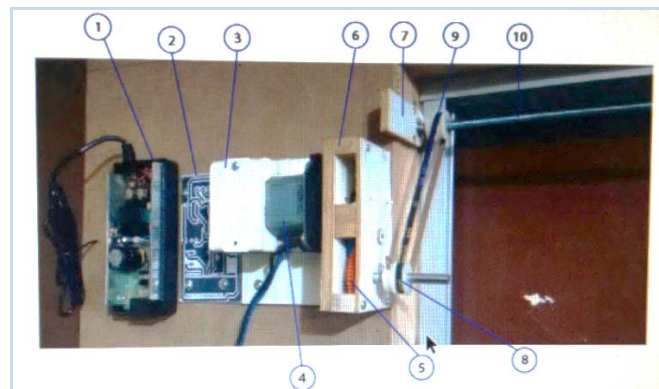


Ilustración 38. Componentes del mecanismo de la ventana.



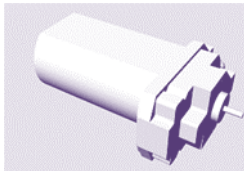
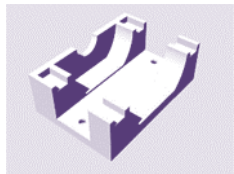
- | | |
|--|---|
| <p>1. Transformador</p> <p>2. Circuito electrónico, que enlaza el ordenador con el sistema mediante un módulo bluetooth</p> <p>3. Carcasa de motor</p> <p>4. Motor</p> | <p>5. Carcasa de engranes</p> <p>6. Engranajes</p> <p>7. Soporte de eje con balinera</p> <p>8. Guaya</p> <p>9. Guía de guaya</p> <p>10. Eje</p> |
|--|---|

Conclusiones.

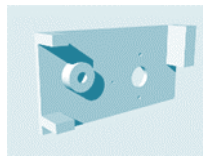
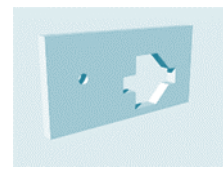
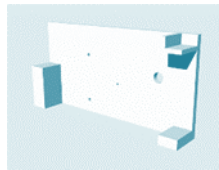
- Las piezas que se usaron en el anterior modelo se adaptaron a este modelo con la modificación en la pieza que falló en el anterior diseño.
- Se implementó una polea para la transmisión de movimiento del sistema debido a que el eje en la propuesta anterior no se enlaza directamente al motor.
- Debido al aumento en las piezas para la transmisión de movimiento se generó un aumento poco considerado en la emisión de ruido de 40 dB a 41 dB.

Ilustración 39. Modelado de carcasas interiores dentro del mecanismo de la ventana.

Carcasa del motor



Carcasa de engranajes



9.1.3 Variable digital

Arquitectura de la información:

Es una forma de organizar mediante grupos o categorías la información requerida para el funcionamiento de una interfaz jerarquizando y priorizando su contenido.

Objetivo: Encontrar (deducir) la estructura organizacional más sencilla (de mejor acogida) que permita contener y organizar la información necesaria al ejecutar las tareas.

Desarrollo: Para establecer la estructura se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se realizó un *CardSorting* abierto para encontrar las formas más comunes de agrupar el contenido del programa *System Be*. En el contenido del programa no se incluyó la calibración de sistema, pues la navegabilidad con intención propia del usuario solo se obtiene una vez se ha calibrado el sistema *System Be*.

Los parámetros a agrupar fueron:

Tabla 24. Sistema para validacion de arquitectura de la información.

VIDEOS	JUGAR	LEER	ENCENDER
CHAT	PUERTA	VENTANA	ESCUCHAR
APAGAR	.CORTINAS	.CERRAR	.MÚSICA
.LUZ	.PELÍCULAS	.ALARMA	.JUEGOS
.VER	.ABRIR	.PELIGRO	.AIRE

Exploración de la arquitectura con el *CardSorting*

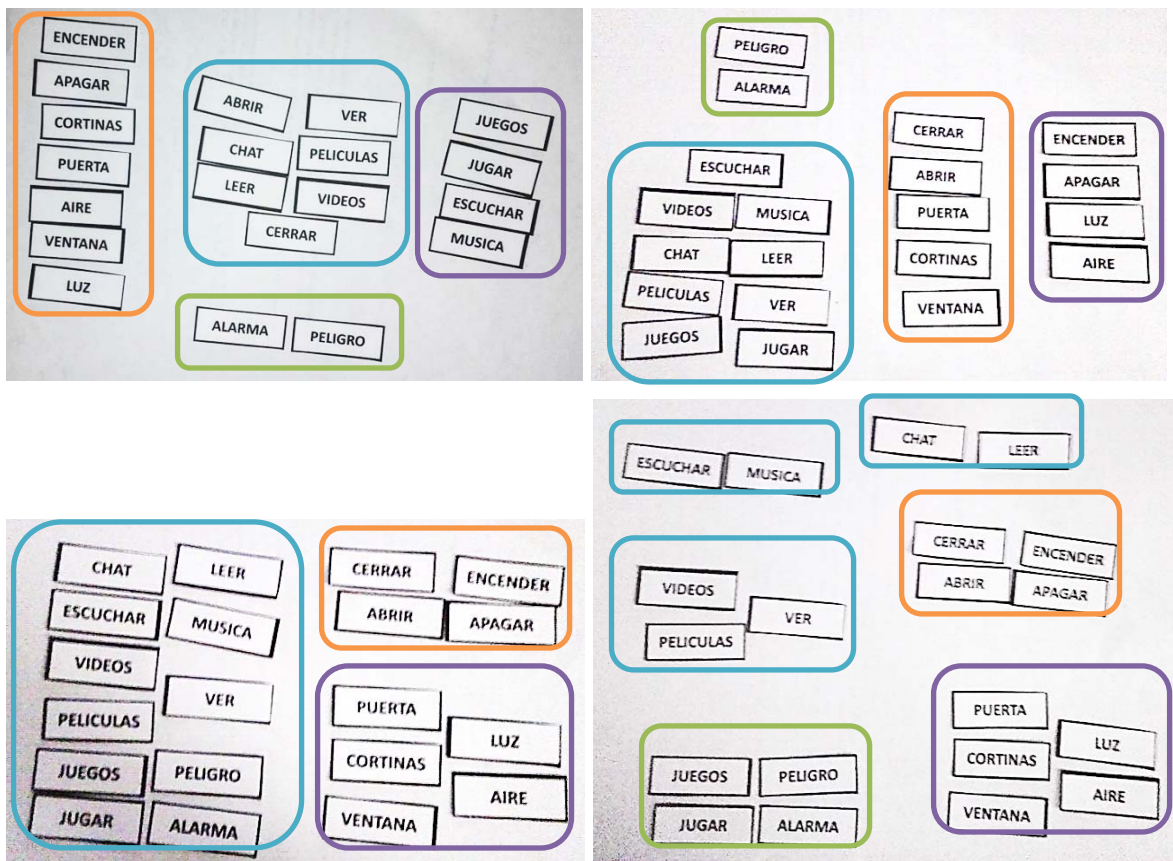
El *CardSorting* es una herramienta que permite al usuario crear categorías agrupando los elementos para brindar orden; permitiendo a su vez crear subgrupos aportando a la comunicación disposición y estructura de la interfaz.

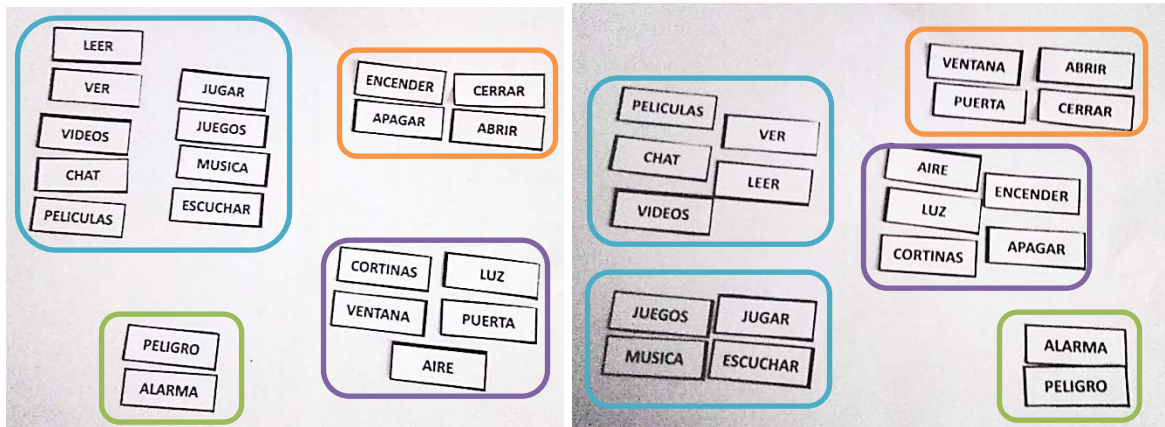
Objetivo: Encontrar las categorías más comunes y escoger los nombres más apropiados para ellas al igual que las agrupaciones.

Participantes: La prueba se realizó a personas entre los 25 y 50 años de edad, entregándoles recortes de papel, en los cuales están escritos los anteriores parámetros nombrados. Los participantes agruparon sin límites de categorías los anteriores parámetros.

Agrupación de las categorías.

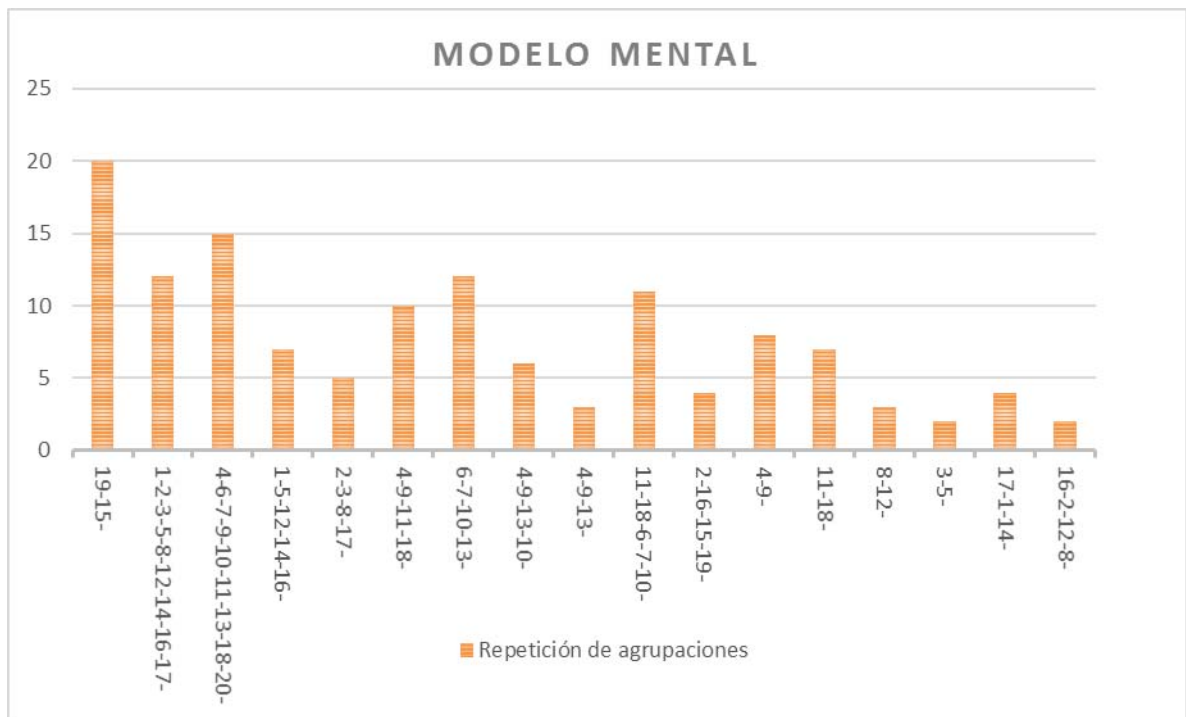
Ilustración 40. Exploración de la arquitectura con el CardSorting.





Resultados

Tabla 25. Resultados del modelo mental.

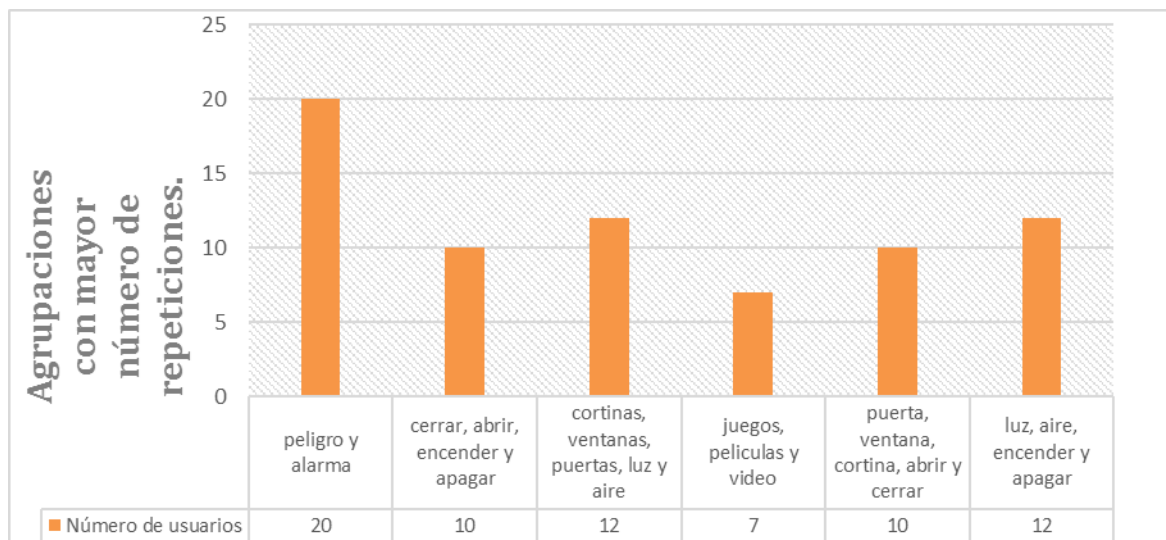


Conclusiones:

1. La tarjeta alarma y peligro no formaron parte de ningún grupo (87,5 %) estas dos palabras fueron por lo general apartadas de los grupos.

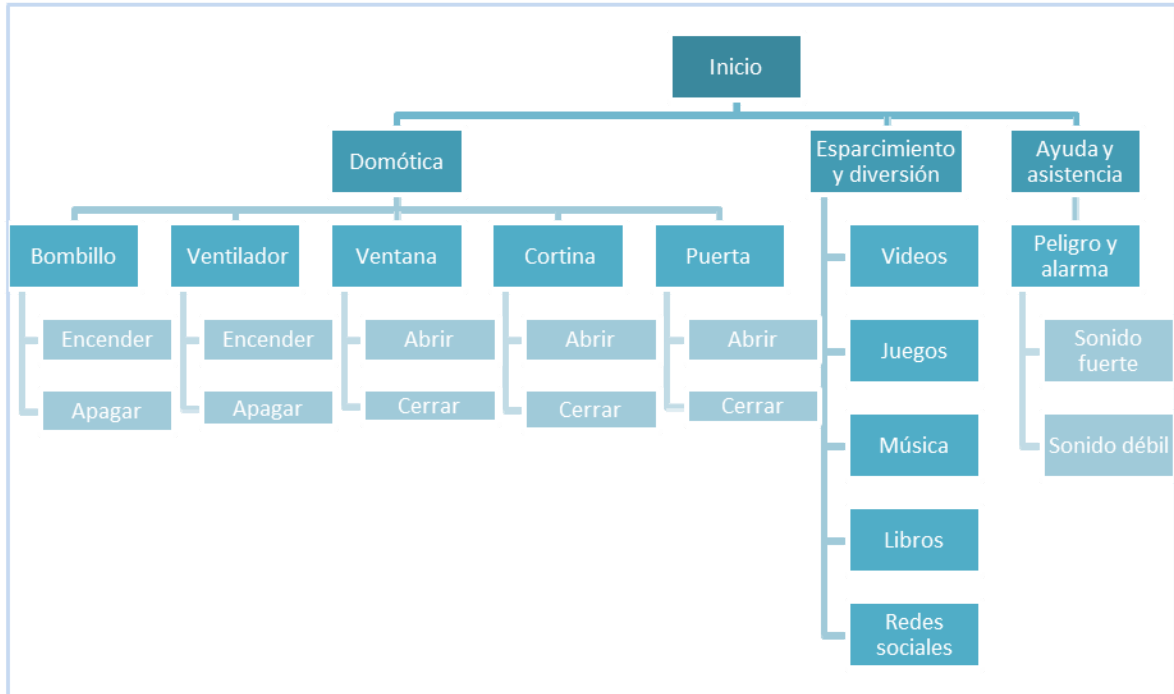
2. Se presentó tendencia en agrupar las tarjetas de cerrar, abrir, encender y apagar, reflejando esto como un grupo de acciones (25%). Al igual que se agruparon las tarjetas de ventana, puerta, cortinas, luz y aire como objetos del entorno (25%).
3. Con un mayor porcentaje de repetición las tarjetas de cerrar, abrir, ventana, puerta, cortina (50%) y de encender, apagar, luz y aire (50%) estas dos estructuras mentales son agrupaciones que se emplearán en el primer boceto de papel para generar la siguiente prueba.
4. Las agrupaciones de películas, videos, juegos y música, obtuvieron un porcentaje de (37%) confirmando una agrupación de entretenimiento.

Tabla 26. Resultados de *cardsorting*.



Arquitectura de información establecida por el CardSorting

Ilustración 41. Arquitectura de la información.



Análisis de tareas

El análisis de tareas consiste en un ordenamiento de lo que un usuario está obligado a hacer en términos de acciones o procesos para finalizar una tarea.

Objetivo:

Obtener una estructura de desarrollo de tareas.

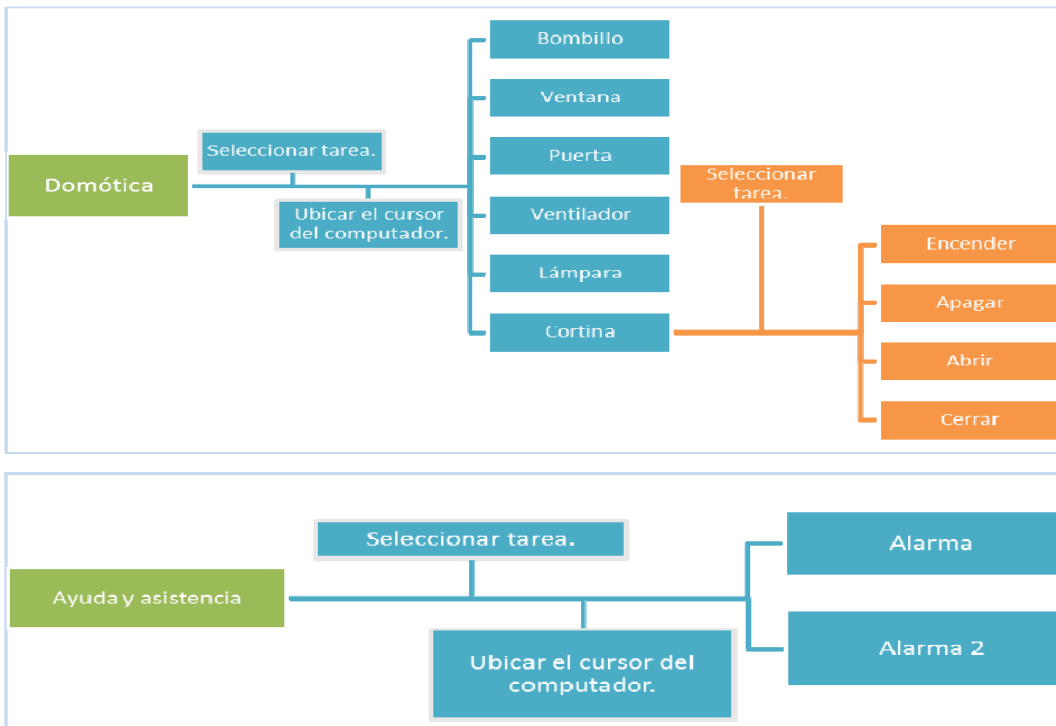
Procedimiento:

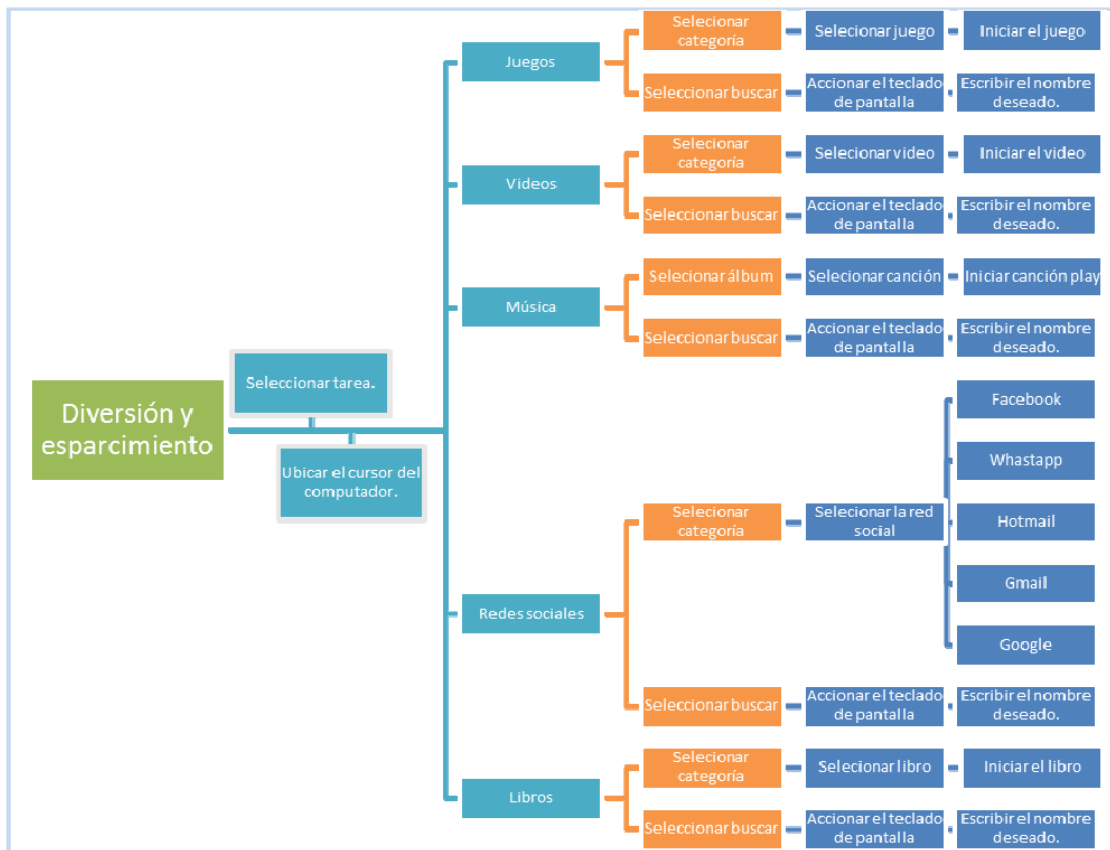
Se detallan las acciones que el usuario puede realizar de acuerdo al contenido de la arquitectura y planificando los procesos para completar la acción.

El proceso se divide en dos partes:

1. Descomponer las tareas de alto nivel, donde las tareas mayores se dividen en sub tareas.
2. Crear un diagrama de flujo de tareas, dividiendo las tareas específicas en pasos detallados.

Ilustración 42. Análisis de tareas.





DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL USUARIO

Es un sistema que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Su principal uso, consiste en proporcionar un entorno visual que permita la comunicación con el sistema.

Validación N° 1. Modelo de papel

Los modelos de papel hacen alusión a una pantalla interactiva y son una herramienta de uso rápido para evaluar alternativas de interfaz gráfica analizando la arquitectura de información propuesta en ella, permitiendo encontrar errores de

interpretación, manipulación o ejecución al desarrollar las actividades o tareas propuestas.

También nos permite tener opiniones directas de los usuarios acerca de los modelos planteados y de la forma de ejecución de tareas. Por medio de gráficos alusivos a las tarjetas utilizadas en la prueba anterior (elementos de uso común, herramientas de comunicación y entretenimiento) y con el fin de evaluar el desempeño de algunos modelos planteados al ser operados por usuarios, se realizó la prueba de la siguiente manera.

Se buscaron personas con rangos de edad entre los 25 y los 60 años, a quienes se pidió el nombre, edad, ocupación y/o nivel académico (para analizar posteriormente con el desempeño en la misma) y posteriormente, se les explicó el motivo de la prueba de la siguiente forma: “Usted asimilará el modelo de papel con una pantalla de ordenador, pc o televisión, la cual puede operar mediante control visual, al observarle aparecerá un cursor o indicador en ella, el cual señalará el sitio que usted observa. Mediante la observación constante y fija sobre los diferentes íconos, usted podrá accionarlos, delegando nuevas opciones, menús y/o pantallas nuevas, todo lo anterior con el fin de ejecutar la siguiente lista tareas o acciones”.

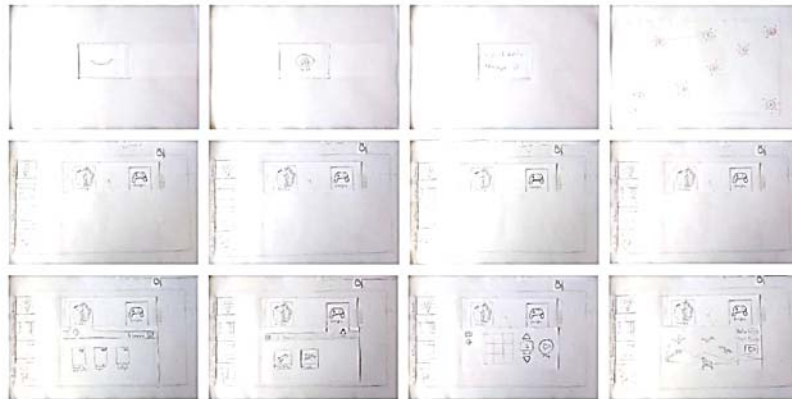
Lista de tareas o acciones:

- | | | | |
|---|--------------------------|----|--------------------------|
| 1 | Ingrese al sistema | 7 | Busque un juego (ábralo) |
| 2 | Encienda la luz | 8 | Ejecute el juego |
| 3 | Abra las persianas | 9 | Cierre el juego |
| 4 | Abra las ventanas | 10 | Cierre la ventana |
| 5 | Busque un libro (ábralo) | 11 | Cierre la persiana |
| 6 | Cierre el libro | 12 | Apague la luz |

A continuación se presentan los dos modelos (Modelo A y Modelo B) de papel evaluados y el dispositivo que sirvió para indicar el lugar observado.

Modelo de papel A

Ilustración 43. Modelo de papel propuesta A.



Dispositivo para indicar y señalar con la mira

Ilustración 44. Pieza apuntadora.



Validación N°1: Análisis de interfaz con prototipo A.

Para analizar el prototipo A se observó y se tomó un registro fílmico (video) de cada una de los participantes de la prueba (usuario de prueba) realizando las tareas pedidas, obteniendo en este los resultados de tiempo, errores y aciertos

cometidos al realizar cada tarea. También se recopilaron datos de forma escrita, tras las experiencias por los usuarios de prueba al finalizar la misma.

En el cuadro siguiente se denota el tiempo que tardó cada uno de los participantes en realizar una tarea (en segundos), y sí se evidenciaron errores al realizar la misma por medio de un asterisco de color rojo (*). El tiempo total de la prueba de cada participante al igual que la edad de los mismos.

Tabla 27. Resultados prototipo A.

Edad	Nombre	Actividades												Tiempo total	Número de errores
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
27	Marlon	10	1	*1	1	3	2	2	2	*4	2	2	2	32 Sg	2
20	Linda	10	2	2	2	2	2	2	2	*4	2	2	2	35 Sg	1
43	María	22	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	2	33 Sg	-
45	Sandra	11	3	2	2	3	*5	2	2	*5	3	2	2	46 Sg	2
21	Layla	17	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	40 Sg	-
35	Norma	9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31 Sg	-
23	Darío	12	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	35 Sg	-
32	Camilo	12	2	2	2	4	2	3	2	2	2	2	2	39 Sg	-
34	Dudan	16	4	2	2	3	2	5	3	*4	2	2	2	47 Sg	1
50	Sergio	*15	2	2	1	*6	2	2	2	*5	2	*2	2	43 Sg	4

CONCLUSIONES

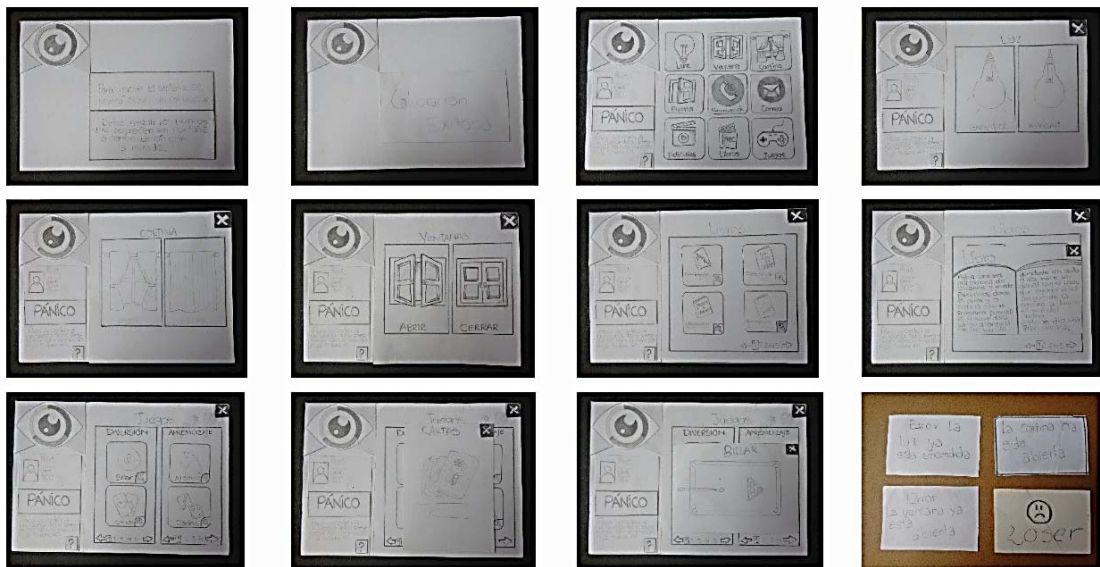
Los resultados obtenidos de la prueba de interfaz con el prototipo A nos arrojaron los siguientes datos valiosos para mejorar el uso e interpretación de la misma:

1. Hay que mejorar la retroalimentación al calibrar el sistema, mediante sonidos y gráficos.
2. Por connotación popular el ícono que indica cerrar se encuentra en la parte superior derecha.

3. En el recorrido al desplazarse de forma visual entre íconos, éstos deben estar agrupados de forma tal que permitan navegar de uno a otro sin accionar alguno de forma involuntaria.
4. Los íconos no fueron claros para todos los rangos de edad.
5. Las instrucciones no son claras para todos los rangos de edad, hay que hacer aclaraciones gráficas y escritas.

Modelo de papel B

Ilustración 45. Modelo de papel prototipo B.



Validación N° 2: Análisis de interfaz con prototipo B

Para analizar el prototipo B se observó y se tomó un registro fílmico de igual forma que en el prototipo A.

En el cuadro siguiente se denota el tiempo que tardó cada uno de los participantes en realizar una tarea (en segundos), y sí se evidenciaron errores al realizar la

misma por medio de un asterisco de color rojo (*). El tiempo total de la prueba de cada participante al igual que la edad de los mismos.

Tabla 28. Resultados prototipo B.

Edad	Nombre	Actividades												Tiempo total	Número de errores
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
35	Daniel	8	1	1	1	3	2	2	4	*4	1	2	2	31	1
29	José	7	1	1	1	2	1	2	2	4	2	1	2	26	-
40	María	11	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	26	-
30	Diego	11	2	2	1	2	3	2	*4	3	3	2	2	37	1
37	Mario	13	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	33	-
42	Darío	9	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	27	-
40	Sonia	10	2	3	1	2	2	3	2	2	2	2	2	33	-
29	Julio	*15	3	3	2	*4	2	3	5	2	2	2	1	45	2
52	Ana	12	2	2	1	3	2	*5	3	4	2	3	2	41	1
51	pedro	*8	1	2	1	2	3	2	2	*5	1	2	2	31	2

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la prueba de interfaz con el prototipo B nos arrojaron los siguientes datos valiosos para mejorar el uso e interpretación de la misma:

1. Se presentaron unos inconvenientes debido a que al tener los íconos en toda la pantalla no permitía que el usuario tuviera un punto de descanso.
2. Los íconos son claros y dada la utilización de palabras, se brindó mayor comprensión.
3. En el recorrido al desplazarse de forma visual entre íconos, éstos deben estar agrupados de forma tal que permitan navegar de uno a otro sin accionar alguno de forma involuntaria.
4. Se realizan demasiados pasos para realizar una acción.

Protocolo / primera validación digital iconografía.

Título:

Sistema domótico mediante el uso del software libre EYES control para personas con cuadriplejía.

Definición del problema:

Teniendo definida la ubicación de los íconos en la pantalla se evaluará la asociación de las palabras usadas a una imagen que se adapte al reconocimiento claro de los usuarios para esto se realizará una prueba donde los usuarios plasmen su imagen mental de las palabras usadas en la interfaz gráfica.

OBJETIVOS:

Evaluar la asociación de las palabras (luz, ventana, puerta, cortina, ventilador, películas, libros, juegos) a los íconos diseñados para dicho propósito.

Comprobar la conexión que existe entre la imagen mental del usuario y los íconos propuestos.

PARTICIPANTES:

Equipo de diseño implicado en el proyecto de un ingeniero de sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

USUARIOS:



Edad: 20 a 40 años

Estrato socio-económico: 3-5 o estrato 1-2 con apoyo de alguna entidad pública o privada.

Formación educativa: Educación básica secundaria con conocimientos básicos de uso de computadores.

HIPÓTESIS 1.

Los siete íconos diseñados para la interfaz gráfica del programa del sistema domótico representan correctamente la acción que cumplen confirmándolo con la imagen mental de los usuarios.

Variables:

Variable Dependiente: Los íconos ya diseñados en el prototipo de papel.

Variable Independiente: Los usuarios expresarán su imagen mental mediante una ilustración de los siete íconos.

NOMBRE DE LA VARIABLE 2: Imagen mental

Definición Operativa:

Naturaleza	Nivel de medición similitudes	Escala
Cualitativa	Se analizaran la correspondencia de formas	Tiempo corto

Observaciones:

Para medir el tiempo se realizaron tres pruebas preliminares encontrando un promedio. Para la medición de esta prueba además del tiempo se analizaron los dibujos elaborados por el usuario mediante un desestructuración de las formas a formas básicas para compararlas con los íconos planteados.

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

HIPÓTESIS 2 / imagen mental

1. LUZ

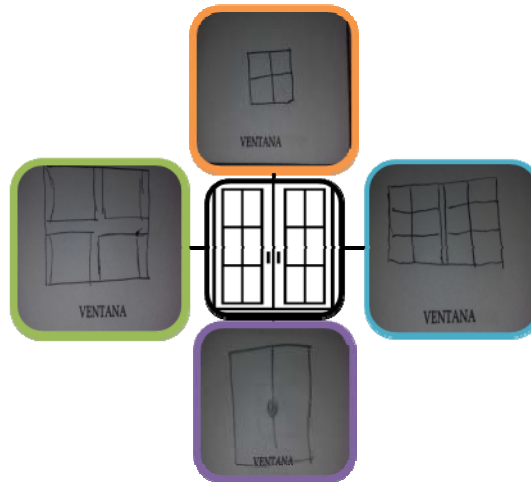
Tabla 29. Resultados prueba iconográfica luz.



- ✓ Durante la prueba se presentó una falla la palabra luz, es un término muy genérico para el proyecto ya que este puede ser interpretado de muchas formas no relacionadas con la domótica durante la prueba en un 40% se falló por el mal entendido del término como el dibujar un sol, a Dios y el Espíritu Santo. Para solucionar la falla se modifica el término luz por ILUMINACIÓN al haberse realizado el cambio las gráficas son más coherentes con lo estimado.
- ✓ El 60% dibujo un bombillo justo como se observan en la gráfica anterior. Confirmamos claramente que el ícono planteado que se encuentra en el centro de la gráfica es correcto.

2. VENTANA

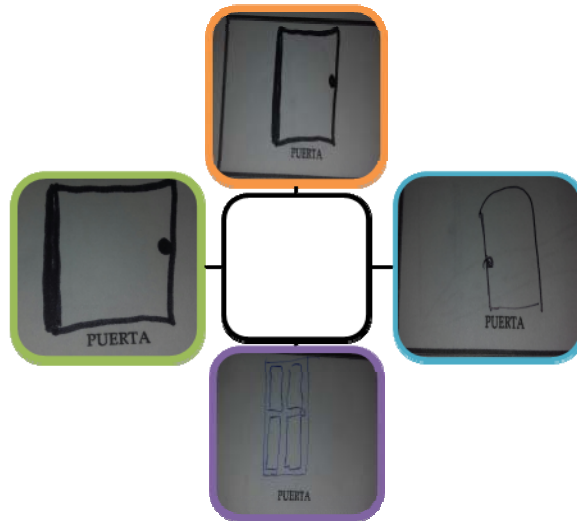
Tabla 30. Resultados prueba iconográfica ventana.



- ✓ El 90% dibujó una ventana con apertura fija batiente justo como se observa en la ilustración anterior.
- ✓ Estos gráficos se complementan con la representación iconográfica de ventana a pesar de que la ventana que este abrirá sea de corredera.

3. PUERTA

Tabla 31. Resultados prueba iconográfica puerta.



- ✓ Los dibujos de puerta variaron con respecto al punto donde se ubica la perilla de la puerta en un 5 % alguno de los usuarios ubicaron la perilla al lado izquierdo.
- ✓ En cuanto a la forma uno de los usuarios dibujo la puerta con un arco en la parte superior los demás de forma rectangular o casi cuadrada.

4. CORTINA

Tabla 32. Resultados prueba iconográfica cortina.



- ✓ Los dibujos realizados son claros y coinciden con la expresión mostrada en el ícono a pesar de los pequeños cambios en las cortinas abiertas y cerradas.
- ✓ Debido a que notamos que se requería ver la imagen mental de una cortina abierta y cerrada se pidió a los usuarios que dibujaran los dos tipos para corroborar.

5. PELÍCULAS

Tabla 33. Resultados prueba iconográfica películas.



- ✓ Debido a los resultados no muy claros de las imágenes se realizará otra prueba que nos brinde mejores resultados.
- ✓ A pesar que un 40% de los usuarios dibujaron un rollo de cinta es un dato muy bajo para corresponder al ícono.

6. JUEGOS

Tabla 34. Resultados prueba iconográfica juegos.



- ✓ Los resultados fueron completamente diferentes desde dibujos de pelotas hasta un pasamanos, un sube y baja, un parque y un control de consola de video juegos fueron los plasmados por los usuarios, esta prueba obtuvo un resultado incoherente por tanto se propondrá otra que resulte más clara.

7. VENTILADOR

Tabla 35. Resultados prueba icnográfica ventilador.



- ✓ Los dibujos realizados son claros y coinciden con la expresión mostrada en el ícono a pesar de los pequeños cambios en las bases del ventilador.

Protocolo / Segunda validación digital iconografía

Debido a fallas en el protocolo de la primera validación iconográfica para definir un ícono para dos de las actividades de esparcimiento, se propone otro formato de validación guiado.

HIPÓTESIS 2.

Los dos íconos diseñados para la interfaz gráfica del programa correspondiente a películas y juegos del sistema domótico representan correctamente la acción que cumplen, confirmándolo con la experiencia de los usuarios.

VARIABLES:

Variable Dependiente: Los íconos ya diseñados en el prototipo de papel.

Variable Independiente: Los usuarios seleccionarán el ícono que se adapta a las palabras películas y juegos.

NOMBRE DE LA VARIABLE 2: Correspondencia de formas

Definición Operativa:

Naturaleza	Nivel de medición similitudes	Escala
Cualitativa	Se analizarán la correspondencias de formas	Tiempo corto

Observaciones:

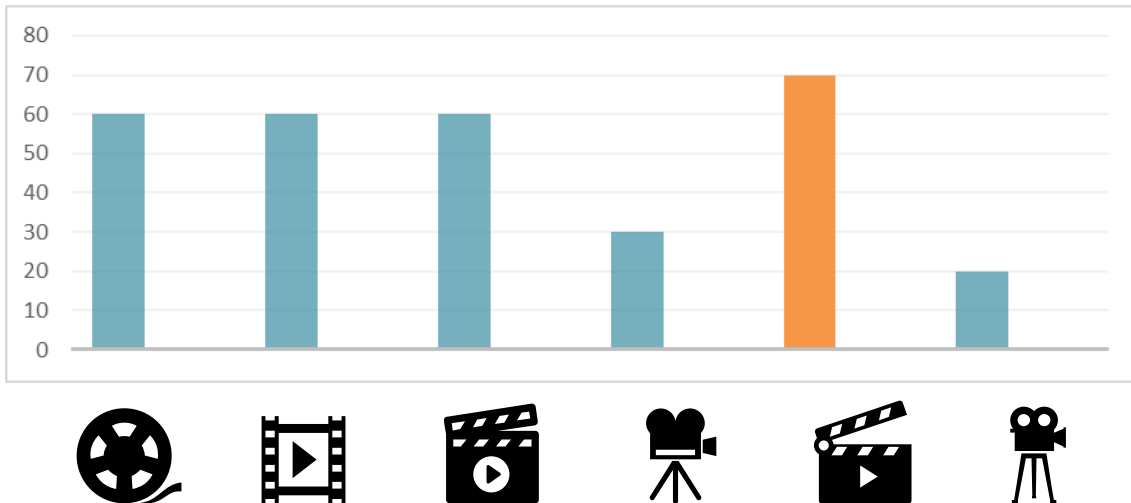
Para el desarrollo correcto de esta prueba será necesario un observador quien deberá cerciorarse de que la selección del usuario fue la primera que señaló y un guía, quien explicará el procedimiento y mantendrá el formato de prueba en forma vertical en frente al rango de visión del usuario.

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

HIPÓTESIS 2 / Correspondencia de formas

1. Películas

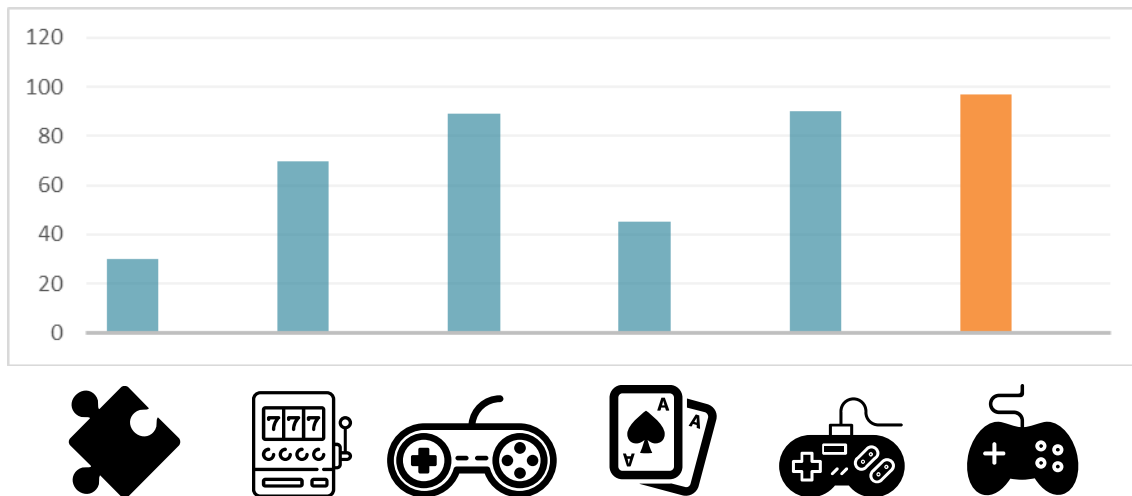
2. **Tabla 36. Resultados de validación iconográfica protocolo 2.**



✓ Durante el proceso de selección de imagen generó confusión debido a que los íconos son similares.

3. Juegos

4. Tabla 37. Resultados de validación iconográfica protocolo 2



- ✓ Con respecto al ícono de juegos los tres íconos que están representados por un control de consola de video juego obtuvieron mayores puntajes y sus variaciones son pocas es por esto que a pesar de que la selección se represente con un gráfico no concluyente se selecciona el control de consola.

Protocolo / Tercera validación digital relación con el usuario

Se realizará un prototipo de alta fidelidad, es decir, un método donde el prototipo utilizado para la evaluación corresponde a una interfaz que se acerca a la propuesta final.

Se planteó una primera propuesta visual que permitiría evaluar la efectividad de los usuarios, de acuerdo las tareas designadas. Esa efectividad se midió en porcentaje de usuarios que realizó con éxito la tarea.

Ilustración 46. Método para cálculo de resultados

Acción	Porcentaje	Tiempo(seg)
Accionamiento efectivo	100%	1-3
Leve dificultad	80%	4-6
Accionamiento aceptable	50%	7-9
Accionamiento regular	30%	10-12
No accionamiento	0%	30 ≥

Desarrollo de la validación

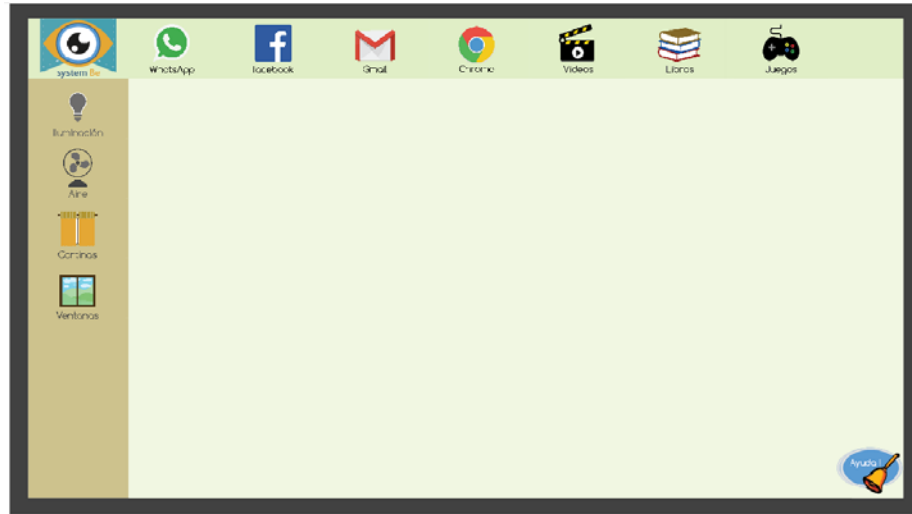
1. Para llevar a cabo la prueba se realizó un archivo ejecutable en adobe flash.
2. Se pidió a cada uno de los usuarios que realizará las siguientes acciones.
 - Encender el bombillo
 - Apagar el bombillo
 - Jugar
 - Pedir ayuda
3. Se usará el dispositivo de control de movimiento ocular y en una postura acostado en un ángulo inferior o igual a 30°.

Observaciones:



Para el desarrollo correcto de esta prueba se necesitaron dos auxiliares para capturar evidencia fotográfica.

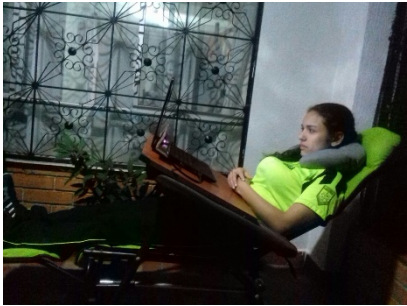
Pantalla de validación

Ilustración 47. Prototipo de alta fidelidad.



RESULTADOS DE VALIDACIÓN RELACIÓN CON EL USUARIO

Sandra 38 años		
Encender el bombillo.	70%	
Jugar	70%	
Apagar el bombillo	100%	
Pedir ayuda	80%	
Luis 41 años		
Encender el bombillo.	80%	
Jugar	60%	
Apagar el bombillo	100%	
Pedir ayuda	100%	

Carolina 28 años		
Encender el bombillo.	100%	
Jugar	80%	
Apagar el bombillo	100%	
Pedir ayuda	50%	

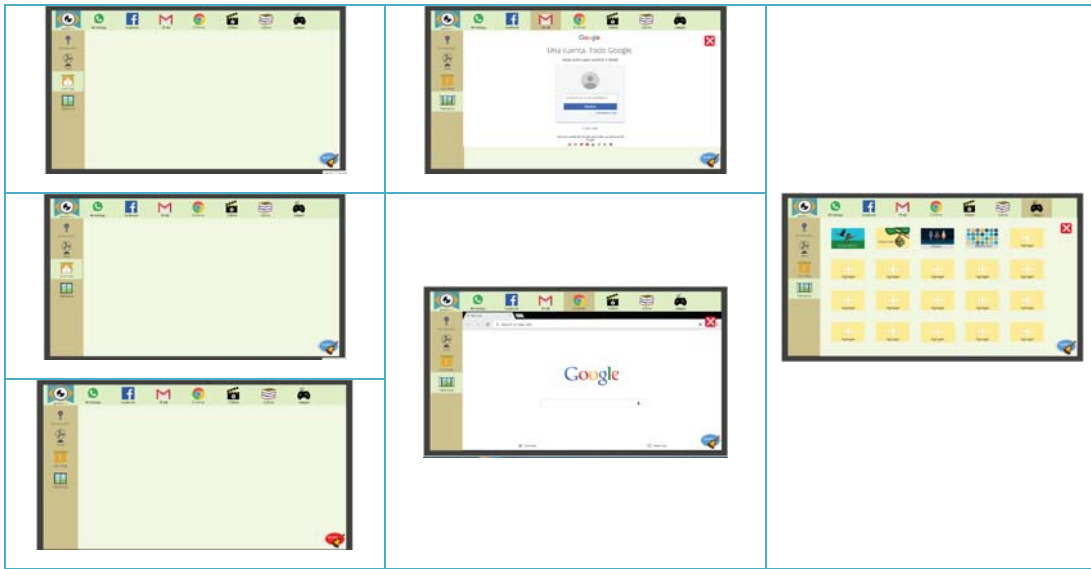
CONCLUSIONES

- ✓ La realización de las tareas fue efectiva, se presentaron algunas dificultades debido a que los usuarios no han tenido la oportunidad de usar nunca este tipo de tecnología detectora del movimiento ocular.
- ✓ El reconocimiento de los íconos fue correcto, ya que las acciones se completaron en tiempos cortos.
- ✓ El ícono de ayuda se ubicó en el costado derecho y parte inferior de la pantalla, esto facilitó su ubicación, pero tardaron en accionar el ícono, debido a que su tamaño no permitía un acceso fácil. Se realizarán modificaciones en este ícono.

Pantallas usadas para el desarrollo de la validación

Ilustración 48. Pantallas de validación.

Domótica	Redes sociales	Entretenimiento
		
		



CONCLUSIONES VARIABLE DIGITAL

- ✓ Debido a los costos en la realización del programa y los enlaces con la parte electrónica del sistema domótico se da por finalizadas las pruebas con respecto a la variante digital, ya que no contamos con el apoyo de ninguna entidad para avalar el costo de elaboración por un ingeniero de sistemas.
- ✓ Se deja planteada la propuesta de interacción con aplicaciones como redes sociales y entretenimiento, pero se enlazará solo el sistema domótico por las causas anteriormente expresadas.

9.1.3 Variable ergonómica. Se llevará a cabo una prueba ergonómica para comprobar el accionamiento y reconocimiento del movimiento ocular, con la que se pretende corroborar la información de funcionamiento del dispositivo y verificar las correcciones realizadas.

PROTOCOLO / PRIMERA VALIDACIÓN ERGONÓMICA

Las personas utilizan herramientas, objetos, artefactos o elementos varios, con los cuales pueden alcanzar un objetivo implícito dentro de una acción o tarea

propuesta, buscando éxito en una actividad determinada. El diseño oportuno de este elemento se define como un buen diseño. Basándonos en esto, acudimos a realizar pruebas que nos permitan evaluar hasta qué punto la topografía de nuestro dispositivo da prestaciones o limitó a nuestros usuarios dotándolos o no, de una retroalimentación necesaria para crear los resultados más eficaces y alcanzar los objetivos.

OBJETIVOS GENERAL

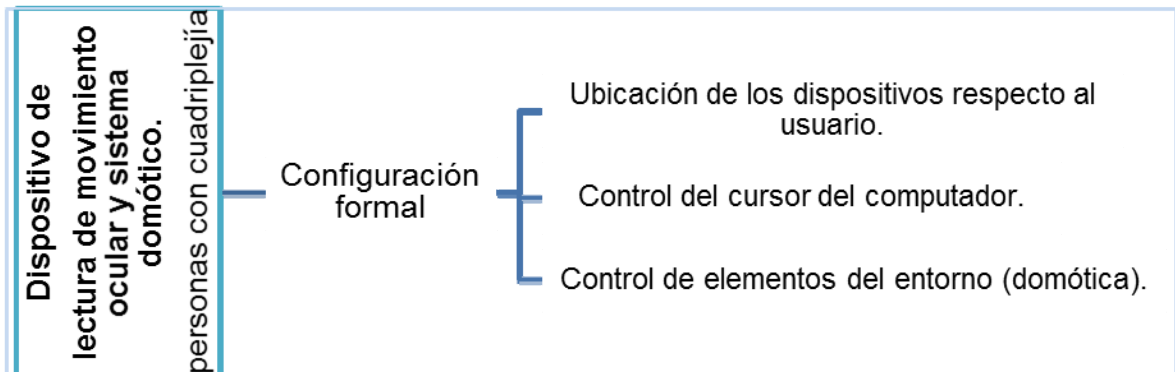
Evaluar los aspectos de uso que intervienen en la eficiencia del dispositivo al momento de activar y usar los programas.

ESPECÍFICOS

1. Validar la usabilidad del producto para identificar aspectos que representarán obstáculos durante la experiencia del uso de *System Be*.
2. Identificar recomendaciones con el fin de modificar los aspectos que podrían mejorar el producto.

ASPECTOS A EVALUAR: Usabilidad del dispositivo *SYSTEM BE*.

Tabla 38. Aspectos a evaluar ergonómicamente.



PARTICIPANTES

Criterios de inclusión:

- Interés en participar del estudio
- Disponibilidad para las fechas programadas del test
- Conocimientos básicos del computador
- Participantes con un rango de visión 8/10 o que hagan uso de anteojos.

La prueba se realizará a personas en estado de cuádruplejía, o que tengan una severa disminución de sus capacidades motrices debido a enfermedades congénitas o por accidentes como: artrosis degenerativa, infecciones neurológicas, ictericia grave, entre, otras, y personas simulando el estado de cuádruplejía con edades entre 25 a 50 años. A cada persona se le hará un registro fotográfico y de video para analizar posteriormente las pruebas.

Criterios de exclusión:

- Discapacidad cognitiva o física que le impida desarrollar la experiencia de uso del dispositivo.

Posibles participantes:

- Fundación Fandic Bucaramanga: 2 integrantes.
- Personas que asuman el rol de discapacidad cuádruplejía: 8 personas.

- Cada usuario debe estar acompañado por un usuario secundario (familiar o especialista de la salud).

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es validar la eficiencia del movimiento del cursor teniendo en cuenta la ubicación del dispositivo para identificar aspectos que son obstáculos en la interacción del usuario con el computador. Esto permitirá obtener diferentes recomendaciones para el grupo de diseño, con el fin de modificar los aspectos que podrían mejorar el dispositivo.

MÉTODOS

Basados en la norma ISO 13047: 1999, para procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano, estructura de un informe de evolución de la usabilidad *Documentación de la interacción con el usuario*.

Grabación de video: Documentar las observaciones del cliente en el contexto de uso.

Fotografía fija: Registro y exhibición de la prueba.

Formato Encuesta: Evaluar la interacción del usuario con el recipiente.

DESARROLLO DE LA VALIDACIÓN

Se iniciará presentando el grupo de trabajo y las razones por las cuales se realiza la prueba. A cada persona se le hará un registro fotográfico para analizar posteriormente.

INTRODUCCIÓN:

“Somos estudiantes de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, estamos realizando nuestra tesis de grado y realizaremos una prueba para evaluar la interacción con el siguiente dispositivo.”

TAREAS:

1. Lectura arquitectónica del dispositivo.
2. Ubicación del usuario primario con un Ángulo no superior a 30°.
3. Disposición del dispositivo para realizar la calibración.
4. Escoger el ícono del programa *System Be*.
5. Accionamiento del ícono con el movimiento ocular.
6. Selección de la apertura de ventana.

La escala de medición de las tareas se categoriza así: 1. Se completó con facilidad, 2. Se completó con dificultad, 3. Falló, es decir, no pudo completar la tarea en el tiempo establecido.

EFICACIA EN EL ACCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO:

Se entregará el dispositivo al usuario secundario, para que realice los pasos del 1 al 3 de la secuencia de uso, posteriormente el usuario primario realizará los pasos del 4 al 6. Se observará al usuario con el dispositivo analizando si el

accionamiento es oportuno, cómo reconoce su lenguaje de uso con el fin de saber si: *¿Pudo lograr identificar el lenguaje del dispositivo?*

SECUENCIA DE USO:

Se le indicará brevemente el funcionamiento y se procederá a pedir verbalmente al usuario que ingrese a el programa *System Be*. *Se pedirá que encienda la luz y prenda el ventilador.*

PROCEDIMIENTO

La prueba se realizó en un área, en el cual usando elementos indispensables como un computador (portátil), que tiene el dispositivo *Be* en el ordenador, el programa *System Be*, y *point n-click* (politan enterpprises LLC, 2002) con su respectivo programa de instalación (*EYES-TRIBE*), posteriormente se dio a los participantes la instrucción previa, que consistió en explicar de forma general el funcionamiento del dispositivo.

En una mesa se dispuso el computador, el dispositivo *Be* , también se adaptó la postura en la cama mediante almohadas y sujeciones para simular la postura de un usuario con cuadriplejía que permitiera al usuario permanecer con la cabeza inmóvil y así poder asumir el rol correctamente. La experiencia se dividió en 4 momentos: el inicio, con la lectura arquitectónica del dispositivo por parte del usuario secundario, después con la disposición del dispositivo al iniciar la calibración del movimiento ocular. Posteriormente que escogieran el ícono correspondiente y finalmente con el accionamiento del ícono seleccionado.

La escala de medición de las tareas se categoriza así:

1. Se completó con facilidad.

2. Se completó con dificultad.

3. Falló, es decir, no pudo completar la tarea en el tiempo establecido.

VARIABLES ERGONÓMICAS

Variable	Definición operativa	Escala de medición	Nivel de medición
Funcionalidad	Es el logro de los propósitos del dispositivo, la comprensión del objetivo y cómo lograrlo.	<p>Cualitativa ordinal:</p> <p>-2 Las instrucciones son incomprensibles y nunca se logra entender funcionamiento del dispositivo.</p> <p>-1 Las instrucciones se comprenden con dificultad y el funcionamiento del dispositivo no es claro.</p> <p>0 Se logra comprender las instrucciones y se entiende el funcionamiento del dispositivo sin embargo es difícil conseguirlo.</p> <p>1 Las instrucciones del accionamiento son claras, sin embargo la experiencia</p>	<p>-2 a 0 - Inaceptable</p> <p>1 a 2 - Aceptable</p>

		<p>a veces se ve afectada por la necesidad de nuevas explicaciones.</p> <p>2 Las instrucciones son claras, el funcionamiento del dispositivo es fácilmente comprensible, haciendo la experiencia de uso fluida y sin problemas.</p>	
Affordance	<p>Todos los elementos del dispositivo están al alcance del usuario, son fácilmente reconocibles e intuitivos</p>	<p>Cualitativa ordinal:</p> <p>-2 Ninguno de los elementos del dispositivo se diferencian, las formas no son intuitivas.</p> <p>-1 Algunos elementos son reconocibles, pero se presentan frecuentemente confusiones.</p> <p>0 Los elementos se reconocen, los controles son claros y sus formas intuitivas, sin embargo son difíciles de usar y se presentan errores frecuentemente.</p>	<p>2 a 0 - Inaceptable</p> <p>1 a 2 - Aceptable</p>

		<p>1 Las formas son adecuadas e intuitivas, los controles son fácilmente reconocibles, aunque esporádicamente se presentan errores.</p> <p>2 Los elementos son fácilmente reconocibles, las formas son intuitivas, casi nunca se presentan errores y cuando se presentan es fácil percatarse y corregirlos.</p>	
Retroalimentación	<p>Capacidad del sistema para informar sobre su estado actual y las acciones posibles</p>	<p>Cualitativa ordinal:</p> <p>-2 El sistema no informa acerca del estado del dispositivo, no es claro con las instrucciones y se presentan errores continuamente, la información proporcionada es confusa y de poca utilidad.</p> <p>-1 El sistema informa acerca de algunos estados pero la información no es clara y se presentan</p>	<p>2 a 0 - Inaceptable</p> <p>1 a 2 - Aceptable</p>

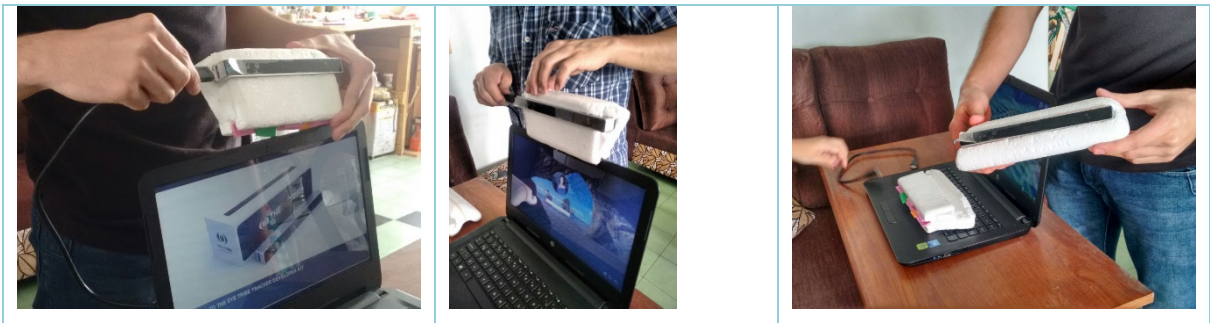
		<p>confusiones.</p> <p>0 Aunque el sistema informa del estado actual, no es fácil entender las acciones que son posibles.</p> <p>1 El sistema informa acerca del estado con un dato comprensible, útil y oportuno, sin embargo se presentan algunos errores por mala interpretación de los comandos.</p> <p>2 El sistema informa acertadamente el estado en el que se encuentra el dispositivo, proporcionando retroalimentación confiable y útil acerca de las acciones posibles y los comandos son seguidos sin errores.</p>	
--	--	--	--

TABULACIÓN DE RESULTADOS DE ENCUESTA

Tabla 39. Tabulación de resultados de encuesta ergonómica.

Tarea	1	2	3	N° de errores	Tiempo
Lectura de la arquitectura del dispositivo	8	2	-	2	1 min
Ubicación del usuario primario con un Ángulo no superior a 30°	10	2	-	1	3 min
Disposición del dispositivo para realizar la calibración	10	-	-	0	1 min
Escoger el ícono.	7	3	-	3	2 min
Accionamiento del ícono con el movimiento ocular.	9	1	-	1	1min

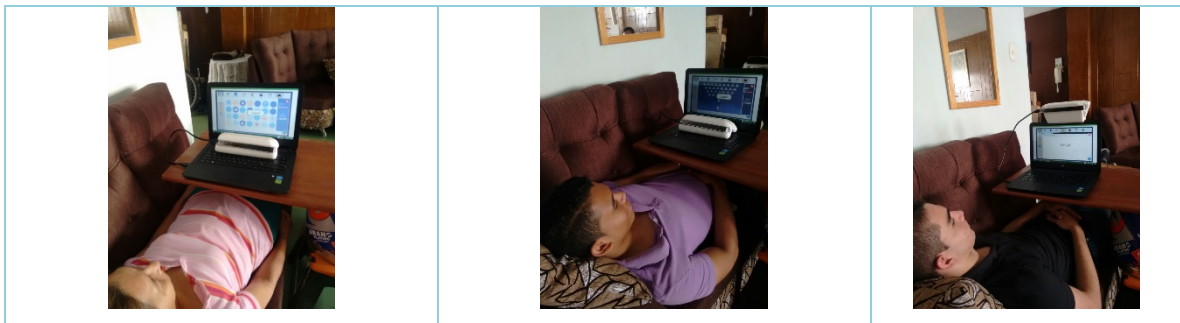
Ilustración 49. Evidencia fotográfica.



TABULACIÓN DE RESULTADOS

VARIABLE	ASPECTO	TOTAL INDIVIDUAL	TOTAL
AFFORDANCE	Reconocimiento de la forma del dispositivo	0.8	1.1
	Reconocimiento del cable de conexión.	1.0	
	Identificación física de del sensor de movimiento	1.3	
FUNCIÓN	Facilidad de acceder al programa <i>EYES CONTROL</i>	0.9	0.9
	Facilidad de calibración.	0.8	
	Facilidad de llevar a cabo la acción deseada.	1.0	
RETROALIMENTACIÓN	Reconocimiento de la señal de encendido.	1.4	1.3
	Reconocimiento y diferenciación de los íconos de acceso al programa.	0.9	
	Reconocimiento del movimiento del cursor.	1.5	

Ilustración 50. Evidencia fotográfica.



CONCLUSIONES PRIMERA VALIDACIÓN ERGONÓMICA

- ✓ La respuesta visual generada por el dispositivo en el computador se hace con un retraso de 1 segundo.
- ✓ El circuito electrónico se puede reducir para disminuir el tamaño de las carcasas y cumplir de mejor manera con los requerimientos.
- ✓ La forma del dispositivo lector esta sobre dimensionada y no denota claramente su ubicación en el ordenador
- ✓ Se presentaron dificultades al momento de calibrar cuando el dispositivo que reconoce el movimiento ocular, se encuentra en la parte superior de la pantalla del ordenador.
- ✓ La postura del usuario no debe superar un ángulo de 30° para evitar escaras y úlceras por presión, por esta razón se calcula un ángulo específico de uso del dispositivo para evitar errores en la calibración y el funcionamiento del mismo.

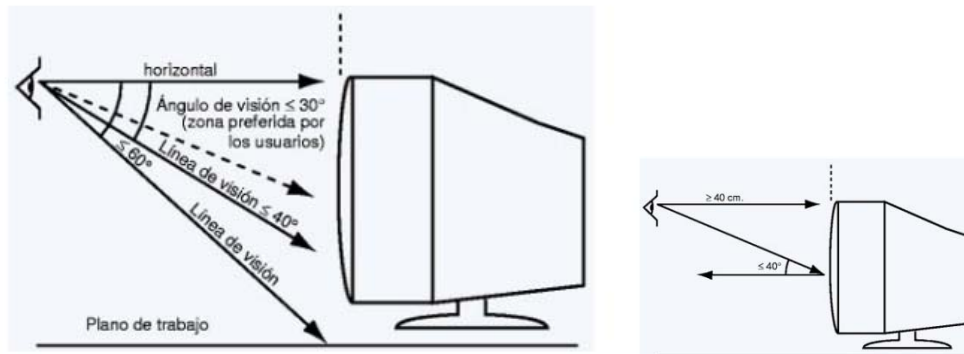
Segunda validación ergonómica

Se realizó con el fin de verificar los ángulos de disposición de los elementos que serán ubicados en el entorno de la persona en estado de cuádruplejía.

Resulta importante destacar que la pantalla se ha de colocar de forma que las áreas de trabajo que hayan de ser visualizadas de manera continua tengan un "ángulo en la línea de visión" comprendido entre la horizontal y 60° por debajo de la misma. No obstante, la zona que brinda mayor confort a los usuarios, según diversos estudios, se sitúa entre la línea de visión horizontal (ángulo de 0°) y un

ángulo de 30°. Además, cualquier pantalla debe ser legible desde cualquier ángulo de visión, al menos hasta 40° desde la normal a la superficie de la pantalla, medido en cualquier plano de ella, siendo el óptimo 0°.

Ilustración 51. Ángulos adecuados para el uso de un ordenador.



Protocolo 1

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Debido a las posturas decúbito supino del usuario, se debe tener en cuenta la ubicación del lector de movimiento ocular en el ángulo que abarque mayor cantidad de posturas para evitar errores en la calibración.

OBJETIVOS:

- Hallar los ángulos en los cuales se debe ajustar el dispositivo y la mesa del ordenador al igual que la distancia mínima a la que éste debe ir ubicado.

PARTICIPANTES: Equipo de diseño implicados en el proyecto y personas simulando el estado de cuadriplejía.

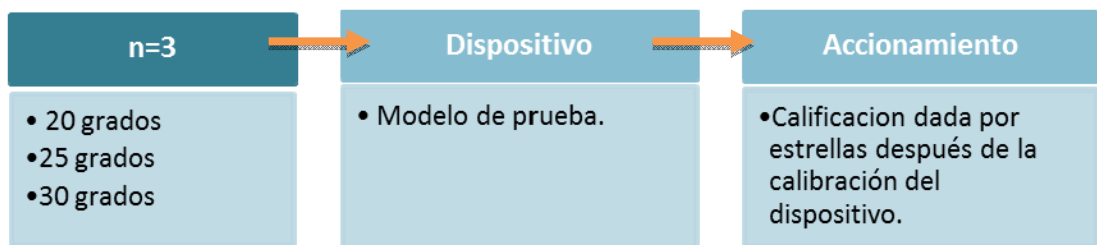
HIPÓTESIS 1

El dispositivo lector de movimiento ocular se ajusta a la postura decúbito supino menor del usuario con una inclinación de un ángulo de 30°.

VARIABLES:

Variable Dependiente: Ángulo del lector.

Variable Independiente: Rango de usuario de 20 a 30 grados acostado, ángulo de la mesa y ángulo del lector ocular.



Observaciones:

Para definir las distancias se seleccionan tres distancias que representan un área máxima y mínima de la habitación del usuario primario, se ubicará el sistema emisor y receptor de bluetooth y radio frecuencia, se accionará el sistema y se verificará la recepción y el tiempo de respuesta.

Naturaleza	Nivel de Medición (metros y segundos)	Escala
Cuantitativa	Nivel de respuesta a angulación de la mesa y lector.	Ángulos: 20 Grados
		Ángulos: 25 Grados
		Ángulos: 30 Grados

Procedimiento:

1. Se programaron y conectaron todos los componentes.
2. El proceso está dividido en tres etapas, la primera, en donde se ubica el usuario a un ángulo de 20 grados la mesa perpendicular al ángulo y el lector en un ángulo acorde a la lectura del movimiento.
3. Se realizó la misma acción para los ángulos de 25 y 30 grados.

Para su valoración se plantea la siguiente tabla:

Acción	Porcentaje	Número de estrellas
Accionamiento efectivo	100%	5
Accionamiento aceptable	50%	3-4
Accionamiento regular	30%	2-3
No accionamiento	0%	1

Resultados segunda validación ergonómica

Para el desarrollo de esta validación fue necesario realizar una indagación, donde se encontró una gran disminución en los factores que nos generaban datos inconsistentes.

El rango de ubicación de la pantalla recomendado es de 44 cm mínimo y dependiendo del nivel de visión que tiene el usuario se puede llegar a desplazar hasta los 55 cm. La altura de la mesa debe ser variante, debido a que, se debe tener en cuenta las variantes de la altura de la cama y la masa corporal del usuario.

El ángulo de la visión horizontal es de 10° a 20° por debajo.

(PRIMERA VALIDACIÓN MODIFICACIÓN DE PANTALLA DEL ORDENADOR)

Ángulo del usuario	Ángulo de la mesa. (Con respecto a la postura del usuario)	Ángulo del lector	Ángulo de la pantalla del ordenador	Número de estrellas
20°	90°	70°	75°	3
	100°	70°	83°	4
	110°	70°	100°	5
	120°	70°	90°	4
25°	90°	70°	75°	4
	100°	70°	83°	4
	110°	70°	100°	5
	120°	70°	90°	3
30°	90°	70°	75°	3
	100°	70°	83°	2
	110°	70°	100°	5
	120°	70°	90°	3

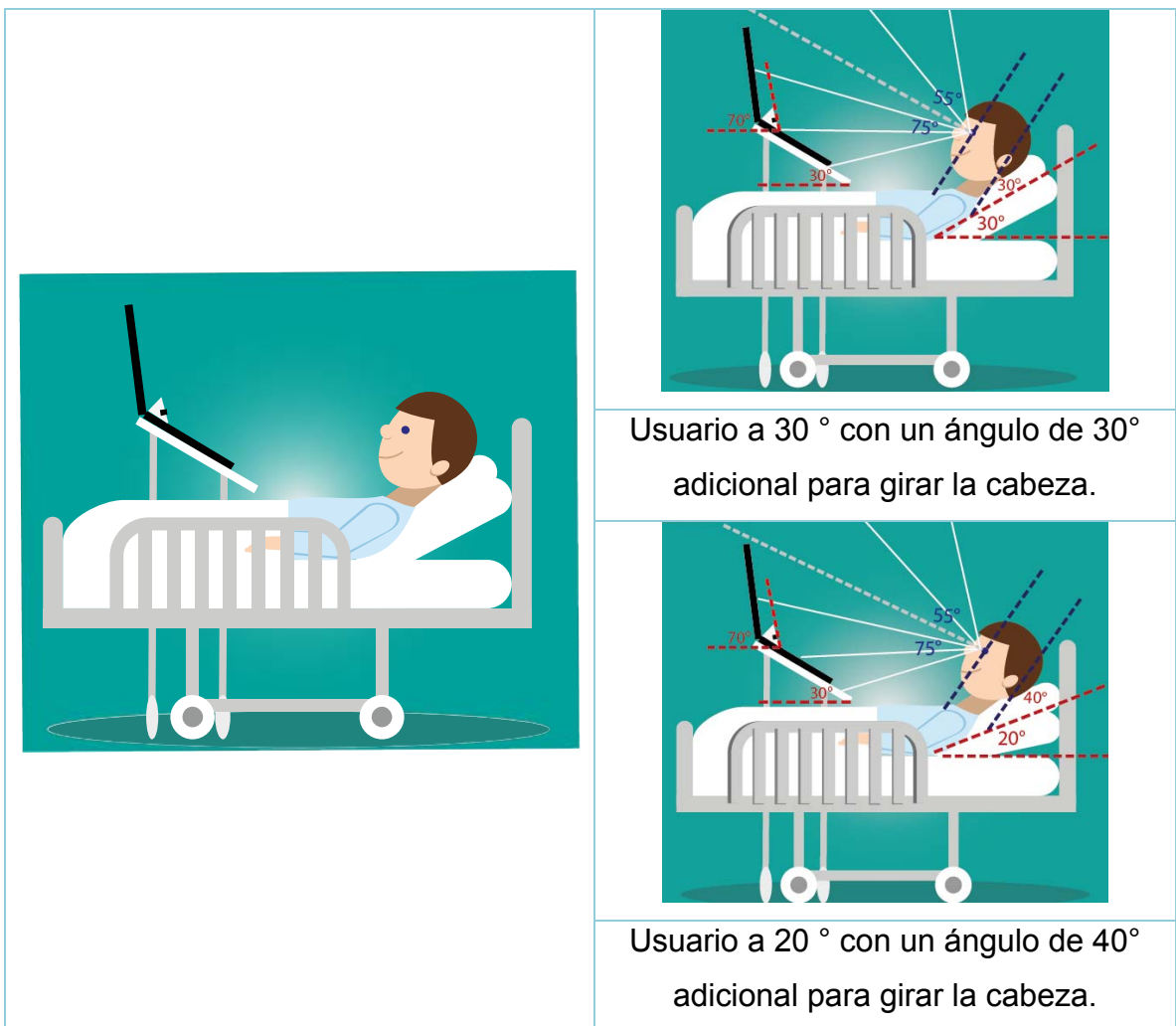
Ángulo del usuario	Ángulo de la mesa. (Con respecto a la postura del usuario)	Ángulo del lector	Ángulo de la pantalla del ordenador	Número de estrellas
20°	90°	70	100°	3
	100°	60°	100°	4
	110°	70°	100°	5
	120°	80°	100°	3
25°	90°	70°	100°	2
	100°	60°	100°	4
	110°	80°	100°	5
	120°	70°	100°	1
30°	90°	80°	100°	1
	100°	50°	100°	2
	110°	70°	100°	5
	120°	600°	100°	1

(Modificando el Ángulo del lector)

CONCLUSIONES

- Se encontró que la calibración del lector se da mejor cuando el ángulo predominante es de 70° , debido a que en el diseño le permite adaptarse a los tres ángulos propuestos para la postura del usuario.

Ilustración 52. Posturas apropiadas y grados de las piezas del sistema.



- El ángulo de la pantalla está ligado a la postura en la que se gira la cabeza para ver al frente.
- Los ángulos se adaptan inmediatamente al ángulo de 70 °.
- Para evitar daños cutáneos en los usuarios
- primarios, se recomienda no usar este sistema por más de dos horas y media, debido a que se requieren terapias y otras actividades que le eviten nuevas enfermedades.

Ilustración 53. Postura inapropiada.



Evidencia

Ilustración 54. Evidencia fotográfica segunda validación ergonómica.

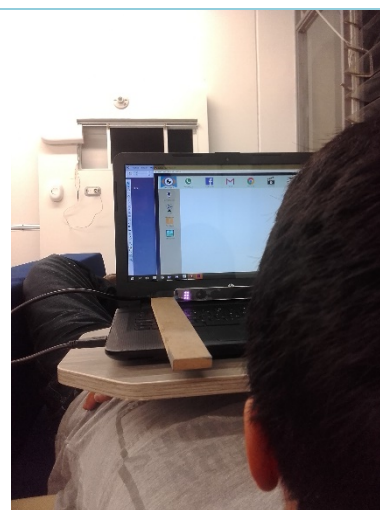




Dayana



Diego



Carlos



Laura



Carlos

10. FASE 4. DISEÑO Y EJECUCIÓN

En esta fase se reflejarán los resultados de las pruebas realizadas, en la propuesta de diseño de una familia de objetos.

¿POR QUÉ SE PROPONE UNA FAMILIA DE OBJETOS?

Después de haber realizado las pruebas técnicas, se concluyó que para cumplir con los requerimientos, se quiere evitar el cambio de la infraestructura en la habitación del usuario primario, por esta razón se utilizará una señal bluetooth que permita enviar señales sin la necesidad de cablear toda la habitación para lograr la comunicación con el entorno, para la comprobación de funcionalidad, se construirán tres módulos de recepción los cuales pueden ser implementados para diversas tareas, estas tres tareas fueron seleccionadas con la voz del usuario.
(Ver

ANEXO C. Encuesta TIPO 1 (Se aplicara a las personas en estado de cuadriplejía y familiares)

10.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS VARIABLES

Con todos los datos obtenidos durante el desarrollo de las pruebas e investigación, se plantean alternativas posibles que se adapten a los requerimientos y brinden un cumplimiento a los objetivos del proyecto.

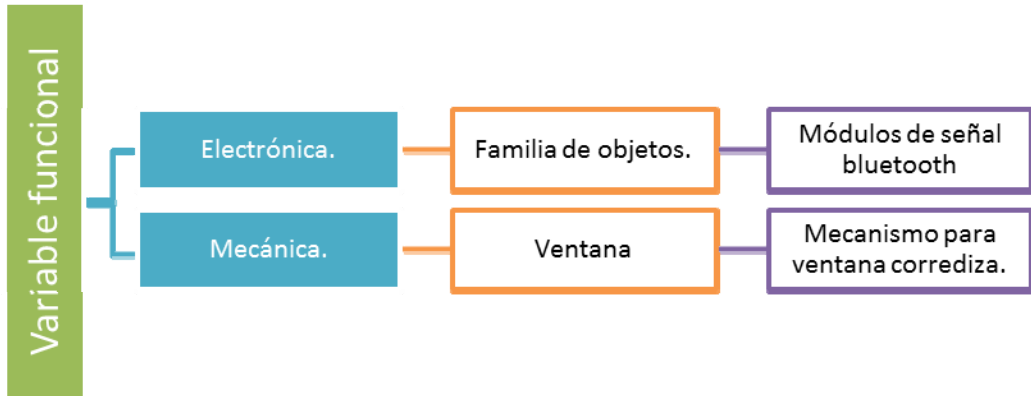
Se debe aclarar que, debido a que el proyecto es ambicioso en todas las variables, se propone un sistema que permita su adaptación a los diferentes mecanismos de respuesta para accionar objetos electrónicos del entorno. Es decir no se abarcan todas las posibilidades pero; se consigna que este sistema puede ser adaptado a diferentes accionamientos de electrodomésticos en la habitación de la persona en estado de cuadriplejía.

10.1.1. Variable funcional. Se propone una familia de cuatro objetos.

- El sistema que envía las ordenes y detecta el movimiento ocular del usuario que va directamente conectado al ordenador (SISTEMA CONTROLADOR).
- Un sistema mecánico que le permita al usuario accionar la ventana (RECEPTOR VENTANA).
- Un sistema para el toma corriente que permite el accionamiento remoto mediante la señal directa del ordenador (RECEPTOR TOMACORRIENTE).

- Otro sistema que permite el accionamiento de la iluminación de la habitación (RECEPTOR DE BOMBILLO).

Ilustración 55. Variable funcional.





En el factor electrónico

Se propone un diseño que se adapte a la voz del usuario y cumpla con la función de proteger o aislar los componentes electrónicos de agentes externos que limiten la durabilidad del sistema.

Diseño de sistema controlador

Se tienen dos sistemas electrónicos que no pueden ser unidos debido a las necesidades en las conexiones del ordenador, es decir, el sistema que lee el movimiento ocular usa una entrada USB 3.0 para conectarse al ordenador, y el sistema que controla los receptores domóticos usa un puerto USB 2.0. Con el fin de evitar daños en los sistemas y posibles fallas, es pertinente que estos se conecten de manera individual dificultando así la propuesta de diseño del controlador, dado que se debe contar con dos cables para hacer conexiones en puertos diferentes del ordenador.

Ilustración 56. Sistemas del dispositivo controlador.

Sistema control de bluetooth USB 2.0	Sistema lector de movimiento ocular USB 3.0
	
En los puertos del ordenador es posible identificar por medio de colores el puerto 3.0 (azul) y el 2.0 (negro).	

Se pretende agrupar estas dos piezas, debido a que ambas se conectan al ordenador-, además que diseñar dos objetos que se ubiquen en el ordenador dificultaría el proceso de instalación e incrementaría los costos de producción, y no se tendría en cuenta la voz del usuario de tener pocas piezas que compongan el sistema.

Lluvia de ideas.

El título del proyecto es diseño de un sistema domótico para personas en estado de cuadriplejía controlado con el movimiento ocular mediante el uso del software libre *EYES CONTROL*. Por esto los diseños y propuestas parten de la figura del ojo humano.

Ilustración 57. Bocetos del dispositivo lector y controlador.



Todas las propuestas fueron analizadas de acuerdo a los requerimientos; las principales fallas se presentaron a causa del escaso contacto entre el dispositivo con la superficie del ordenador, debido a que este se ubica en una superficie inclinada, así que se debe garantizar un área de mayor contacto para evitar su deslizamiento; además las dimensiones en altura del sistema no deben superar los 6 cm porque, se encontraría cerca de la pantalla y a pesar de que esta se encuentre inclinada puede generar interferencias. Los cables que conectaran los sistemas internos se deben encontrar ubicados hacia el mismo lado para evitar enredos en la instalación; los puertos USB 3.0 se ubican al costado izquierdo del ordenador junto al puerto USB 2.0 en un 80% de las marcas de ordenadores lo que nos permite conectar el sistema usando solo los puertos de uno de los costados del ordenador.

Ilustración 58. Ubicación del dispositivo controlador lector y su conexión al ordenador.

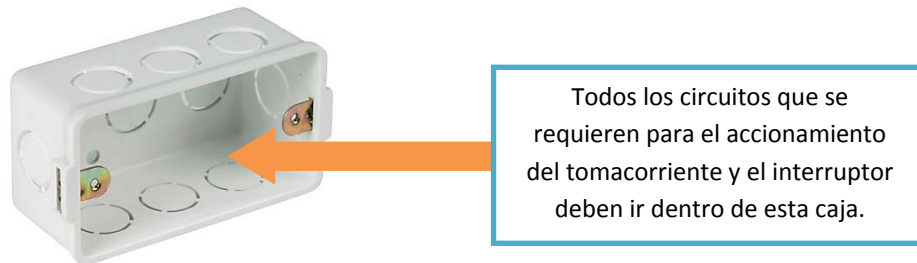


Diseño interno del receptor - interruptor y tomacorriente

Se partirá del tamaño de las cajas comercialmente utilizadas en el sistema eléctrico de una casa o apartamento que usan comúnmente las constructoras, con el fin de no realizar ninguna modificación en estos sistemas. Por esto se modificaron las dimensiones de las baquelitas (resina sintética de gran dureza,

usada en productos industriales) debido a que en la prueba preliminar de selección de los dispositivos inalámbricos bluetooth o radio frecuencia las dimensiones no fueron tenidas en cuenta.

Ilustración 59. Caja electrónica.



Para ajustar los componentes dentro de la caja eléctrica se realizó un cambio, debido a que para poder usar la corriente eléctrica de un hogar directa al sistema, se debe regular mediante un transformador y el regulador que se utilizó inicialmente supera un kilogramo en su peso y sus dimensiones incrementaban el tamaño del diseño evitando que se cumpliera con los requerimientos.

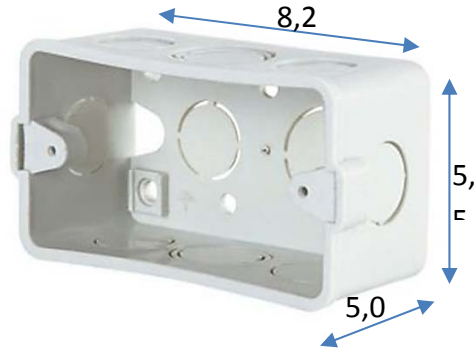
Ilustración 60. Transformador.

Transformador inicial	Transformador final
	

Con el fin de cumplir con las necesidades del usuario se propone tres diseños de carcasas internas (esta carcasa se encuentra en el interior de la caja eléctrica y brinda los soportes a la carcasa externa del interruptor y el tomacorriente), fueron evaluadas en sus dimensiones y las posibilidades de brindar ajustes a los

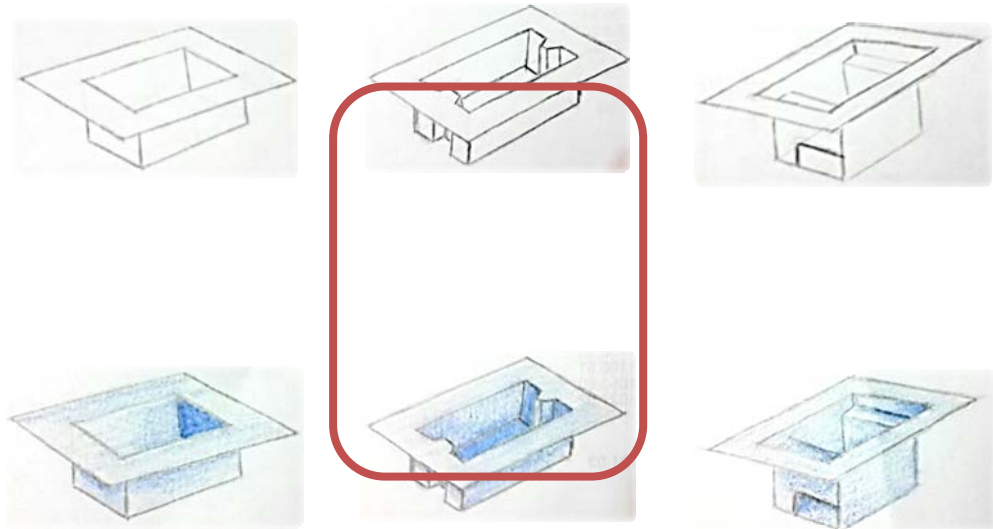
componentes internos además de brindar el mayor espacio posible para evitar que la carcasa externa supere los 4 cm en la parte que sobresale de la pared.

Ilustración 61. Dimensiones de caja eléctrica.



Estas tres propuestas se construyeron y evaluaron encontrando que la propuesta dos brinda mayor espacio a las piezas, pero aún se deben realizar modificaciones claves para que los componentes puedan ser ajustados de la mejor manera y el módulo bluetooth quien recibe la señal se encuentre más expuesto con el fin de brindar una buena señal de recepción.

Ilustración 62. Diseños de carcasa interna para interruptor y tomacorriente.



Sólo se presentan diseños de la carcasa interna de los sistemas interruptor y toma corriente, debido a que son ellos los que contienen los sistemas electrónicos; en la variable formal estética se confirma el diseño concreto de estos dos objetos de la familia.

Ilustración 63. Modelo corregido de carcasa interna. (Interruptor y tomacorriente).

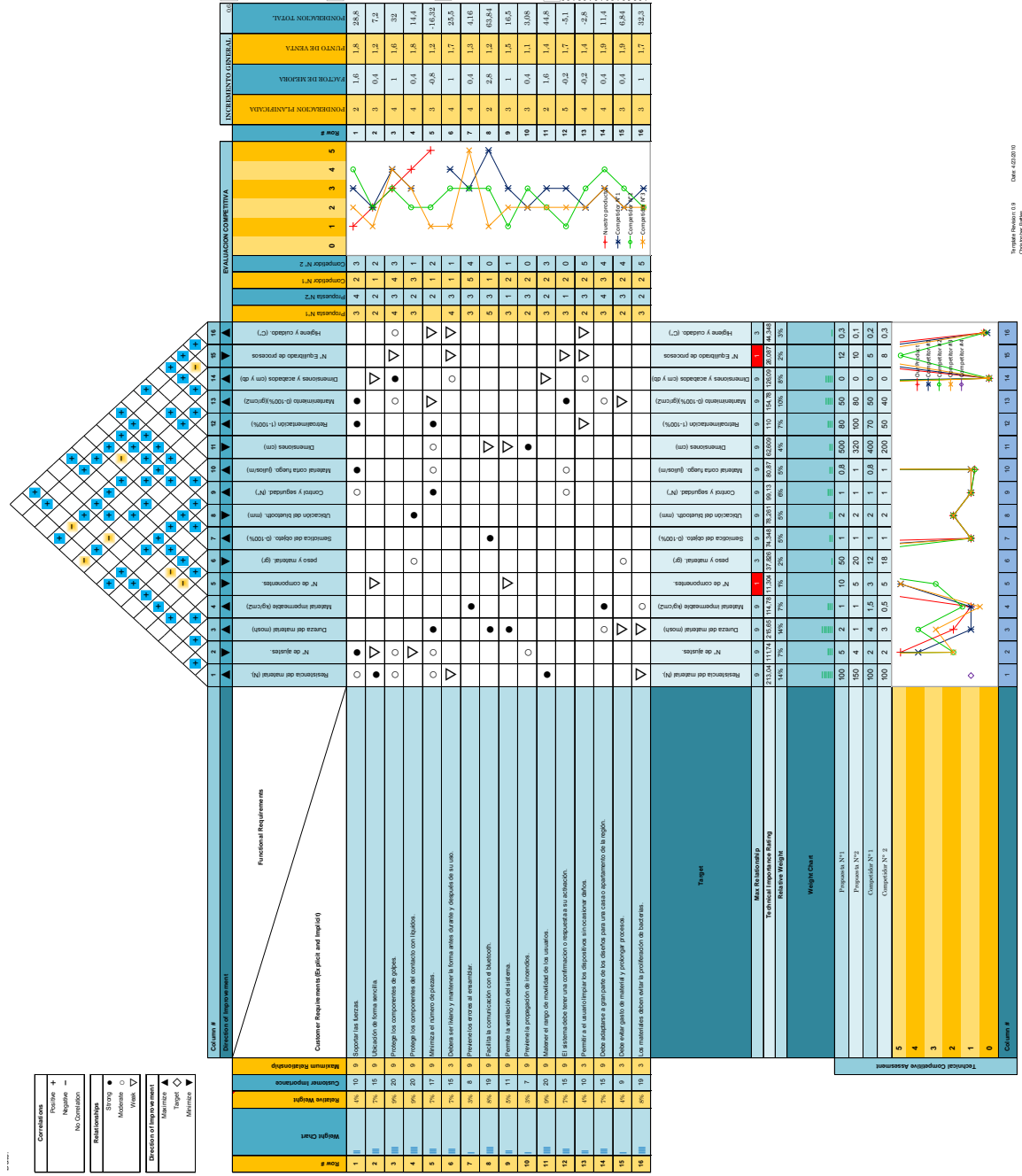


Se plantearon varias propuestas y se construyeron dos modelos con el fin de realizar una comparación mediante un QFD con los diseños ya existentes. Se realizará para los componentes interruptor y toma corriente los cuales tienen competencia.

Ilustración 64. Propuestas y competencia para QFD.

PROPUESTA 1.	PROPUESTA 2	COMPETIDOR 1.	COMPETIDOR 2
			

Tabla 40. QFD.



Conclusiones de QFD

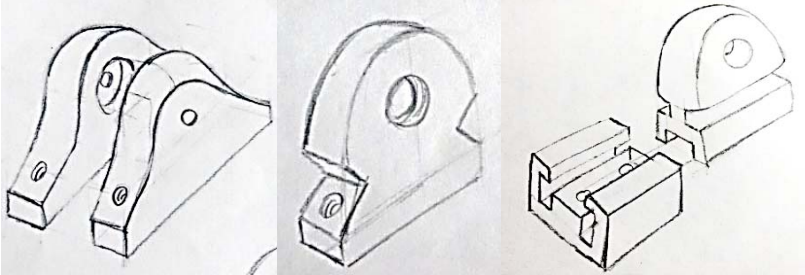
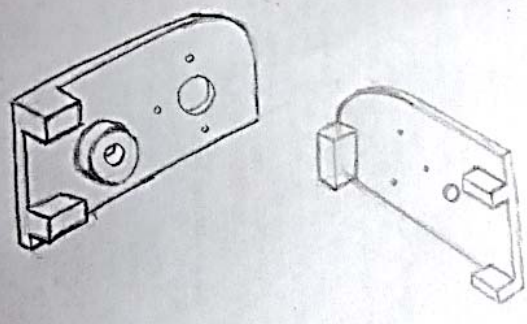
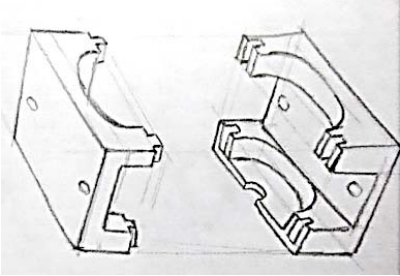
1. Las formas de la familia de objetos presenta muchas falencias con respecto a la competencia y no cumple de manera satisfactoria los requerimientos.
2. Debido a que las piezas que se proponen tiene uniones a 90° esto las hace más frágiles con respecto a las demás a pesar de que su material sea resistente es probable que sufran daños.
3. Se proponen nuevas ideas mezclando ciertas características y atributos de los productos de la competencia.

Factor mecánico

En este factor se propone un mecanismo para una ventana deslizante que puede ser ajustada a diferentes dimensiones de una ventana, para esto se diseñaron tres elementos de soporte para los componentes (estos elementos van soportados sobre la pared, al borde de la ventana brindando protección a los componentes que controlan la apertura y cierre de la misma).

Este mecanismo fue definido de la forma que se muestra a continuación porque se pretende evitar la adquisición de toda la ventana para tener el sistema instalado.

Ilustración 65. Bocetos de soportes mecánicos.

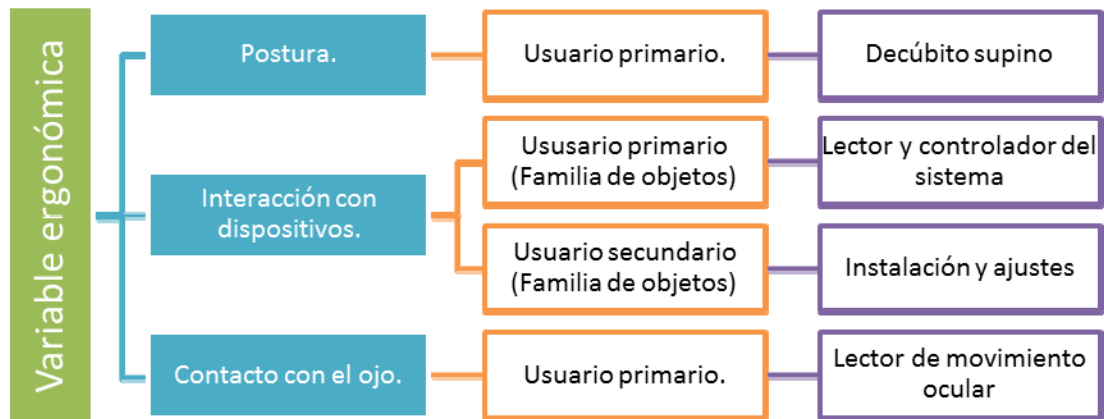
Bocetos	Uso	
	<p>Soportan el eje alineado a la ventana.</p>	
	<p>Caja de engranajes sujetan los engranes y los mantienen engranando.</p>	
	<p>Soporte del motor</p>	

Los componentes se proponen en materiales como ABS, PVC y acrílico porque sus propiedades evitan la proliferación de bacterias, previene cortos circuitos o daños eléctricos y soportan cargas pesadas.

10.1.2. Variable ergonómica. Primero, todo el diseño se propone para el usuario primario (persona en estado de cuádruplejía) en postura decúbito supino y se hacen recomendaciones para el uso del sistema doméstico.

¿Por qué se usa esta postura decúbito supino?

Se plantea todo el sistema en postura decúbito supino, debido a que en esta posición, según las encuestas realizadas a los usuarios primarios y secundarios, es la que se utiliza con mayor frecuencia durante el día.



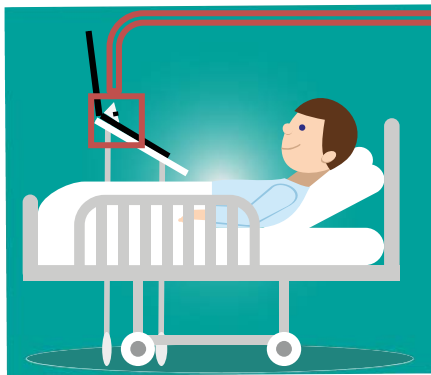
Factor postura

Teniendo la postura fija de los usuarios en un ángulo de 30° se ajustan los objetos para que todo funcione de acuerdo a lo esperado, el dispositivo que lee el movimiento ocular junto con el sistema que envía las ordenes a todos los módulos (módulo de la ventana tomacorriente e interruptor) se diseñaron con el fin de que se adaptaran a los ángulos posturales entre los 20° y 40°, esto con el fin de que no sea utilizado para ángulos superiores; lo anterior no indica que el sistema no funcione en un ángulo superior, sino que su funcionamiento no se realizará de manera óptima.

Con los resultados de las pruebas realizadas anteriormente se adapta el sistema al ángulo de 70° con respecto a la superficie de la mesa, los infrarrojos y la cámara (mecanismo del lector de movimiento) deben estar inclinados con ese

ángulo a una distancia no superior a 70 cm, ya que este comienza a presentar menor exactitud en su calibración y dificultades en personas con visión inferior a 20/20. También se observó que el ordenador debe tener un ángulo amplio y esto dificulta que el dispositivo se mantenga en la posición indicada ver ilustración.

Ilustración 66. Ubicación de componentes con respecto a la postura del usuario.



Se propone en la parte baja de la pantalla del ordenador, debido a que, si se ubica en el borde inferior de la mesa el dispositivo queda muy cerca del usuario expuesto a posibles caídas y la emisión de rayos infrarrojos a corta distancia.

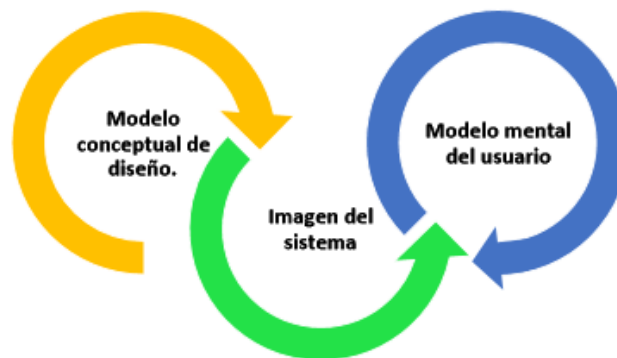
Inicialmente se propuso el uso de una mesa reclinable, pero en el caso de no poseer dicha mesa hospitalaria se recomienda el uso de una superficie refrigerante para el computador que posea la capacidad para inclinar el ordenador esto con el fin de que la mesa no genere una interferencia en la visualización de la pantalla.

Factor Interacción con dispositivos

En esta parte se plantea un modelo general de diseño centrado en el usuario. Este diseño no pudo ser cumplido a cabalidad debido a las dificultades presentadas en el proceso para realizar validaciones, se estructuró el proyecto con la voz del usuario mediante las encuestas que fueron efectuadas específicamente a personas en estado de discapacidad motora C4 y C5 por medio de la colaboración de la fundación FANDIC, también hubo participación de personas con

discapacidades motoras en las validaciones digitales para hallar las formas de la imagen mental del usuario; las validaciones de affordance fueron realizadas también, junto con dos usuarios que presentan dificultades motoras y sus familiares. Las propuestas finales no se pudieron corroborar por una persona que se encontrará en estado de cuadriplejía, debido a que los dos candidatos deseaban que se implementara el sistema para ellos y las dificultades técnicas y logísticas para poder transportar el proyecto a sus hogares no permitían el desarrollo de la validación; además del hecho que no se podrá garantizar el tiempo de funcionamiento de la familia de objetos. Es por tanto que se evaluó todo el diseño de acuerdo a las experiencias adquiridas durante las encuestas y las demás validaciones con las cuales si contamos con su participación.

Ilustración 67. Modelo general de diseño centrado en el usuario.



El modelo conceptual de diseño; se refiere a lo construido a partir de los conocimientos del diseñador, la imagen del sistema está dada por la estructura y la configuración formal y física del objeto que se relaciona de forma recíproca con el modelo mental del usuario construido a partir de la experiencia, la información y la instrucción.

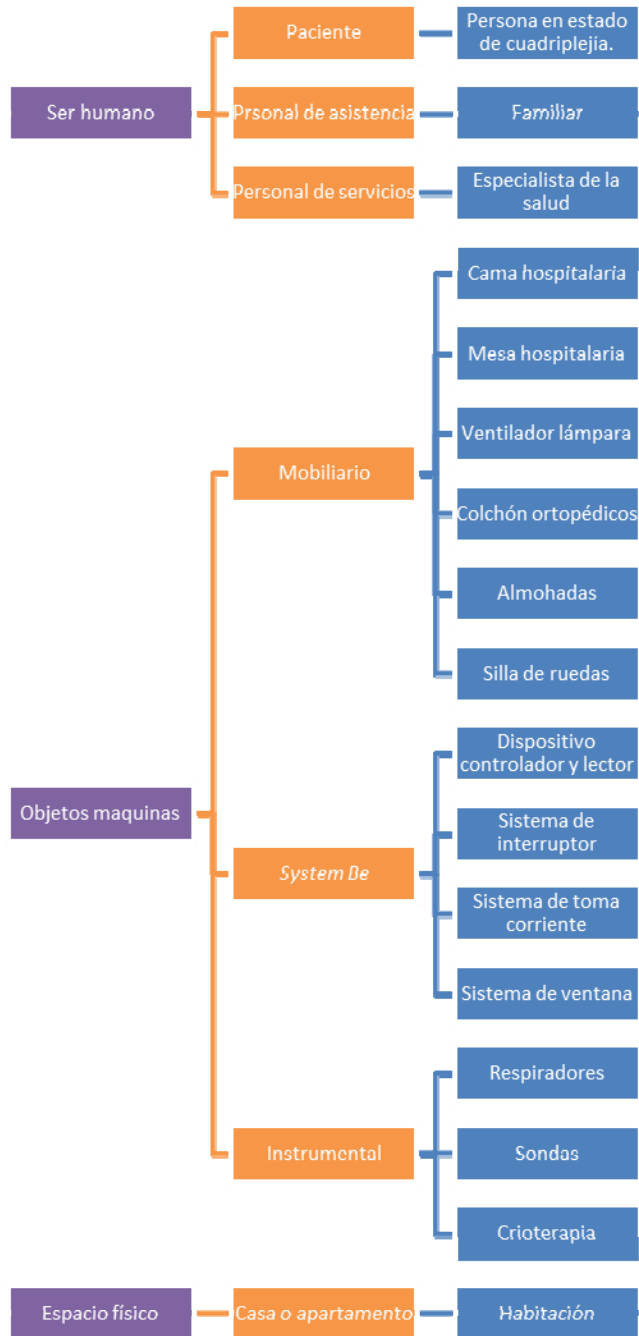


Juan Roldan
Vive en Medellín
Sufrió un accidente debido a un clavado en una piscina.
Fue contactado telefónicamente y realizó las encuestas para la identificación del usuario.
Estaba dispuesto a probar el sistema pero los costos de transporte los debía asumir el investigador.



Fernando Duran
Vive en Bucaramanga
Recibió un disparo en el cuello.
Se contactó por medio de una agrupación de personas en discapacidad.

Ilustración 68. Categorización de elementos del sistema ergonómico en la habitación del usuario en estado de cuádruplejía.




La persona en estado de cuádruplejía (usuario primario) no tiene contacto físico con ninguno de los componentes de la familia de objetos propuestos para evitar

afectaciones físicas, debido a que, el contacto prolongado de objetos con la piel genera úlceras por presión o transmitiendo y generando la proliferación de bacterias. Por esta razón el sistema lector de movimiento ocular no se ubica sobre él. La relación del usuario con la familia de objetos es cognitivo (que se refiere a los procesos mentales como memoria, razonamiento incluyendo carga mental, tomá de decisiones, desempeño, interpretación y entrenamiento).

10.1.3. Instrucciones de uso y recomendaciones.

Ilustración 69. Manual de uso y recomendaciones.





INSTRUCCIONES DE USO Recomendaciones

Es de importante que para poder realizar las siguientes actividades se debe tener en cuenta que todos los sistemas ya deben estar instalados y deben tener la programación y el ordenador con los archivos de sistema be.

todos los sistemas se encuentran encendidos después de su instalación del técnico.

1 POSTURA
Se recomienda que el usuario, sea ubicado en una posición de tal manera que la altura de la espalda sea superior a 30° y corraje la postura de la cabeza para dirigir la mirada al frente, evite superar un ángulo de 35° con respecto a la dirección de la columna.






2 UBICACION DE COMPONENTES
Se recomienda una distancia mínima entre el usuario y la pantalla del ordenador entre 44 cm a 60 cm esto es de acuerdo con el rango de visibilidad. El monitor debe estar siempre perpendicular a las ventanas, nunca de frente o de espaldas a estas para evitar reflejos o destrobamientos. No use demasiada luz, esto aumenta los reflejos. Trabaje además que al menos la lámpara de mesa no sean su única iluminación.

la altura de la mesa debe ser ajustada de acuerdo con la altura de la cama y la mesa corporal del usuario, evitar que este entre en contacto físico con el usuario, es de gran importancia que la mesa que se emplea para la asistencia del usuario sea regulable lo que permite al usuario cambiar la inclinación de la totalidad, se recomienda usar el mismo ángulo de inclinación de la cama del usuario para mesa.

Vigila la distancia entre sus ojos y la pantalla de su monitor, así como la altura a la que se encuentra y el ángulo de inclinación que tiene.

El dispositivo lector del movimiento ocular debe ser ubicado en la parte baja de la pantalla donde se encuentra la unión entre la pantalla y el soñado del portátil.

3 CALIBRACION
Para obtener una calibración con una calificación de alta precisión se requiere que el usuario tenga un nivel de calibración superior a 300. Para ello se debe realizar el movimiento por la pantalla con el movimiento ocular.

Para un funcionamiento óptimo del sistema se requiere obtener una calibración con una calificación superior a tres estrellas. en el caso de no obtener una calificación superior se debe recomendar nuevamente la calibración.



4 SISTEMA S ELECTRONICOS Y ORDENADOR
El técnico y familiar o especialista de la salud debe verificar que todos los mecanismos estén encendidos antes de iniciar el programa system Be para evitar errores o fallas en su accionamiento, para iniciar su uso todos los programas deben estar abiertos o con su Ivono en el escritorio para mayor agilidad.

Se recomienda hacer revisiones periódicas cada 6 meses para verificar el sistema.

5 TIEMPO DE EXPOSICION
Tómese descansos de 10 min por cada hora de trabajo. Durante los mismos mire a lo lejos (el infinito visual se considera a 6 metros de distancia) esto ayuda a relajar la musculatura ocular. Recuerde parpadear, esto disminuye la sequedad ocular.


Cuando el usuario desea descansar se recomienda retirar la mesa con el ordenador para evitar mantenimiento expuesto a la iluminación de la pantalla.

6 CALIBRACION
Durante el proceso de calibración mantenga los ojos abiertos y evite parpadear prolongados.

7 SISTEMA S ELECTRONICOS Y ORDENADOR
El técnico y familiar o especialista de la salud debe verificar que todos los mecanismos estén encendidos antes de iniciar el programa system Be para evitar errores o fallas en su accionamiento, para iniciar su uso todos los programas deben estar abiertos o con su Ivono en el escritorio para mayor agilidad.

Se recomienda hacer revisiones periódicas cada 6 meses para verificar el sistema.



www.system Be .com

El auxiliar ya sea familiar, especialista de la salud o técnico sí se relaciona con compontes de la familia de objetos físicamente durante el proceso de instalación, pero debido a que los procesos de instalación no son constantes y repetitivos no se evalúa la ergonomía en este aspecto.

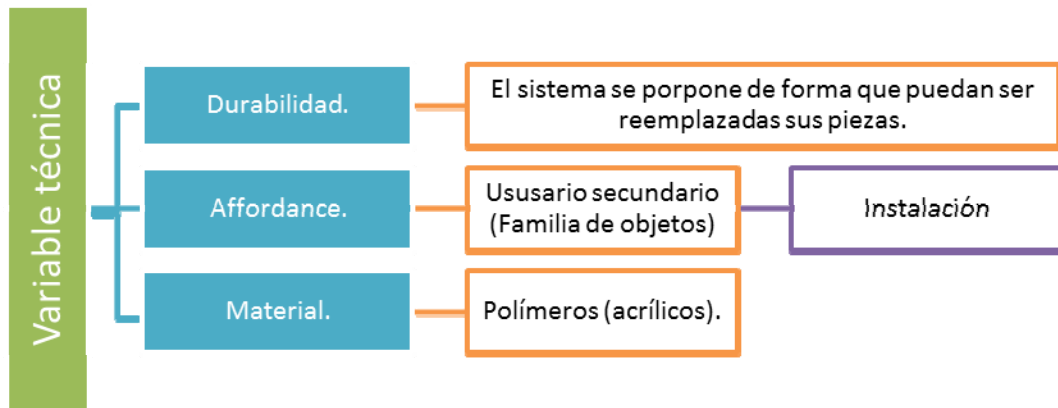
Factor contacto con el ojo

Para poder realizar un proceso de calibración de cinco estrellas con el programa EYE TRIBE se recomienda mantener la cabeza fija sin ningún tipo de movimiento, al igual que algunas distancias y ángulos en la postura, por esto se desarrolló un folleto de recomendaciones para su uso; es importante recordar que a pesar de que la exposición a la luz infrarroja no genera daños congénitos si ocasiona resequedad en los ojos, debido a que es una onda calórica por esto se recomienda el uso continuo no superior a dos horas, con una pausa activa, para este caso se debe retirar todo el sistema y cambiar la postura mientras se descansa con los ojos cerrados o con la mirada al horizonte y parpadeos continuos.

Para el acceder a un ícono del ordenador se debe permanecer con la mirada fija sobre él con el cursor un tiempo aproximado de 5 segundos, para realizar otro accionamiento seguido se deben esperar 10 segundos.

10.1.4. Variable técnica. El sistema *System Be* se construyó teniendo en cuenta principalmente el usuario secundario, pues es este quien instalará e interpretará los elementos del sistema de forma física al manipularlos para realizar su ubicación.

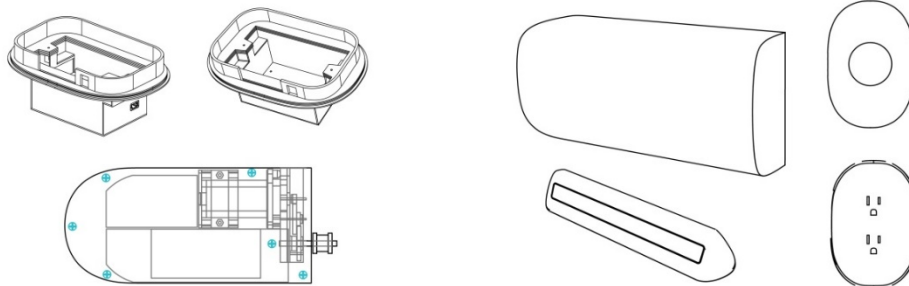
Los elementos del sistema (*System Be*) que controlarán los electrodomésticos que proporcionan entretenimiento y/o confort al usuario primario se ubicaron dentro de las cajas eléctricas, pues este lugar presentaba las mejores opciones de instalación y control, interviniendo en esta (la habitación) de forma sutil (sin influir directamente en los diferentes electrodomésticos, o el espacio de la habitación de forma invasiva).



Durabilidad

Para mejorar la durabilidad de los componentes de cada módulo, (durabilidad de las piezas del sistema) este fue diseñado con diferentes características como proteger los sistemas eléctricos con carcasas resistentes al agua, la corrosión, el peso y la proliferación de bacterias, brindando protección, resguardando los elementos más sensibles y potencializando algunas propiedades de ellos.

Ilustración 70. Durabilidad de las piezas.



Estructuras para las piezas electrónicas en PVC

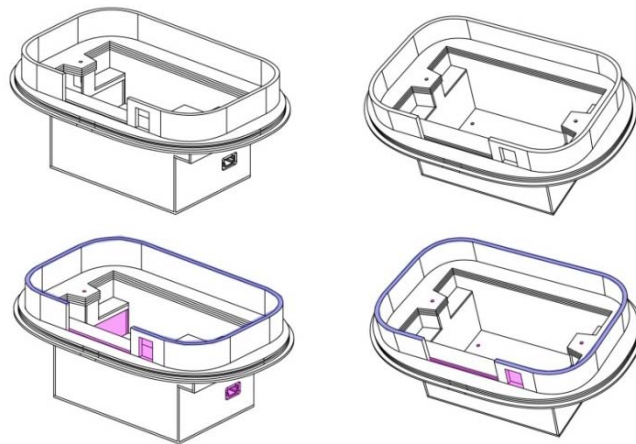
Elementos externos en acrílico

Affordance

Su forma lisa y redondeada evita golpes fuertes a las personas que visiten el usuario cuadripléjico en su habitación; también previenen la proliferación de mohos y bacterias al presentar una superficie lisa y rígida. Cada uno de los elementos internos se ubica según su forma dentro de los módulos, aprovechando al máximo el espacio reducido dentro de el toma corriente previniendo fallas eléctricas (cortos circuitos, recalentamiento de las piezas, y/o pérdida de señal) y brindando formas rápidas para su re-calibración, en caso de fallas.

Ilustración 71. Affordance de carcasa interna de interruptor y toma corriente.

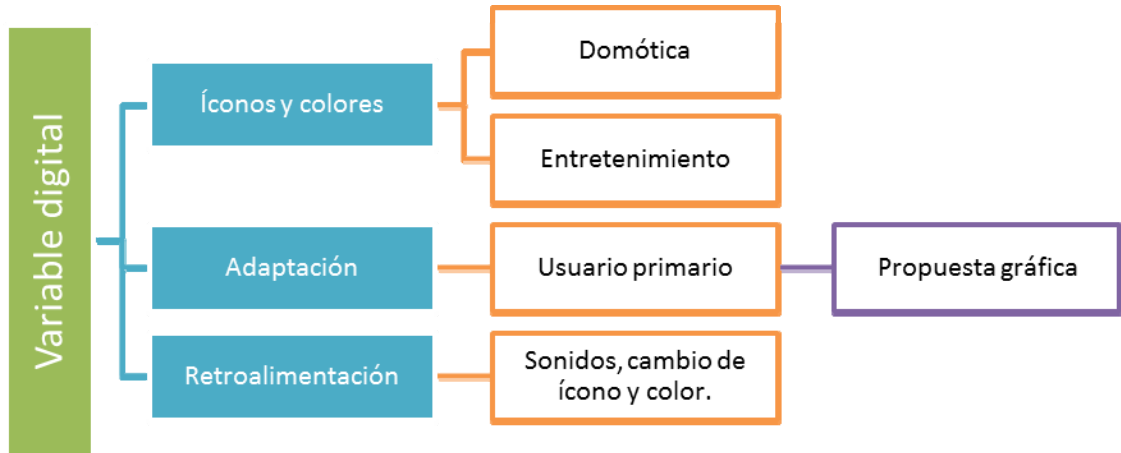
Affordance



Material;

Los cuerpos de los elementos están propuestos en acrílico, (su parte externa) y en Policloruro de vinilo (PVC) (su parte externa).

10.1.5. Variable digital.



Íconos y Colores

La iconografía ha variado durante del proyecto haciendo más fácil su asociación e interpretación como lo demuestran las pruebas: Modelo de papel, La imagen mental y correspondencia de forma

Ilustración 72. Validación iconográfica.

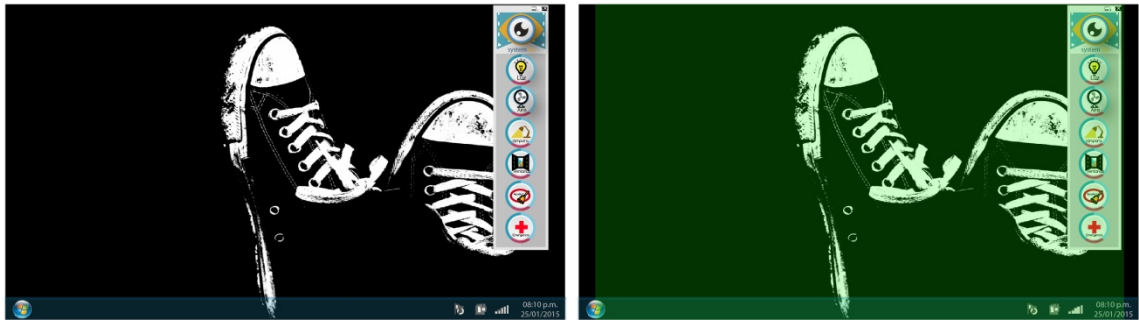
Variación iconográfica en el transcurso del proyecto

Domótico				

La parte de entretenimiento se quedó idéntica que no se implementó por falta de recursos económicos.

Al implementar los modelos gráficos de la interfaz propuesta y someterlos a la manipulación por medio del software libre *EYES control*, se encontró una limitante funcional en el programa que disminuyó el área de trabajo a la zona verde que se especifica en el siguiente gráfico

Ilustración 73. Interfaz gráfica definida.



Adaptación

La disposición y tamaño, de los íconos (símbolos asociados a objetos o acciones) fue sometido a cambios con base en los resultados de las diferentes pruebas, en las que se concluyó:

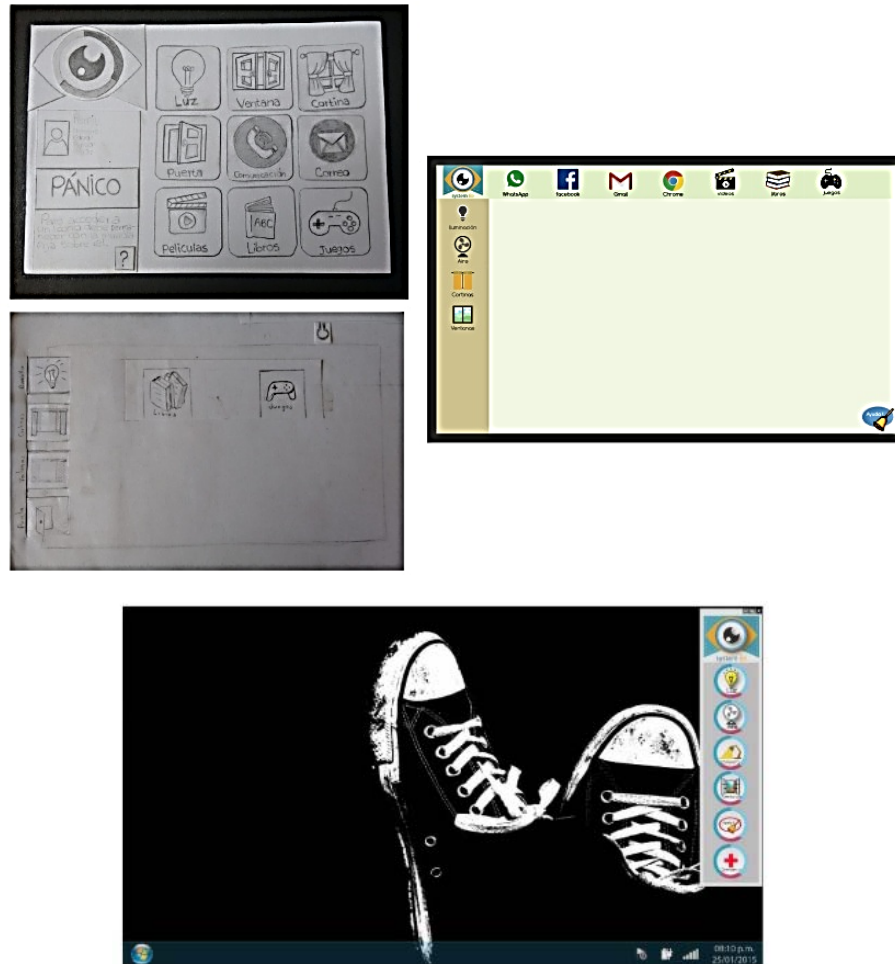
- Exploración de la arquitectura mental (*Card sorting*)
- Se encontraron tres categorías de agrupación doméstica, esparcimiento o diversión y ayuda o asistencia.

Modelos de papel;

- Se debe dar un punto o zona de descanso para que el usuario pueda decidir si va a realizar alguna acción.

- Se debe plantear y analizar el recorrido visual de forma tal que no se ejecuten acciones de forma inesperada o involuntaria al desplazarse por la pantalla

Ilustración 74. Modelos digitales.



Correspondencia de forma:

- Se encontraron falencias de asociación entre la forma y las acciones a realizar para personas de diferentes edades, de esta manera se priorizó encontrar representaciones gráficas más claras para todo tipo de usuario.

Retroalimentación

Para facilitar la operatividad de la interfaz se incorporó en ella las diferentes retroalimentaciones presentadas a continuación;

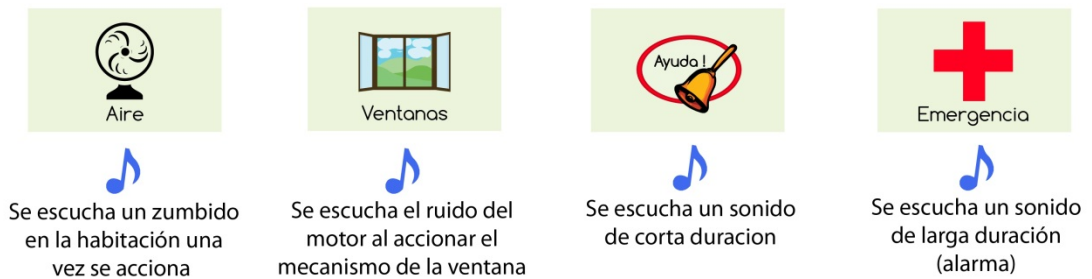
VISUALES

Ilustración 75. Retroalimentación visual.

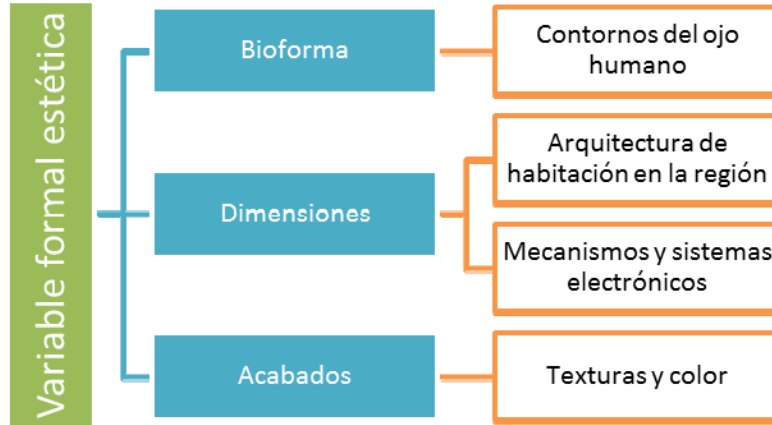


SONORAS

Ilustración 76. Retroalimentación sonora.



10.1.6. Variable formal estética.

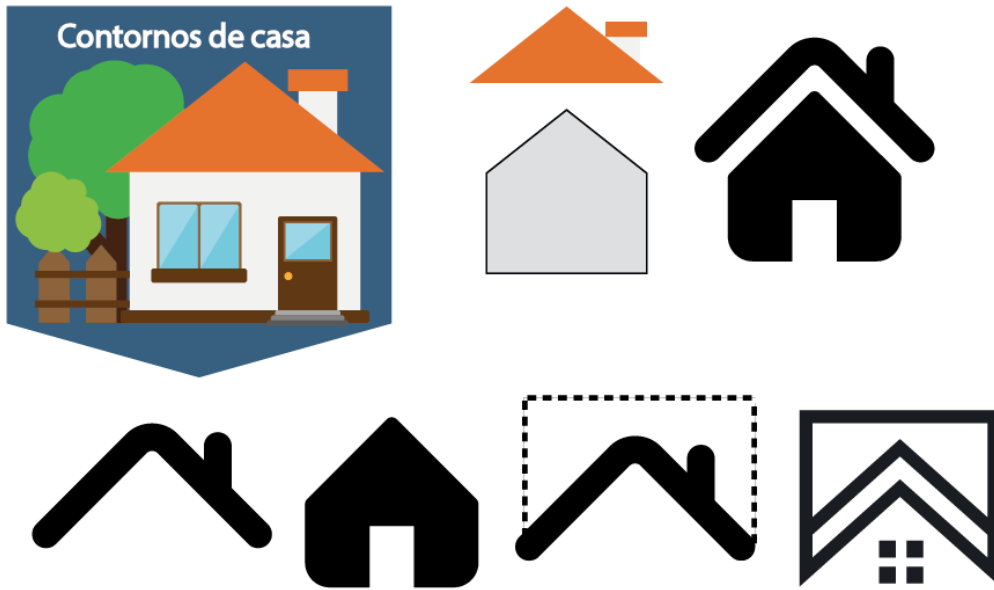


Bioforma

Diseño de la marca, logo símbolo.



Analizamos la forma de la casa para enlazar la identidad del proyecto ya que consiste en un sistema domótico.



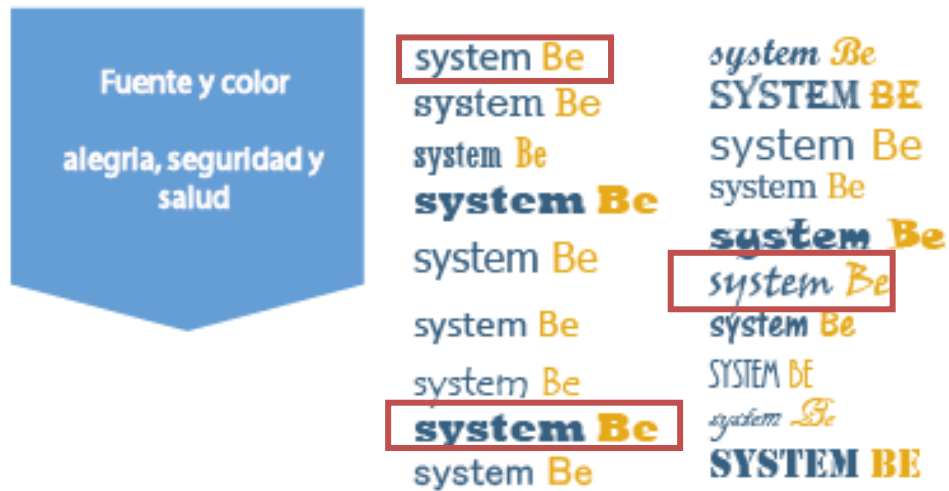
Con esto se enlazarán las formas obtenidas del ojo con las de la casa dándole el sentido de control es decir, el sistema domótico está controlado por medio del movimiento ocular en cada una de las propuestas se evalúa este concepto con el fin de expresarlo con la forma del logotipo.

Ilustración 77. Relación de formas del logo símbolo.



Después de esto se concretó la forma y se seleccionaron los colores y los estilos o el estilo de fuente.

Ilustración 78. Propuestas de fuente para logo símbolo.



Las fuentes resaltadas se destacaron por expresar los sentimientos de alegría, confiabilidad, salud, protección, cuidado, firmeza y sistema, los colores empleados permiten destacar la evolución de *be* a **System Be**.

Para definir los colores que se emplearan el diseño del logo símbolo se evaluarán mediante la psicología del color, observando diferentes marcas y lo que emiten con el uso de los colores.

Ilustración 79. Negativo del logo símbolo.



Ilustración 80. Psicología del color en logo símbolos.



Con el logo símbolo se quiere evocar sentimientos tales como energía, Felicidad, amigable, lógico, seguro, confiable, creatividad y sofisticación. Con esto se proponen diferentes paletas de colores para la propuesta y se selecciona con la percepción del usuario primario (en esta validación participaron dos personas en estado de cuádruplejía y 5 personas con discapacidades motoras de la fundación FANDIC heridos de guerra).

Ilustración 81. Propuestas de color del logo símbolo.



Resultados de las encuestas realizadas.

Estos resultados estuvieron muy claros al seleccionar las tonalidades azules como principal color dentro de las propuestas. La seleccionada por gran parte de los usuarios que realizaron la validación fue la que se presenta en la ilustración 82.

Ilustración 82. Logo símbolo *System Be*



Ilustración 84. Abstracción de la forma.

Abstracción de la forma



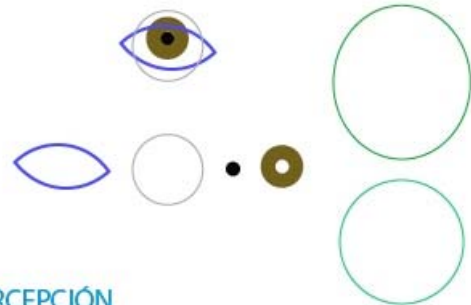
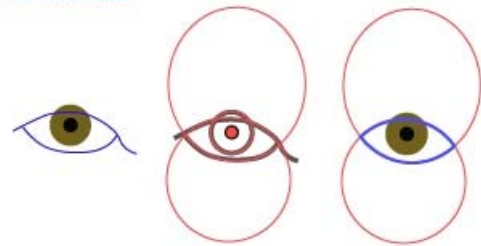
COLOR



ASOCIACIÓN

Elementos Básicos

FORMALES



PERCEPCIÓN

● Suavidad



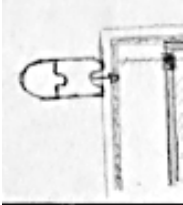



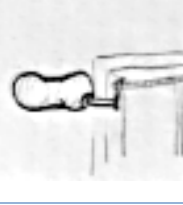


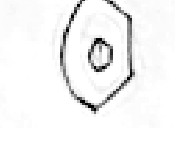


● Sensibilidad

Términos asociados al momento de hablar de un ojo

Sensaciones; delicados, brillante, no se deben tocar, vigila, atento, señala, expresa, limita, generan confianza y también intimidan. Muchas de las sensaciones son generadas por los gestos que se hacen con los músculos que recubren el ojo.

Bocetos iniciales de la familia de objetos

Ilustración 85. Bocetos iniciales de la familia de objetos.

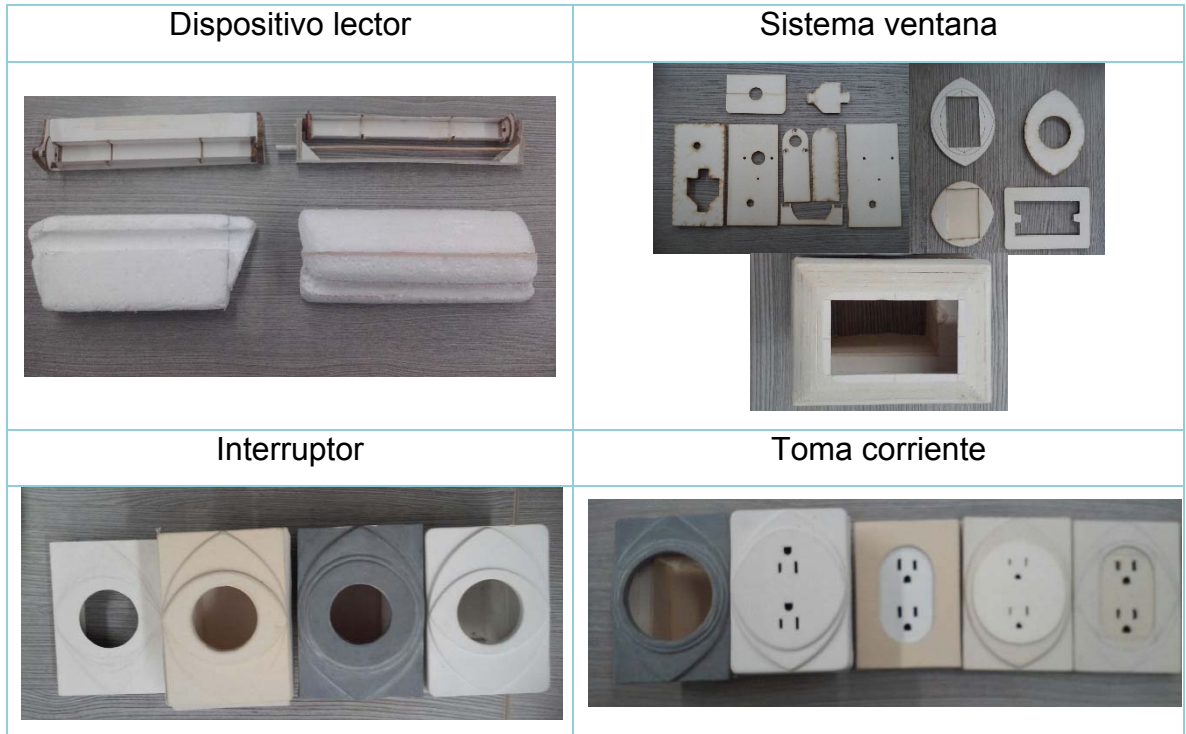
Toma corriente	Interruptor	Ventana	Dispositivo lector
			
			
			

Los aspectos sensoriales que se quieren destacar en el la familia de objetos son

El brillo, este acabado nos permite realizar limpieza de las piezas con un paño, los sistemas expresan su función evocando sistemas existentes por asociación, la generación de confianza al evitar formas con esquinas y cortes bruscos que puedan ocasionar lesiones, sus dimensiones que no afecten el tránsito de personas por la habitación, es el caso concreto de los sistemas receptores (sistema de ventana, toma corriente e interruptor) deben permitir el paso evitando choques con sus carcassas al circular por la habitación.

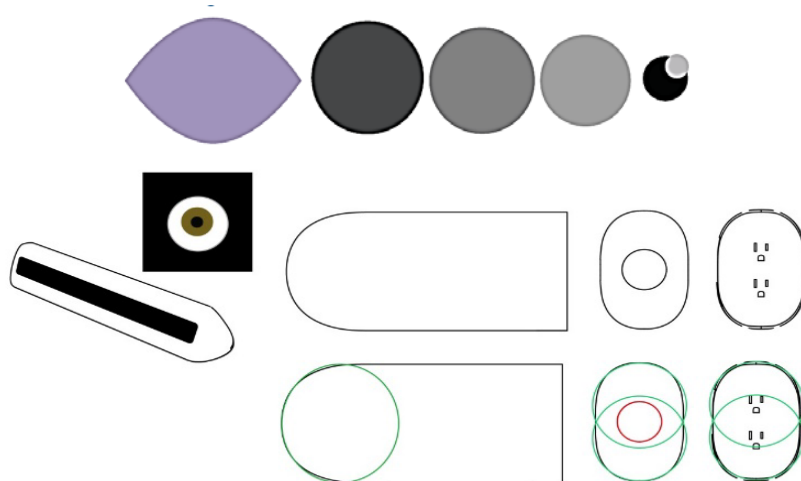
Modelos preliminares

Ilustración 86. Modelos preliminares.

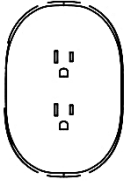
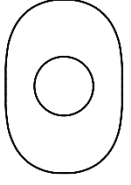




Abstracciones formales de las líneas del ojo

Ilustración 87. Líneas de ojo.



Bocetos bidimensionales con los aspectos sensoriales

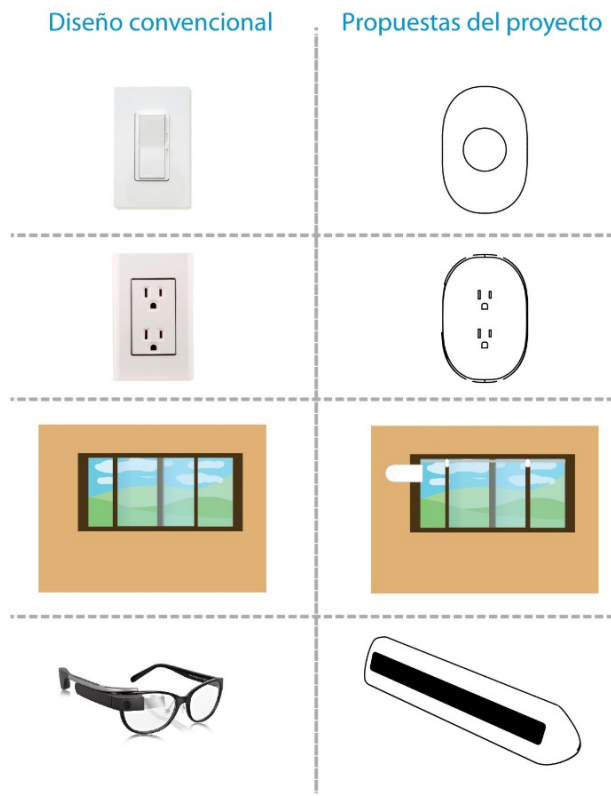
Toma corriente	Interruptor	Ventana	Dispositivo
			

La forma inicial que predomina en las piezas es la siguiente con leves modificaciones en sus tamaños seguidos con la escala de Fibonacci.

Dimensiones:

Las dimensiones de los elementos están dadas o limitadas por los espacios a ocupar, buscando intervenir en ellos de forma poco invasiva. La referencia mental del interruptor y el tomacorriente permiten su asociación clara debido a que se conserva las formas percibidas.

Ilustración 88. Comparación de *System Be* con lo existente.



Es una familia de objetos monocromática que se altera su tonalidad por la iluminación de los módulos bluetooth indicando su accionamiento, por esta razón no se intervino en la tonalidad de los sistemas, existen similitudes grandes en las formas de realizar la conexión en el toma corriente y en la forma de encender y apagar la luz esto debido a que uno de los requerimientos nos exige que esta familia de objetos se asocie fácilmente con su función, debido a que estas piezas tienen un largo recorrido de reconocimiento en la vida de los usuarios.

Acabados (textura)



Acrílico Blanco

CARACTERÍSTICAS

- Blanco
- Brillante
- liso
- Impermeable

PERCEPCIÓN

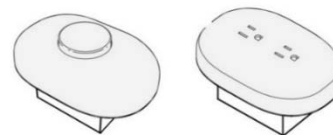
- Suavidad
- Sensibilidad

Familia de objetos y la interfaz

Ilustración 89. Familia de objetos y la interfaz gráfica.

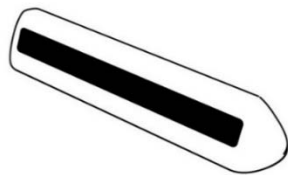


Interfaz final

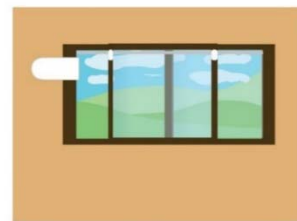


Interruptor

Toma-corriente



Lector de retina



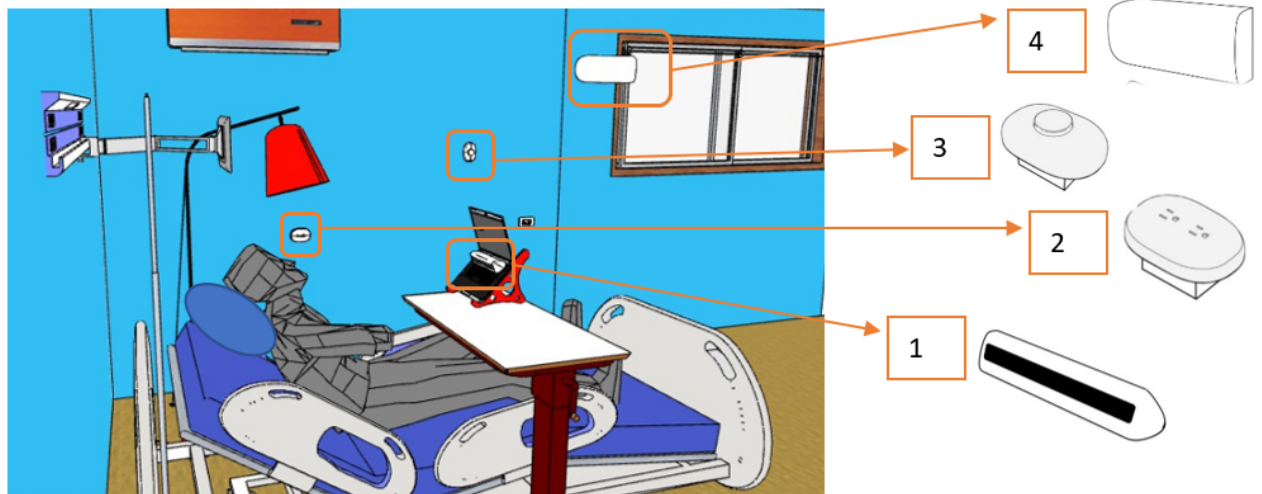
Mecanismo ventana

10.2. RELACIÓN DEL SISTEMA

El sistema domótico *System Be* le permite a una persona en estado de cuadriplejía (usuario primario) controlar el estado de su habitación, permitiendo

encender y apagar la luz, disminuyendo o aumentando la temperatura, accionando diferentes electrodomésticos, ventilador, aire acondicionado y/o calefacción. Le permite aislarse parcialmente del ruido de los exteriores abriendo o cerrando la ventana de su cuarto.

Ilustración 90. Ubicación de *System Be* en la habitación del usuario.



El sistema domótico *System Be* comprende 4 elementos físicos y un diseño de pantalla interactiva para controlar su ambiente.

Diseño de pantalla: Le permitirá visualizar la interfaz para así manipular el ambiente y comunicarse con su entorno.

1. Lector de retina *System Be*: Le permite controlar el cursor en el ordenador y así manipular la interfaz.
2. Toma *System Be*: Permite controlar diferentes aparatos electrónicos como: un ventilador, aire acondicionado, calefacción, etc.

3. Interruptor *System Be*: Permite controlar la luminosidad en su habitación en horas de la noche.
4. Mecanismo de ventana *System Be*: Permite abrir y cerrar la ventana de forma remota permitiéndole aislarse de ruidos externos a su alcoba.



10.2.1. Instrucciones de instalación.

Ilustración 91. Manual de instalación.

Manual de instalación para el Técnico

Ensamble **Toma**

Piezas:

1 Caja
2 Tarjeta base (Tarjeta 1)
3 Arduino nano
4 Transformador (Tarjeta 2)
5 bluetooth
6 Toma
7 Tapa

	Tome la caja
	Inserte la primera tarjeta haciendo que los agujeros coincidan (asegure con tornillos)
	Inserte el arduino nano como se muestra, en el socket
	Coloque la segunda tarjeta boca abajo como se muestra
	Fijese en la borneta y con ayuda de un probador de neon conecte como indica la simbología en la misma. (Los cables conectados al toma deben ir por dentro de la caja)
	Tome el bluetooth introduzcalo en el espacio rectangular de la caja, pase el cable por el agujero y conéctelo en el socket de forma tal que el negativo coincida con lo indicado en la tarjeta
	Asegure levemente el toma a la carcasa con tornillos
	Sujete el conjunto a la caja en la pared y cubra con la tapa

Manual de instalacion para el Tecnico

Ensamble Interruptor

Piezas:



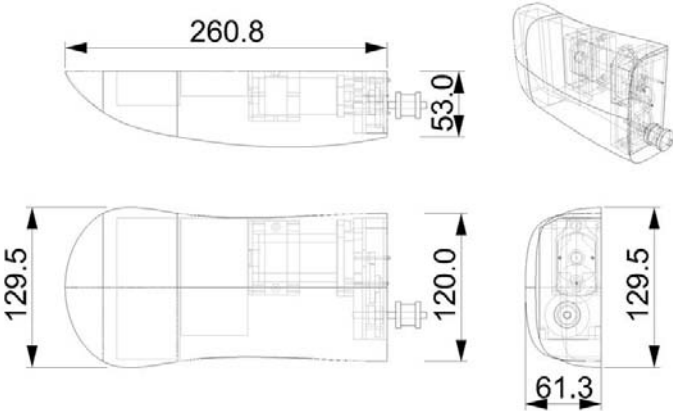
10.3. CONSTRUIR

Se propone la construcción en impresión 3D, debido a que los espesores de todos los componentes son de 2 mm, el proceso de construcción se realizó por medio de la técnica de termo formado en acrílico blanco.

10.3.1. Planos.

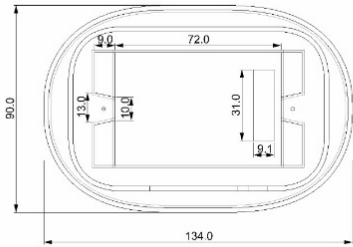
Carcasa dispositivo ventana

Ilustración 92. Planos carcasa ventana.

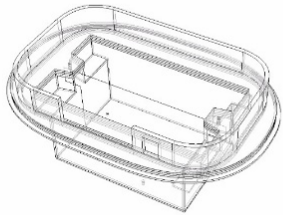


Carcasa del interruptor

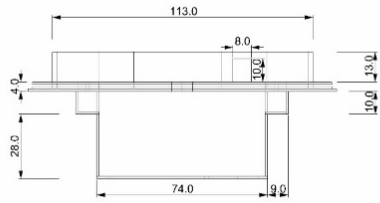
Ilustración 93. Planos Interruptor.



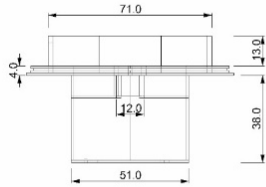
SUPERIOR



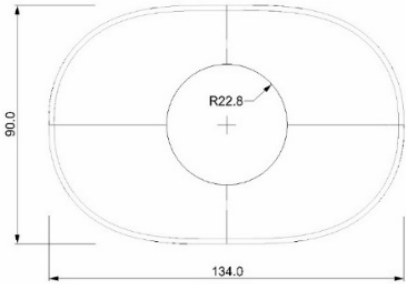
ISOMETRICA



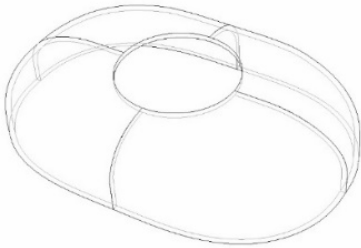
FRONTAL



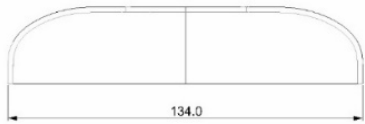
LATERAL DERECHA



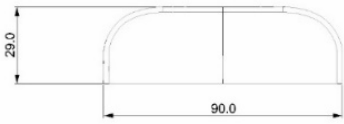
SUPERIOR



ISOMETRICA



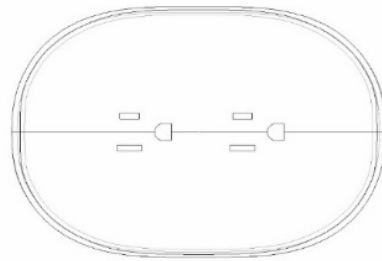
FRONTAL



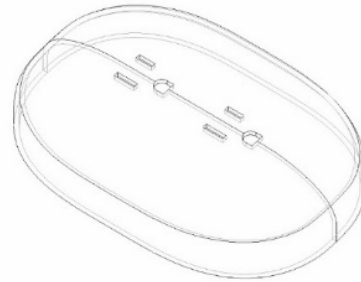
LATERAL DERECHA

Carcasa de toma corriente

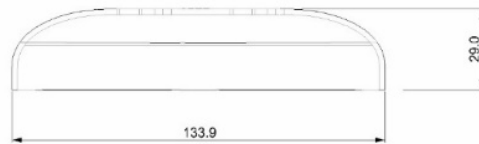
Ilustración 94. Planos toma corriente.



SUPERIOR



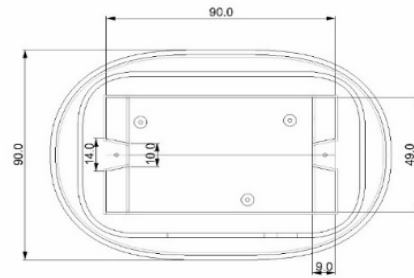
ISOMETRICA



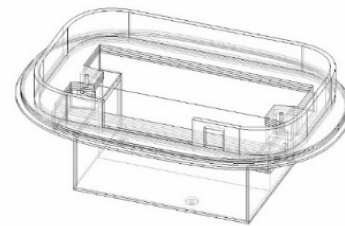
FRONTAL



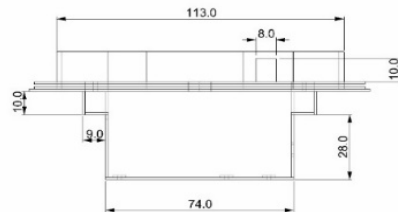
LATERAL DERECHA



SUPERIOR



ISOMETRICA



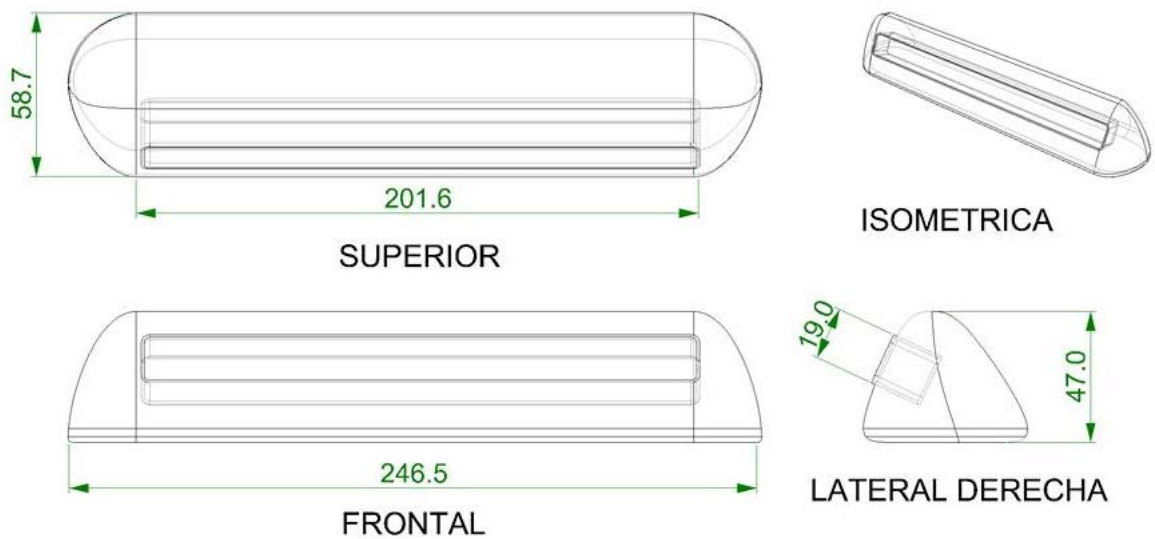
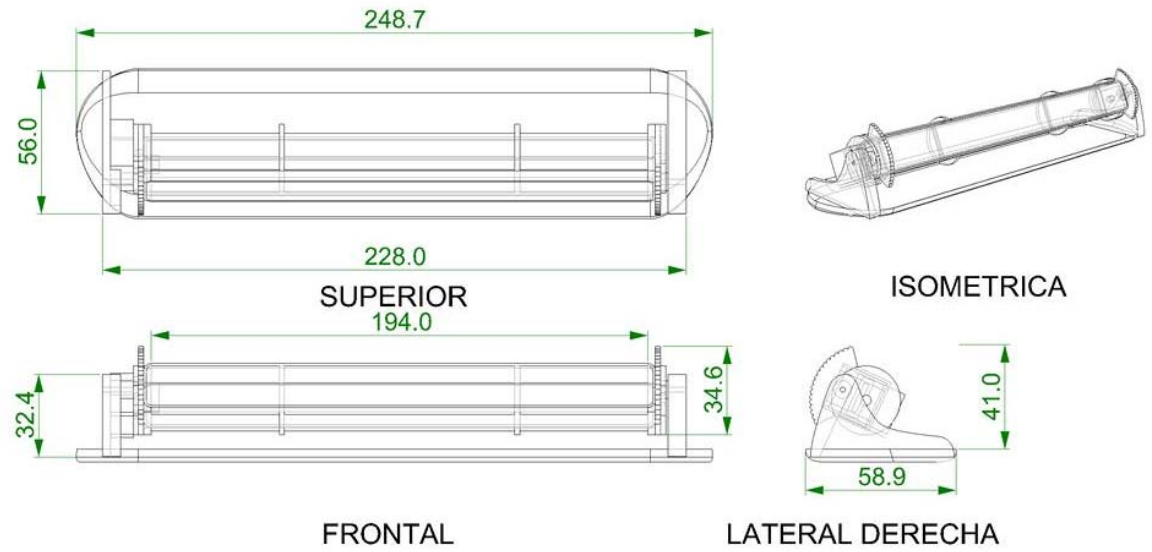
FRONTAL



LATERAL DERECHA

Carcasa de lector de movimiento y controlador de sistema domótico




Ilustración 95. Planos dispositivo controlador.



10.3.2. Proceso de construcción. Con los planos se fabricaron piezas macizas en madera MDF de 9 mm para generar un molde y se construyó un contra molde con el contorno externo para hacer la presión para termo formar.

Piezas construidas para el termo formado.

Ilustración 96. Piezas para el termo formado.

Dispositivo lector y controlador.	Interruptor y toma corriente.	Sistema de ventana.
		

Pasos para realización del termo formado

1. Se pre calentó un horno
2. Se atornilla la lámina de polimetilmetacrilato (acrílico) a el molde plano.
3. Se introduce la lámina en el horno y con ayuda de una pistola de calor se aplica en la zona libre de madera.
4. Cuando ésta comienza a tomar una textura suave y maleable, se presiona dentro del molde macizo, con un peso superior a 150 kilogramos.
5. Para el modelo de la carcasa de la ventana se debía aplicar mas de 300 kilogramos. Debido a esto se fabricó utilizando un molde en yeso que se dejó

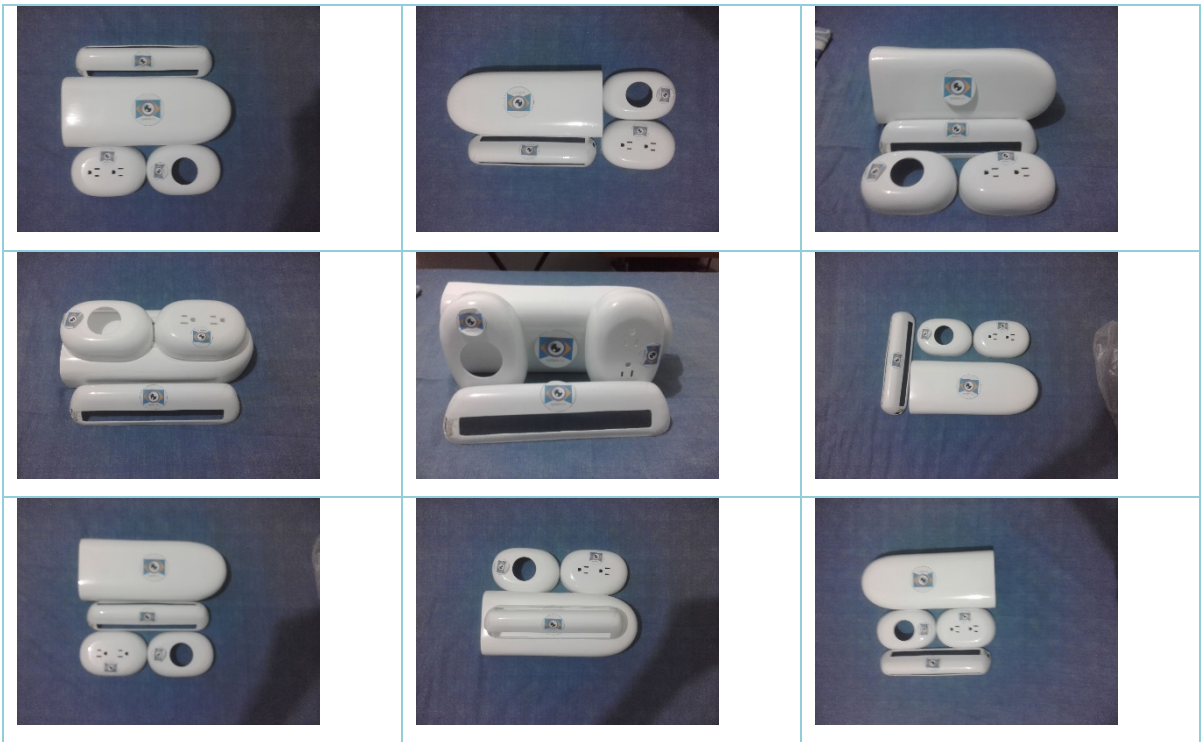
secar y se adicionó resina y fibra de vidrio hasta lograr el espesor deseado de 2mm.

Registro fotográfico.

Ilustración 97. Registro fotográfico construcción de prototipo.

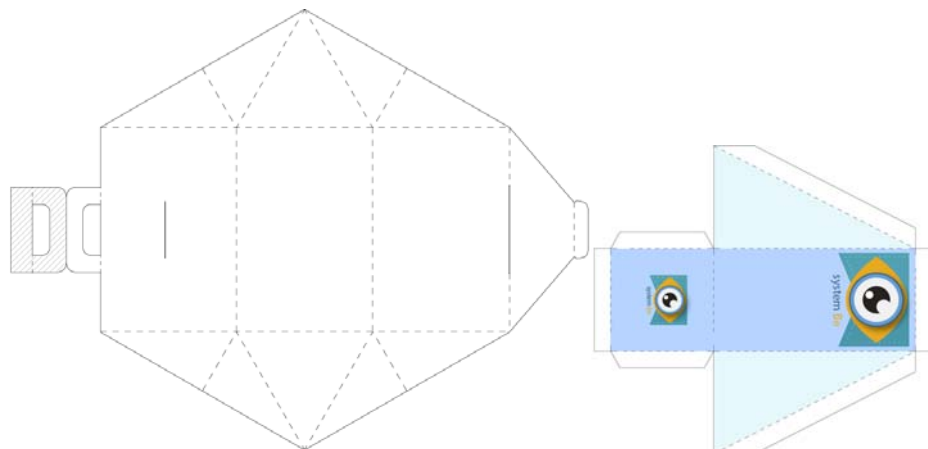
	<p>Modelo de Interruptor y toma corriente.</p>
	<p>Modelo de dispositivo.</p>
	<p>Modelo de ventana.</p>

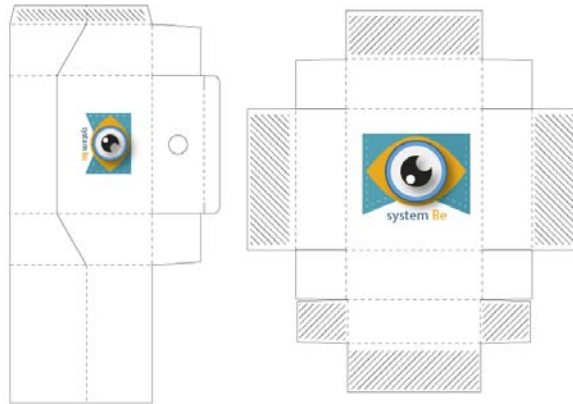
10.3.3. Diseño de empaque. Para el desarrollo de una propuesta de empaque se evaluaron las posibilidades para ubicar la familia de objetos dentro de dicho diseño.



Observaciones; en todos las posibles agrupaciones para el diseño del empaque se pudo observar que la forma que predomina en la base para el empaque es rectangular o cuadrada aunque esta no tenga una coherencia formal con la familia de objetos con base en esto se planteará un diseño.

Propuestas de empaques





Desarrollos creados apartir de la configuracion formal de la familia de objetos.

Se construyeron los modelos y se realizaron validaciones de observación y asociación en donde se preguntó a cada sujeto de prueba que se encontraba dentro de cada empaque con el fin de conocer la asociación que éste genera y se observó la forma a la cual estos obtenían acceso al producto que se encontraba en el interior del empaque.

	<p>Se asocio a un maletín médico, un bolso, cartera de mujer, objetos redondos, una carta, para su apertura no se presentaron problemas el diseño en su apertura.</p>
	<p>Se asocio a una caja de chocolates, un juego interactivo para niños, objetos simétricos, algo que contienen dos partes para mezclar, se abre de manera inmediata.</p>
	<p>Se asocio a una cajetilla de cigarrillos, una caja de discos de 3 y medio, una caja de seda dental, contienen objetos electrónicos y de cuidado. Su apertura falló requiere de instrucción.</p>



Se asocio a una caja de herramientas, un equipo de sonido, piezas pequeñas ordenadas. Su apertura es efectiva no se presentaron dificultades.

En conclusión los empaque que más se asocian al contenido del proyecto son la propuesta uno y la tres, debido a que estas son asociadas a elementos médicos y electrónicos.

10.4. VALIDACIÓN FINAL

En esta validación se simuló el usuario primario se adaptó en la postura recomendada y se alquilaron los elementos hospitalarios que tiene el usuario en su habitación, para la prueba se fabricó una pared que simula la pared de una habitación donde se ubican los elementos diseñados. Para esta validación se pidió a los usuarios realizar una serie de accionamientos ordenados a continuación.

- Encender la iluminación.
- Abrir la ventana.
- Encender la lámpara.
- Acceder al correo electrónico.

Evidencia fotográfica

Ilustración 98. Evidencia fotográfica validación final.

		
<p>Pared de simulación.</p>	<p>Introducción y ubicación del usuario.</p>	<p>Calibración del sistema.</p>
		
<p>Accionamiento de iluminación</p>	<p>Abrir la ventana.</p>	<p>Encender la lámpara.</p>
		
<p>Acceder al correo electrónico.</p>		

El sistema funcionó correctamente no se presentaron fallas eléctricas y mecánicas, el usuario desarrollo las tareas que se le pidieron y debido a que le

agrado el sistema intento conseguir el mayor puntaje en la calibración para tener más precisión para fijar el cursor en los íconos y continuó realizando accionamientos del sistema.

El sistema final no pudo ser evaluado con el usuario primario, debido a los problemas que conlleva su estado, pero durante las validaciones técnicas en personas simulando la condición se notaba la emoción al usar el sistema durante las pruebas se observaron diferentes emociones como risas, persistencia debido a que al no tener practica usando el sistema se dificulta su uso por primera vez a causa de la falta de costumbre, cada vez que los usuarios de prueba lograban cumplir con la tarea se sentía la satisfacción de conseguirlo. Si esto ocurre con personas que no tienen el estado de cuadriplejía les emociona conseguir el accionamiento de los objetos del espacio en donde habitan, para el usuario real a pesar de sus dificultades presentar este sistema debe despertar más emociones de satisfacción.

Análisis de actividades diarias, el tiempo invertido en ellas y el efecto emocional que evocan

Las personas que padecen el estado de cuadriplejía han perdido su movilidad, su independencia; realizar tareas cotidianas es un sueño para ellas y algo tan común en quien no padece el estado de cuadriplejía, que muchas veces pasa por alto en su día las tareas cotidianas, es decir, sin prestarles atención o realizándolas en forma remota, dichas actividades consumen un tiempo. Analizar las actividades realizadas por una persona en su día a día y analizar cómo se enfrenta una persona que padece el estado de cuadriplejía a estas actividades aclara el panorama limitante que sufren los cuadripléjicos

Tareas cotidianas



- ✓ Bañarse 30 min
- ✓ Vestirse 30 min
- ✓ Alimentarse 2 hr 1/2
- ✓ Ir al baño 30 min
- ✓ Dormir o descansar 7 hr

Tareas cotidianas

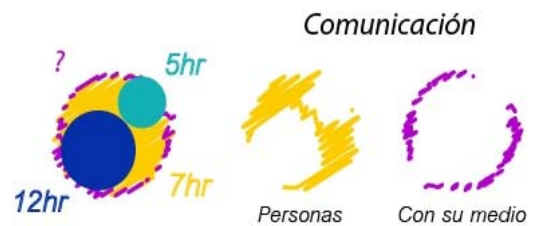
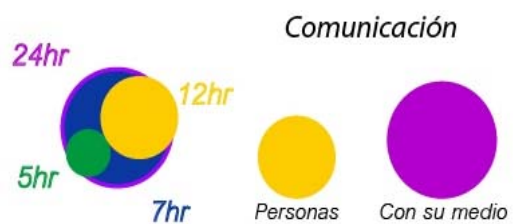


- ✗ Bañarse
- ✗ Vestirse
- ✗ Alimentarse
- ✗ Ir al baño
- ✓ Dormir o descansar



- 1 hr ↑
- 1 hr ↑
- 1 hr ↓
- 2 hr ↑
- 12 hr ↑

Las tareas cotidianas generalmente son realizadas por cada persona (bañarse, vestirse, alimentarse, ir al baño y dormir o descansar) una persona en estado de cuádruplejía depende de otra que le ayude a realizar estas tareas



- Actividad realizada de forma autónoma
- Interacción con otras personas
- Interacción con el medio en el que se desenvuelve

- Actividad realizada con ayuda de otra persona
- Dormir o descansar

La comunicación se da de forma natural en dos estados, una con las personas y otra con el entorno; Esta segunda es menos percibida de forma consciente pues la comunicación se hace de forma natural al manipular el entorno donde estamos. Si sentimos frío nos arropamos, encendemos la calefacción, nos acercamos a una fuente de calor de forma inversa si sentimos calor salimos a un lugar más aireado, nos ponemos ropa ligera, nos bañamos, encendemos el aire acondicionado o un ventilador; si nos molesta el ruido nos alejamos de él o nos aislamos de la fuente de ruido, si necesitamos luz encendemos una bombilla o abrimos una ventana,

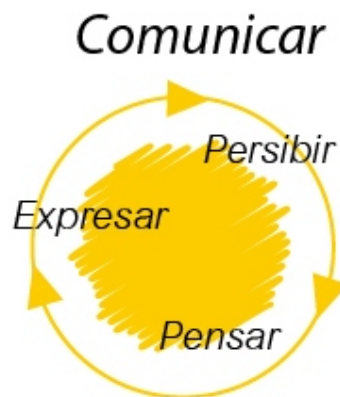
todas estas son actividades que realizamos casi que de manera inconsciente, interactuando con nuestro entorno al manipular las condiciones que nos rodean.

$$\begin{array}{r} + 5hr \text{ asistidas} \\ + 12hr \text{ de sueño} \\ \hline 17hr \\ - 24hr \text{ un día} \\ \hline 7hr \text{ horas libres} \end{array}$$

*En la semana tiene 2 hr asistidas de
terapia dos veces por semana*

Una persona en estado de cuadriplejía distribuye su tiempo diario así, de forma tal que esta persona cuenta con 7 horas diarias para sentirse solo, pues es muy poco el tiempo que comparte con otras personas.

Depende de la voluntad de ellas para socializar, pues son ellas quienes se acercan a compartirles su tiempo y experiencia, cosas a las que él se ve imposibilitado por el estado en que se encuentra (sin experiencias nuevas que compartir).



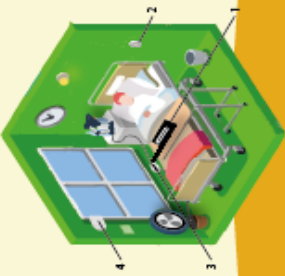
Comunicar es compartir algo propio, como la opinión, la experiencia o el afecto, comunicar es el bucle constante que hay al percibir, pensar y expresar

Instrucciones de uso de System Be


UBICACION DE COMPONENTES SYSTEM BE

System Be es un sistema doméstico para personas con discapacidad intelectual.


- Dispositivo lector ocular y controlador.
- Sistema para el interruptor.
- Sistema para toma corriente.
- Mecanismo de ventana.




INSTRUCCIONES DE USO




1 Instalación del toma corriente y el interruptor.
Se debe realizar la desinstalación del interruptor y toma corriente de la habitación del usuario.



Retire la tapa del tomacorriente o interruptor. Normalmente, las tapas se aseguran con tornillos, retírelas con un destornillador.



Desmonte el tomacorriente o interruptor. Quite los tornillos después de la caja, tanto como las cables se permitan.



Con ayuda de un probador de neon para probar la polaridad del cable, asegure en la unión del tomillo y el cable, si da una luz naranja el cable es positivo y si no enciende el bombillo del probador es negativo. Marque los cables con un adhesivo.

2 Retire la carcasa externa de los sistemas del interruptor o el toma corriente de System Be.

Con la ayuda de los alicates tome la carcasa y retírela haciendo presión hacia afuera. Luego desmonte el interruptor o el toma corriente retirando los tornillos con ayuda de un destornillador.

3 Se conectan los cables positivo con positivo y negativo con negativo al conector azul del sistema.

Se atopa el tomillo para permitir la entrada del cable y se ajusta nuevamente el tornillo.

4 Se monta el interruptor o el toma corriente y se ajusta la carcasa exterior de presión.

Use un destornillador para ajustar el tomacorriente o el interruptor usando los tornillos del probador en el paso dos.

5 Instalación del mecanismo de la ventana.
Con la ayuda de un tabaladro se ubica el eje y las guías de la ventana.

Ubique el eje a tres centímetros del borde superior de la ventana.

6 Ubique el sistema en la pared justo en el borde más próximo a la ventana y cinco centímetros por debajo del eje de la ventana.

Ubique el sistema en la pared justo en el borde más próximo a la ventana y cinco centímetros por debajo del eje de la ventana.

7 Ajuste la polea en la guía y ubique la carcasa del sistema.

Tensiona la polea hasta que le permita ingresar en el eje de la carcasa.

8 Desconecte el dispositivo lector y controlador en la parte baja de la pantalla del portátil.

Desmonte el toma corriente. Quite los tornillos del toma corriente y saque de la caja tanto como los cables se lo permitan.

9 Ubique el usuario persona en estado de cuadrupedia en la cama boca arriba, con la espalda inclinada a un ángulo no superior a 45° con respecto a la horizontal de la cama.

Con ayuda de un probador de neon para probar la polaridad del cable, se ubica en la unión del tomillo y el cable, si da una luz naranja el cable es positivo y si no enciende el bombillo del probador es negativo. Marque los cables con un adhesivo.

10 Realice el proceso de calibración y haga uso de todas las ventajas de System Be.

11 Accione los programas de System Be antes de conectar el dispositivo lector y controlador.

Conecte el puerto azul a la entrada USB 2.0 y el puerto negro a la entrada USB 2.0 del ordenador.

12 Con cuidado retire la carcasa del sistema de la ventana y con ayuda de un tabaladro.

13 Recuerde que para el sistema System Be se requiere una cama inclinada, almohada, una mesa hospitalaria, una base reclinable inclinable para portátil y una linterna para hacer uso del sistema computar.

11. CONCLUSIONES

11.1. RESPUESTA A LA PREGUNTA DISEÑO

En qué porcentaje (de tiempo) le permite el sistema *System Be* realizar tareas cotidianas a una persona en estado de cuadriplejía dependerá de cómo se analice o comparé. Lo que sí es preciso afirmar es que el sistema le permite a una persona de estado de cuadriplejía comunicarse tanto con su entorno como abrir o permitir una comunicación más fluida con sus familiares, y allegados, (a continuación, se presentan dos respuestas a dicha pregunta).

$$\begin{array}{l} \frac{24 \text{ hr}}{7 \text{ hr}} \longrightarrow \frac{100 \%}{X} \\ \frac{24 \text{ hr}}{7 \text{ hr}} \longrightarrow \frac{100 \%}{X} \end{array} \quad X = \frac{(100 \%)(7 \text{ hr})}{24 \text{ hr}} = 29,666$$

Si tenemos en cuenta las 24 hr del día (es decir todo el día) y contemplamos que gracias al sistema *System Be* la persona en estado de cuadriplejía pueda disfrutar de sus 7 hr diarias de esparcimiento (horas libres) encontraremos que la persona recuperara un **29.666%** de su tiempo al permitirle comunicarse aprender y compartir.

$$\begin{array}{l} \frac{12 \text{ hr}}{7 \text{ hr}} \longrightarrow \frac{100 \%}{X} \\ \frac{12 \text{ hr}}{7 \text{ hr}} \longrightarrow \frac{100 \%}{X} \end{array} \quad X = \frac{(100 \%)(7 \text{ hr})}{12 \text{ hr}} = 58,333$$

Si tenemos en cuenta las 12 hr del día (es decir, el tiempo que permanece despierto) y contemplamos que gracias al sistema *System Be* la persona en estado de cuadriplejía pueda disfrutar de sus 7 hr diarias de esparcimiento (horas

libres) encontraremos que la persona recuperara un **58,333 %** de su tiempo al permitirle comunicarse aprender y compartir.

El objetivo general de este proyecto fue Diseñar un dispositivo con base en un sistema domótico controlado por medio del movimiento ocular, dirigido a personas cuadripléjicas con el propósito de permitirles realizar tareas cotidianas para mejorar su calidad de vida. Las conclusiones que se derivan de este trabajo se exponen a continuación:

11.2. HALLAZGOS

Se llevaron a cabo estudios de personas en estado de cuadriplejía para conocer las causas que ocasionan esta discapacidad, encontrando así lo que origina esta condición, es el daño de la médula espinal ocasionada principalmente por accidentes y que se presenta en adultos y adolescentes, aunque la parálisis es total solo algunas funciones del cuerpo pueden ser aprovechadas, como el movimiento ocular, que no se ve afectado, por lo tanto, puede ser usado para controlar el funcionamiento de un sistema domótico que le permita la interacción con el entorno, realizando actividades que le generen mayor independencia, gracias a la adaptación de un dispositivo útil, cómodo y fácil de controlar, generando al usuario una inclusión de la sociedad.

11.3. LIMITANTES

La falta de financiamiento para la investigación, planeación y desarrollo del proyecto, no permitió su consolidación a nivel macro, el estudio realizado, que aprovecha el movimiento ocular, permitiría el cambio por completo del estilo de vida de las personas en condición de cuadriplejía, la disposición del presupuesto necesario para explotar todas las funciones que pueden ser controladas gracias a la implementación de un sistema domótico, no se logró obtener dado el elevado

costo que se requiere para la construcción de todos y cada uno de los objetos que hacen necesario el cumplimiento a cabalidad de los requerimientos que hacen parte de la implementación del sistema en el proyecto realizado.

Una gran limitante del proyecto es el factor humano debido a que el usuario primario persona en estado de cuadriplejia presenta muchas complicaciones en su estado de salud y su desplazamiento es costoso y puede generarle lesiones o complicaciones en su estado de salud y de ánimo, además debido a sus constantes cambios de ánimo es nocivo presentar un sistema que les brinda la interacción con su entorno y negarles la posibilidad de obtenerlo, por tanto se evita generar falsas expectativas y causar le un daño emocional. Para el proceso final de comprobación de todo el sistema se postularon dos candidatos posibles en estado de cuadriplejía pero debido a lo anterior expresado no se logró realizar la validación con el usuario primario, pero sí de valido mediante la simulación de dicho estado usando usuarios dentro de las edades establecidas en el proyecto. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que, a pesar que los participantes no tenia en estado se observaron emociones positivas y de aceptación a System be.

11.4. RECOMENDACIONES

Se recomienda principalmente la obtención de un ente de financiamiento que cubre por completo la investigación y desarrollo del sistema domótico y una interrelación entre los conocimiento existentes en la facultad de ingenierías físico-mecánicas para complementar la generación de los sistemas y dispositivos electrónicos necesarios del dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. Soluciones de Automatización y eficiencia energetica. Power and productivity for a better world, 84. 2012

ALFONSO RECUERO, D. I. La domotica como medio para la vida. Epaña : Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC). 1999

ANTILLERA, I. T. desarrollo y diseño de video juegos basados en electroooculografia. MEXICO: tencnun, universidad de Navarra. julio 2013

ASOC. asoc-aluminio. 10 de agosto de 2012 [en línea] disponible en: www.asoc-aluminio.es

BARRO, S., & VERAMENDI, V. Cuidados que brinda la familia al paciente cuadraplejico que reingresa a un centro de rehabilitacion. Valencia, España. 2012

BECEDRA, O. R. Ergonomía y procesos de diseño. bogota D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. 2010

CAMARGO, M. Doctor especialista en lesiones medulares de la fundación FANDIC,(entrevista voz del usuario secundario). (L. Tamayo, Entrevistador) 18 de Diciembre de 2015

CLÍNICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA. Atencion al paciente. Guía de Prevención y tratamiento de las ulceras por presion. UPP, 20-23. 2011

DICKENS ROAD, R. V. (). American Spinal Injury Association 3 de Febrero de 2005. Obtenido de (ASIA): [en línea] disponible en: www.asia-spinalinjury.org

DOLORES , A., APARISI , J., BARÓ, F., BLANCO B., M., CORELL DOLZ, A., DOLS R., J., . . . VIVAS B., M. Libro Blanco I+D+I al servicio de las personas con discapacidad y las personas mayores. Valencia, España: instituto de Biomecánica de Valencia. 2003

DUARTE, D. persona en estado de cuadriplejia (encuesta voz del usuario). (J. Florez, Entrevistador) 18 de Diciembre de 2015

EPPINGER, K. T.-S. Diseño y desarrollo de productos. Mexico D.F: Mc Graw Hill Education. 2004

ESCLARÍN, A. Lesión Medular. Enfoque multidisciplinario. Madrid: Médica Panamericana. 2009

Et COL, C. P. Lesiones medulares traumáticas traumáticas y traumatismos craneoencefálicos. España: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. 2011

GINER, M., DELGADO, M., MIGUEL, I., & FORNER, J. y. Lesión medular. Guía de autocuidados. Valencia: Generalitat Valenciana. 2001

GOMEZ DIAZ , I. C., SOSSA ROJAS , L. K., & TORRES MARMOLEJO , L. M. Modelo predictivo del grado de discapacidad en adultos con lesión medular de bucaramanga (colombia): resultados desde el who-das ii. Manizales. 2012 [en línea] disponible en:<http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/190?mode=full>

GUEVARA, E. S. Diseño Industrial conceptos para la construcción de la forma. Bucaramanga Santander: Universidad Industrial de Santander. 2010

HENAO LEMA , C. P., & PÉREZ PARRA, J. E. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. Manizales: Universidad de la Sabana. 2010 [en línea] disponible en:<http://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1682/2190>

Intersocial. análisis sobre la lesión medular en España. Toledo: Federación Nacional Aspaym, Finca de la Peraleda S/N. Bajos y Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo . 2012

JIMÉNEZ-LEÓN, JUAN C. Y. M.-F.-B. . Malformaciones del sistema nervioso central. revista de neurología, Rev Neurol 2013; 57 .

JUSTI T., F. A., & AGUIRRE G., I. Creación de una herramienta que permita mover el cursor de un computador a partir del movimiento ocular, utilizando técnicas de visión artificial. Séptima conferencia LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009). San Cristobal, Venezuela. junio 2-9,2009 [en línea] disponible en:<http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p256.pdf>

KAMAR, J., TYNDALL, T., WHITE, L., & HUTCHINSON. Implementation of pressure ulcer prevention best practice recommendations in acute care: an observational study. EEUU: Int Wound J. 2012

LUGO AGUDELO, L. H., & SEIJAS , V. La discapacidad en Colombia: Una mirada global. Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación, 22(2), 164 - 179. 2012 [en línea] disponible en: <http://www.revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/64>

MARTÍN, S. Guía práctica para lesionados medulares. Madrid: ASPAYM Madrid. 2002

MEDULAR, T. D. M^a de las Viñas Alvarez Velasco Y Manuel Salinero Pérez. Toledo: Hospital Nacional de Paraplégicos. 1997

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Guía técnica de aplicación: Instalaciones interiores GUÍA - BT-25. Bogotá D.C 2003: Ministerio de ciencia y tecnología.

MONTOYA GONZÁLEZ. Soraya Guia para periodistas. Bogota- Colombia: Fundacion saldarriaga concha. 2012

MORALES MANCILLA , J. A., COSSÍO MARTÍNEZ, A. G., GUERRA CRESPO, H., GUZMÁN SANCHÉZ, J. O., & RÍOS TOLEDO , G. Sistema de comunicación alternativa para personas con parálisis cerebral que saben leer y escribir con el apoyo de un dispositivo móvil con Android. Revista de tecnología digital, 3(1), 9-18. 2013 [en línea] disponible en:http://www.revistatecnologiadigital.com/pdf/03_008_comunicacion_alternativa_paralisis_cerebral_.pdf

MURILLO, N. Porque tú eres importante! Guía de apoyo para familiares cuidadores de personas con lesión medular. Barcelona, Blocs 21.: Fundació Institut Guttmann. 2009

NETSAMURAI, S. The rehabilitation of people with spinal. Boston: Blackwell Science. 2000

NORDQVIST, I. Sexualidad y discapacidad. Madrid: Ministerio de asuntos sociales. 1991

ORG, h. Guia de la salud: Daño de la médula espinal. España: hesperian. org. 2011

PAULIEN BRUIJN, B. R. cuenta conmigo. internacional: Una guía práctica para las organizaciones. 2001

PEÑA, M. F.-F.-A. Datos antropométricos para el diseño (region Nororiental Colombia). Bucaramanga Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2008

POLITAN ENTERPRISES LLC. Point-N-Click virtual mouse. 2 de 5 de 2002 [en línea] disponible en:<http://www.polital.com/pnc/>

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogota D.C.: Republica de Colombia. 2004

RUBIO RAMOS., F. M., & BETANCOURT USCATEGUI, A. Desarrollo de una Metodología para seguir y discriminar el movimiento de un ojo humano en tiempo real. Revista de ingenierias de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas., 10(2), 2006 26- 36. [en línea] disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797165>

SÁNCHEZ, C. O. La Balsa: una especie del futuro. M&M, 10-14. 2005

SÁNCHEZ, I. Manual SERMEF de Rehabilitación y medicina física. Madrid: Médica Panamericana. 2006

SENELICK, R. y. The espinal cord injury handbook for patients and their families. Birmingham: Healthsouth Press. 1998

SOMERS, M. Spinal cord injury: Functional rehabilitation. New York: Prentice Hall. 3ª edición. 2009

SUÁREZ, M. Persona en estado de cuadriplejía. (entrevista voz del usuario). (L. Tamayo, Entrevistador) 20 de Diciembre de 2015

TOLEDO, M. L. Detección de Movimientos Oculares para el Control de Dispositivos. VALDIVIA: universidad austral de chile. 2006

TRICKER, A. Voy a vivir. Madrid: Ediciones SM. 1995

USTRELL, A. La enfermería en neurorrehabilitación. Barcelona: Blocs 17. Fundació Institut Guttmann. 2005

VARÓN, H. H. Sistema amortiguable para la reducción de úlceras y escaras a pacientes postrados. pereira: universidad catolica de pereira. 2011

VELARDE JURADO , E., & AVILA FIGUEROA , C. Evaluación de la calidad de vida. Salud Puclica Mexico, 349 - 361. 2002 [en línea] disponible en:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342002000400009

ANEXOS

ANEXO A. Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por Leidy Andrea Tamayo Carreño y Julián Guillermo Flores Vargas, de la Universidad industrial de Santander. La meta de este estudio es diseñar sistema domótico mediante el uso del software libre EYES control para personas con cuadriplejía.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una entrevista (o completar una encuesta o usar un dispositivo que reconoce el movimiento ocular que utiliza una cámara de video para capturar las imágenes en tiempo real y recurre a un LED de emisión de infrarrojo que son una onda larga de baja frecuencia indetectable a la vista sin causar daños). Esto tomará aproximadamente 15 minutos de su tiempo. Lo que conversemos durante estas sesiones se grabará, de modo que el investigador pueda transcribir después las ideas que usted haya expresado.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario serán anónimas. Una vez transcritas las entrevistas, los datos con las grabaciones se destruirán.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Leidy Andrea Tamayo Carreño y Julián Guillermo Flores Vargas. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es diseñar sistema domótico mediante el uso del software libre EYES control para personas con cuadriplejía.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista o realizar pruebas con un dispositivo que usa leds infrarrojos que no causan daño, lo cual tomará aproximadamente 15 minutos.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a los desarrolladores Leidy Andrea Tamayo Carreño y Julián Guillermo Flores Vargas.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a los desarrolladores Leidy Andrea Tamayo Carreño y Julián Guillermo Flores Vargas.

Firma del Participante: _____

Nombre del Participante: _____

Fecha: _____

ANEXO B. Encuesta identificación del usuario primario.



ENCUESTA DESCRIPCIÓN DEL USUARIO 1 y 2.

Mi nombre es leidy andrea tamayo carreño y el de mi compañero Julian Guillermo Flores Vargas, estudiantes de diseño industrial en la universidad industrial de santander nos encontramos desarrollando la tesis de grado que consiste en un SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLJEJÍA.

Como parte del desarrollo del proyecto estamos realizando la siguiente encuesta que tiene como objetivo identificar los requerimientos mediante la necesidades y experiencia del usuario en estado de cuadriplejía y de quien se encarga del cuidado.

Solicitamos que responda de manera objetiva cada una de las preguntas. Muchas gracias de antemano por su participacion.

1. Nombre:

2. Edad:

3. Estrato socio económico:

1		2		3		4		5	
----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--

4. Nivel de educación:

secundari a		técnic o		profesion al	
------------------------	--	---------------------	--	-------------------------	--

5. A que se dedica o se dedicaba:

estudia		empleado		Independien te		ningun o	
----------------	--	-----------------	--	---------------------------	--	---------------------	--

6. Posee computador portátil o laptop

si		no	
-----------	--	-----------	--

7. Sabe usar el sistema operativo Windows

si		no	
-----------	--	-----------	--

ANEXO C. Encuesta TIPO 1 (Se aplicara a las personas en estado de cuadriplejía y familiares)



ENCUESTA VOZ DEL USUARIO.

Mi nombre es leidy andrea tamayo carreño y el de mi compañero Julian Guillermo Flores Vargas, estudiantes de diseño industrial en la universidad industrial de santander nos encontramos desarrollando la tesis de grado que consiste en un SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLEJÍA.

Como parte del desarrollo del proyecto estamos realizando la siguiente encuesta que tiene como objetivo identificar los requerimientos mediante la necesidades y experiencia del usuario en estado de cuadriplejía

Solicitamos que responda de manera objetiva cada una de las preguntas de acuerdo a la apreciación que tiene de ellas, si no comprende o no es clara la pregunta por favor haganos saber para brindar la aclaración. Muchas gracias de antemano por su participación.

Nombre: _____ Fecha: _____

Teléfono: _____ Edad: _____

13. ¿Hace cuánto tiempo sufrió el accidente que lo dejó en estado de cuadriplejía?

14. ¿Cómo fue el accidente y como ha sido la atención y la comunicación desde ese instante?

15. ¿Recibe asistencia de familiares o especialistas de la salud?

16. ¿Durante cuánto tiempo se encuentra solo?

17. ¿Qué tipo de terapias recibe durante el día y con qué frecuencia?

18. ¿Ha sufrido de úlceras por presión causadas por mantenerse inmóvil durante tiempo prolongado, si la respuesta es afirmativa con mayor frecuencia en que sectores del cuerpo?

19. ¿Qué tipo de actividades además de terapias se le brindan?

20. ¿Cuáles son los órganos o sentidos que no se ven afectados de ninguna forma por la lesión?

21. ¿De qué forma se comunica con el exterior?

22. ¿Qué pasatiempo realiza para aliviar la monotonía?

23. ¿Qué opina de un sistema domótico que controle su entorno para facilitar ciertas actividades?

24. ¿Qué tipo de actividades considera usted que le brindarían mayor libertad a la persona en estado de cuadriplejía?

ANEXO D. Encuesta TIPO 2 (Se aplicara a especialistas de la salud y familiares)



ENCUESTA VOZ DEL USUARIO.

Mi nombre es leidy andrea tamayo carreño y el de mi compañero Julian Guillermo Flores Vargas, estudiantes de diseño industrial en la universidad industrial de santander nos encontramos desarrollando la tesis de grado que consiste en un SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLJEJÍA.

Como parte del desarrollo del proyecto estamos realizando la siguiente encuesta que tiene como objetivo identificar los requerimientos mediante la necesidades y experiencia del usuario que se encarga del cuidado de la persona en estado de cuadriplejía.

Solicitamos que responda de manera objetiva cada una de las preguntas de acuerdo a la apreciacion que tiene de ellas, si no comprende o no es clara la pregunta por favor haganos saber para brindar la aclaracion. Muchas gracias de antemano por su participacion.

Nombre: _____ Fecha: _____

Teléfono: _____ Edad: _____

1. ¿Qué tecnologías conoce para mejorar la calidad de vida de las personas en estado de cuadriplejía?

2. ¿Con que frecuencia se debe aplicar terapia física y psicológica a las personas en estado de cuadriplejía?

3. ¿todas las terapias se realizan en una institución o las brindan en el domicilio?

4. ¿Qué tipo de actividades además de terapias se le brindan a la persona en estado de cuadriplejía?

5. ¿Cuáles son los órganos o sentidos que no se ven afectados de ninguna forma por la lesión?

6. ¿Cómo se deben tratar las úlceras por presión?

7. ¿En qué consiste la lesión medular y cuáles son las mayores causas que la provocan?

8. ¿Cuál es la mayor necesidad que presentan las personas en estado de cuadriplejía?

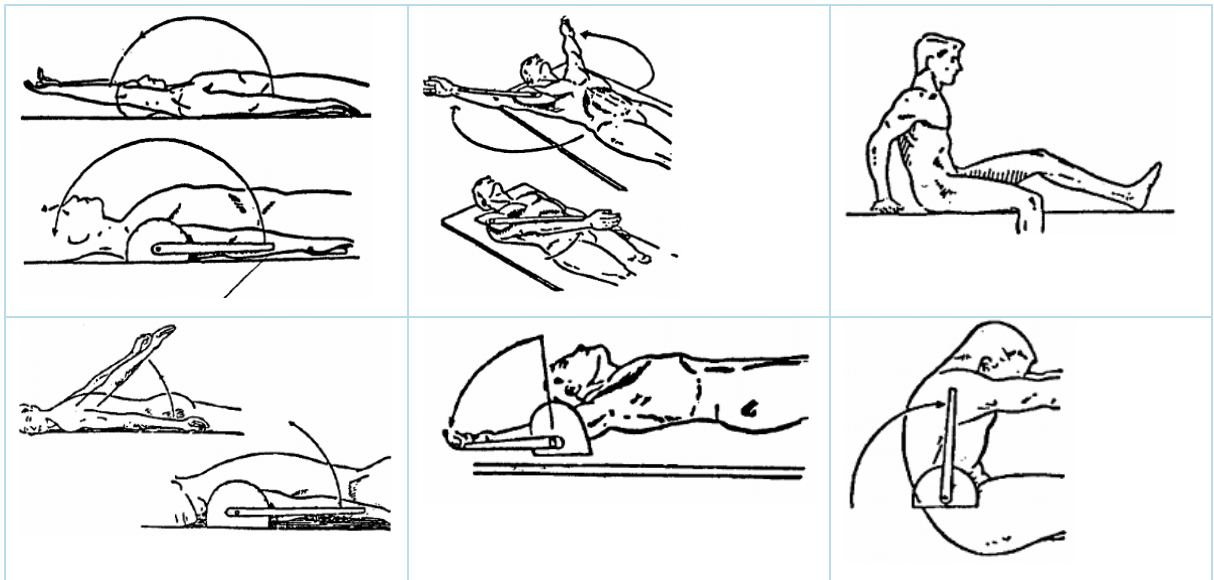
9. ¿Qué opina de un sistema domótico que controle su entorno para facilitar ciertas actividades?

10. ¿Qué tipo de actividades considera usted que le brindarían mayor libertad a la persona en estado de cuadriplejía?

11. ¿De qué forma generalmente las personas en estado de cuadriplejía se comunica con el exterior?

ANEXO E. Rango de movilidad de hombres y mujeres por edad percentil.

Sexo	Grupo de edad (años)	Flexo-extensión		Flexión lateral		Rotación	
		Media (°)	Desviación típica (°)	Media (°)	Desviación típica (°)	Media (°)	Desviación típica (°)
Hombres	20-30	122,037	13,337	88,647	13,352	138,556	17,574
	31-40	109,898	7,748	86,082	13,260	137,118	13,720
	41-50	98,055	10,384	74,842	12,874	127,809	11,822
	51-65	93,768	11,913	57,468	17,666	118,030	10,653
	66-79	79,254	11,931	50,069	11,220	103,051	14,409
Mujeres	20-30	122,121	6,705	89,811	7,186	143,508	9,945
	31-40	110,317	10,373	86,147	3,623	141,730	11,797
	41-50	109,620	15,848	81,608	14,218	137,237	7,707
	51-65	105,949	5,637	75,441	8,875	126,966	10,012
	66-79	96,589	12,808	47,706	12,090	117,463	15,097



ANEXO F. Cuestionario método KANO (Se aplicara a especialistas de la salud, familiares y persona en estado de cuadriplejía)

CUESTIONARIO

Buenos días/ tardes, somos estudiantes de Diseño Industrial de la UIS, estamos realizando una encuesta para el desarrollo y diseño de un sistema domótico que facilite a personas en estado de cuadriplejía la comunicación con el entorno. Le agradecemos tomarse un minuto de su tiempo y responder a las siguientes preguntas, (marque con una **x** sólo una respuesta por pregunta).

PREGUNTAS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES.		Debería	No me preocupa	Nada me importa	Desagradable
1. ¿Si el sistema reflejara su función, cómo se sentiría?					
2. ¿Si el dispositivo NO reflejara su función, cómo se sentiría?					
3. Si el dispositivo se fijara al cuerpo del usuario, Cómo se sentiría?					
4. ¿Cómo se sentiría si el dispositivo NO se fijara al cuerpo del usuario?					
5. ¿Si el sistema evita el ingreso de agentes externos, cómo se sentiría?					
6. ¿Si el sistema NO evita el ingreso de agentes externos que interrumpen el reconocimiento, cómo se sentiría?					

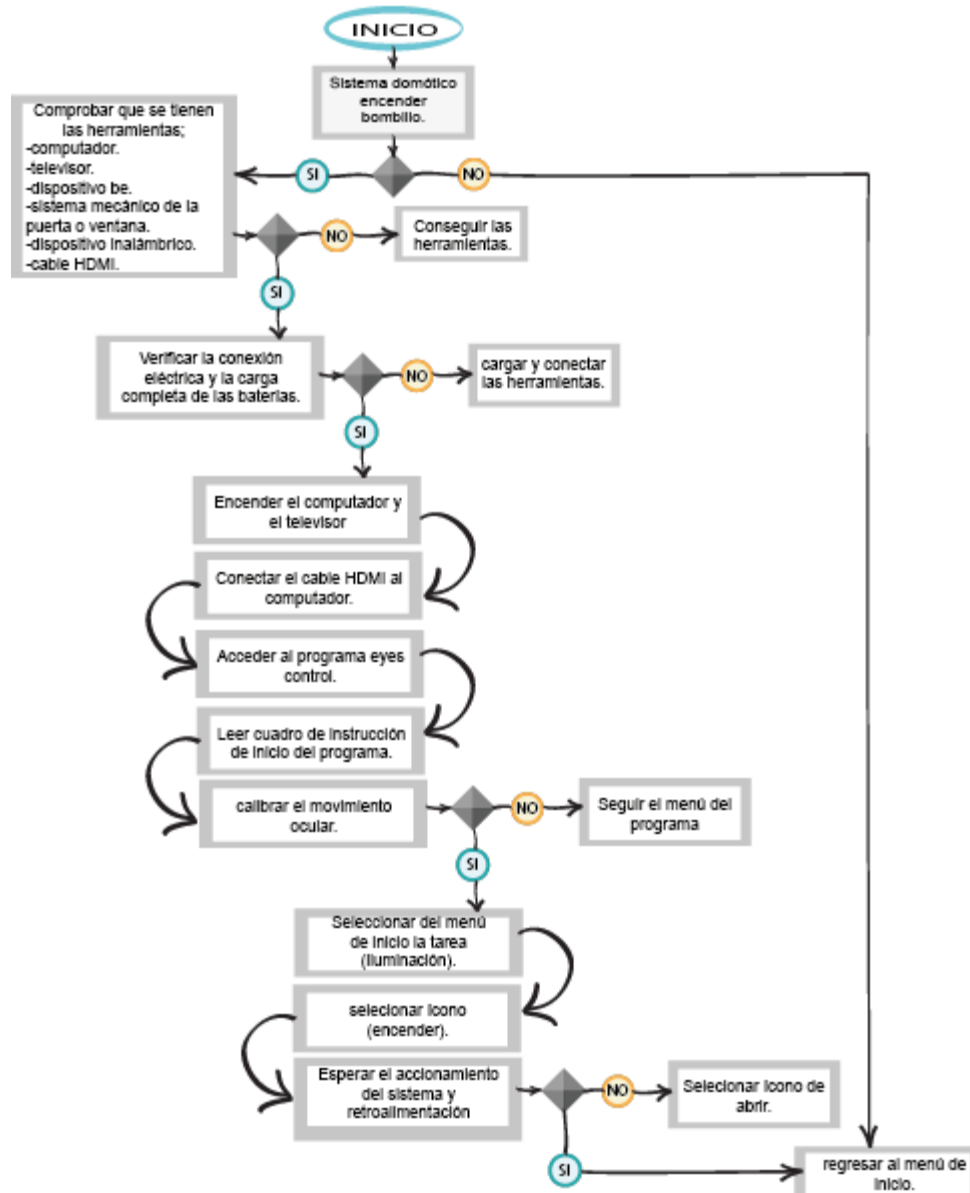
7. ¿Si el material del dispositivo es resistente a la corrosión y cargas a las que se somete, cómo se sentiría?					
8. ¿Si el material del dispositivo NO resistente a la corrosión y cargas a las que se somete, cómo se sentiría?					
9. ¿Si se puede ajustar al ángulo de visión, cómo se sentiría?					
10. ¿Si el sistema NO se puede ajustar al ángulo de visión, cómo se sentiría?					
11. Si el sistema se adaptara al tamaño de pantalla, Cómo se sentiría?					
12. ¿Cómo se sentiría si el dispositivo NO se adaptara al tamaño de pantalla?					
13. ¿Si los materiales del sistema se desgastaran todos a tiempo, cómo se sentiría?					
14. ¿Si los materiales del sistema NO se desgastaran al mismo tiempo, cómo se sentiría?					
15. ¿Si el sistema minimizara los gastos en cambios en infraestructura para la instalación del sistema, cómo se sentiría?					
16. ¿Si el sistema NO minimizara los gastos en cambios en infraestructura para la instalación del sistema, cómo se sentiría?					
17. ¿Si el programa del sistema usara colores apropiados para pantallas, cómo se sentiría?					
18. ¿Si el programa del sistema NO usara colores apropiados para pantallas, cómo se sentiría?					

19. ¿Si el sistema confirma el accionamiento, cómo se sentiría?					
20. ¿Si el sistema NO confirma el accionamiento, cómo se sentiría?					
21. ¿Si el sistema es liviano, cómo se sentiría?					
22. ¿Si el sistema NO es liviano, cómo se sentiría?					
23. Si el sistema domótico mantiene el rango de movilidad del usuario, Cómo se sentiría?					
24. ¿Si el sistema domótico NO mantiene el rango de movilidad del usuario, Cómo se sentiría?					
25. ¿Si el sistema usara WIFI, cómo se sentiría?					
26. ¿Si el sistema NO usara WIFI, cómo se sentiría?					
27. ¿Si el sistema tenga una respuesta rápida, cómo se sentiría?					
28. ¿Si el sistema NO tenga una respuesta rápida, cómo se sentiría?					
29. ¿Si los dispositivos presentaran cambio de temperatura, cómo se sentiría?					
30. ¿Si los dispositivos NO presentaran cambio de temperatura, cómo se sentiría?					
31. ¿Si al sistema se le puede realizar limpieza, cómo se sentiría?					
32. ¿Si al sistema NO se le puede realizar limpieza, cómo se sentiría?					
33. Si el sistema se iniciara al encender el ordenador, Cómo se sentiría?					
34. ¿Si el sistema NO se iniciara al encender el ordenador, Cómo se sentiría?					

35. ¿Si el diseño del sistema se adapta a la arquitectura de regional, cómo se sentiría?					
36. ¿Si el diseño del sistema NO se adapta a la arquitectura regional, cómo se sentiría?					
37. ¿Si el sistema evitara procesos al momento de fabricación, cómo se sentiría?					
38. ¿Si el sistema NO evitara procesos al momento de fabricación, cómo se sentiría?					
39. ¿Si el diseño del sistema es minimalista, cómo se sentiría?					
40. ¿Si el diseño del sistema NO es minimalista, cómo se sentiría?					
41. ¿Si los materiales de los dispositivos fueran anti-bacteriales, cómo se sentiría?					
42. ¿Si los materiales de los dispositivos NO fueran anti-bacteriales, cómo se sentiría?					

ANEXO G. Secuencia de uso del sistema (iluminación)

Ilustración 99. Secuencia de uso iluminación



Las secuencias de uso de los sistemas varían en la acción de acuerdo con lo que se desea accionar pero los procedimientos son iguales en todas.

ANEXO H. Encuesta constructoras regionales

ENCUESTA CONSTRUCTORAS.

Mi nombre es leidy andrea tamayo carreño y el de mi compañero Julian Guillermo Flores Vargas, estudiantes de diseño industrial en la universidad industrial de santander nos encontramos desarrollando la tesis de grado que consiste en un SISTEMA DOMÓTICO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE LIBRE EYES CONTROL PARA PERSONAS CON CUADRIPLJÍA.

Como parte del desarrollo del proyecto estamos realizando la siguiente encuesta que tiene como objeto de identificar los tipos de materiales que se se usan en estos ultimos diez años en la construcción de casas y apartamentos.

Solicitamos que responda de manera objetiva cada una de las preguntas. Muchas gracias de antemano por su participacion.

Nombre: _____ Edad:

Empresa: _____ Cargo o profesión:

1. ¿Cuál es el área máxima y mínima de una casa y apartamento?
2. ¿En promedio con cuantas habitaciones cuentan las casas y apartamentos que han construido durante los últimos 10 años?
3. ¿Cuál es el área y mínima que tiene una habitación ya sea principal o las demás?
4. ¿Generalmente que dimensiones usan para las ventana(s) de las habitaciones?

5. ¿Qué tipo de ventanas usan con mayor frecuencia y en que material están elaboradas?
6. ¿En qué parte de la habitación se ubica el interruptor y él toma corriente?
7. ¿Qué dimensiones tiene una puerta de una habitación?
8. ¿En qué material están elaboradas las puertas usadas con mayor frecuencia?
9. ¿La altura del techo de una habitación varia de un apartamento a una casa, cual es la medida?

ANEXO I. Puntos de Utilización

En cada estancia se utilizará como mínimo los siguientes puntos de utilización:

Tabla 41. Datos de utilización

Estancia	Circuito	Mecanismo	nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	--- ---
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
Sala de estar o Salón	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	---
Baños	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	--- ---
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Pasillos o distribuidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor/Conmutador 10 A	1 1	uno cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Cocina	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C ₅	Base 16 A 2p + T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo
	C ₈	Toma calefacción	1	---
	C ₁₀	Base 16 A 2p + T	1	secadora
Terrazas y Vestidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1 1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

⁽¹⁾ En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y en este caso se considerará como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización de la tabla 1.

⁽²⁾ Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina

Recomendaciones referentes al grafismo de los planos.

En este apartado se dan algunas indicaciones acerca del grafismo y la información que debe contener el plano electro funcional de la vivienda. - Debe aparecer la distribución del mobiliario propuesto en la vivienda. Indicar el abatimiento de las puertas. Distinguir y ubicar los electrodomésticos de la cocina. Señalar la clasificación de volúmenes en cuartos de baño, según la ITC-BT-27 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En la cocina, señalar los espacios a 50 cm. del fregadero y de la zona de cocción donde no está permitido instalar bases auxiliares. Indicar, mediante un código de colores o una numeración, a qué circuito pertenece cada mecanismo y punto de luz instalado. - Indicar gráficamente qué interruptor o interruptores accionan cada punto de luz. Se recomienda una escala mínima de presentación de 1/50. A continuación se propone una LEYESnda con la simbología eléctrica a emplear. Este tipo de LEYESndas debe acompañar siempre los planos electro funcionales para la correcta interpretación de los mismos por parte de terceras personas.

Ilustración 100. LEYESnda simbología eléctrica.

	CUADRO DISTRIBUCION		PULSADOR
	PUNTO DE LUZ EN PARED		ZUMBADOR
	PUNTO DE LUZ		EXTRACTOR
	INTERRUPTOR		TOMA TELEVISION
	CONMUTADOR		CONEXION TELEFONICA
	CRUZAMIENTO		CONEXION TV CABLE
	CONMUTADOR CON TEMPORIZADOR		VIDEOPORTERO
	BASE ENCHUFE 16A		INTERFONO
	BASE ENCHUFE 25A		L. FLUORESCENTE
	BASE 16A SECADORA		BASE 16A ESTANCA
	BASE 16A TERMO		SENSOR DOMÓTICO
	BASE 16A LAVADORA		ACTUADOR DOMÓTICO
	BASE 16A LAVAVAJILLAS		

ANEXO J. Características de materiales usados en el mecanismo de la ventana.

CARACTERÍSTICAS DEL ABS plus-P430

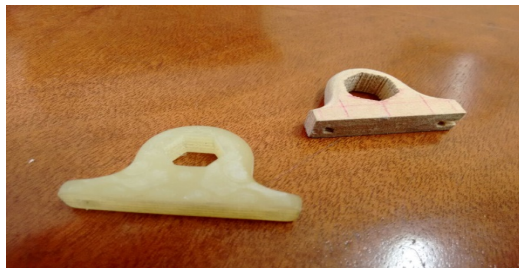
Tabla 42. ABSplus™

MECHANICAL PROPERTIES	TEST METHOD	ENGLISH	METRIC
		XZ AXIS	XZ AXIS
Tensile Strength, Ultimate (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	4,700 psi	33 MPa
Tensile Strength, Yield (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	4,550 psi	31 MPa
Tensile Modulus (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	320,000 psi	2,200 MPa
Tensile Elongation at Break (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	6%	6%
Tensile Elongation at Yield (Type 1, 0.125", 0.2"/min)	ASTM D638	2%	2%
IZOD Impact, notched (Method A, 23°C)	ASTM D256	2.0 ft-lb/in	106 J/m

MECHANICAL PROPERTIES	TEST METHOD	ENGLISH		METRIC	
		XZ AXIS	ZX AXIS	XZ AXIS	ZX AXIS
Flexural Strength (Method 1, 0.05"/min)	ASTM D790	8,450 psi	5,050 psi	58 MPa	35 MPa
Flexural Modulus (Method 1, 0.05"/min)	ASTM D790	300,000 psi	240,000 psi	2,100 MPa	1,650 MPa
Flexural Strain at Break (Method 1, 0.05"/min)	ASTM D790	4%	4%	2%	2%

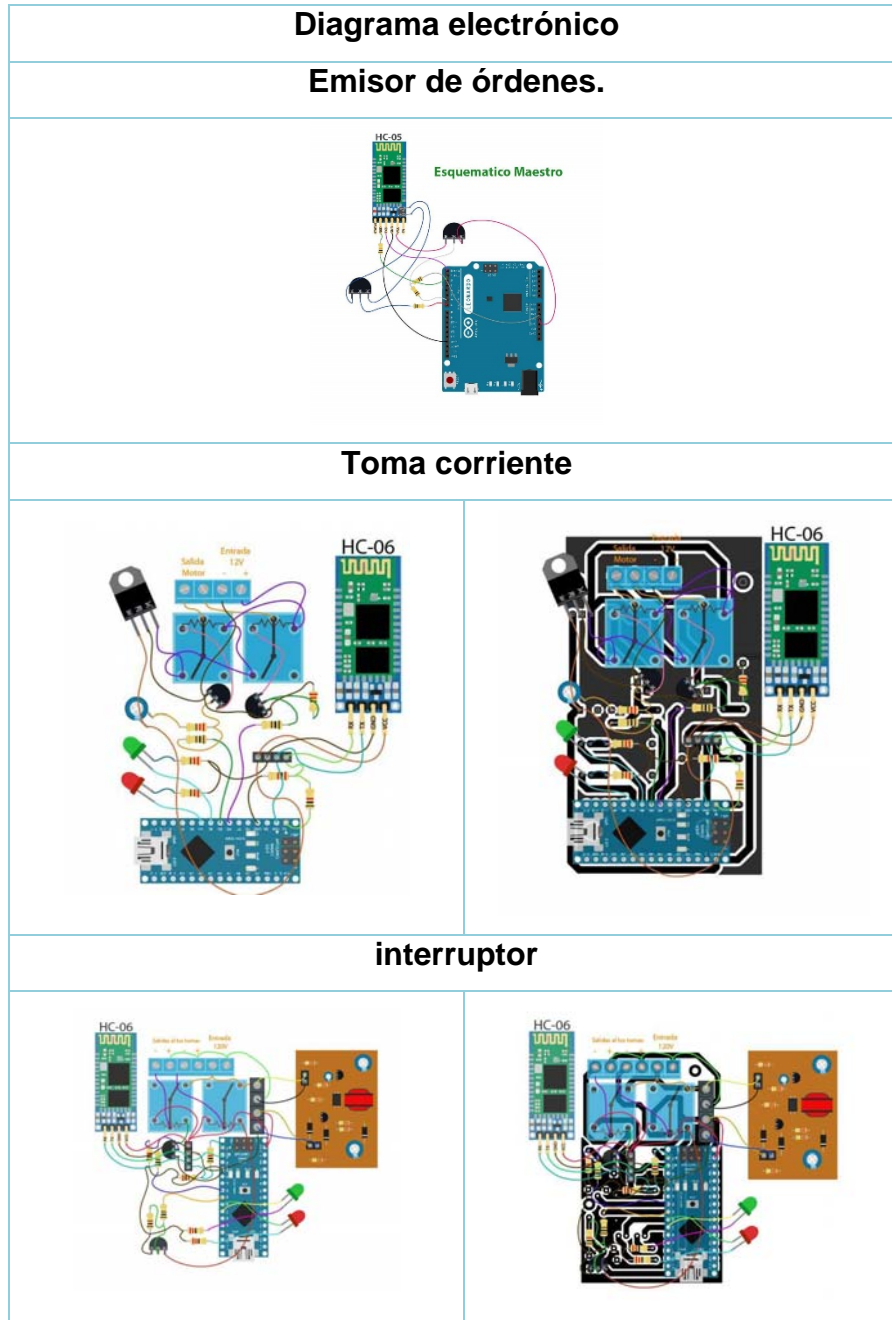
THERMAL PROPERTIES ²	TEST METHOD	ENGLISH	METRIC
Heat Deflection (HDT) @ 66 psi	ASTM D648	204°F	96°C
Heat Deflection (HDT) @ 264 psi	ASTM D648	180°F	82°C
Glass Transition Temperature (Tg)	DSC (SSYS)	226°F	108°C
Melting Point	-----	Not Applicable ³	Not Applicable ³
Coefficient of Thermal Expansion	ASTM E831	4.90x10 ⁻⁴ in/in/°F	8.82x10 ⁻⁴ mm/mm/°C

Ilustración 101. Pieza elaborada en ABS.

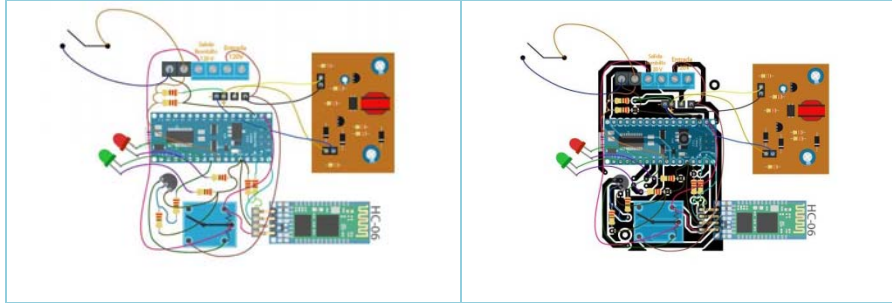


ANEXO K. Diagrama esquelético del sistema electrónico comunicación remota bluetooth.

Ilustración 102. Diagrama esquelético de comunicación remota bluetooth.



ventana



ANEXO L. Prueba iconográfica

Formato de prueba.

Nombre:

_____ edad:

Sexo: _____ Oficio: _____ Nivel académico:

La siguiente prueba nos permitirá comprender su imagen mental de las palabras que encontrara dentro de cada casilla, esta prueba será cronometrada por favor no se distraiga durante el proceso, debe dibujar dentro de cada casilla lo que le representa la palabra, resuelva cualquier inquietud antes de comenzar con el conteo gracias por su colaboración.

LUZ	VENTANA
PUERTA	CORTINA
VENTILADOR	PELÍCULAS

LIBROS	JUEGOS
--------	--------

ANEXO M. Prueba íconográfica 2

Nombre:

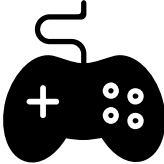
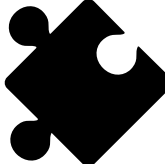
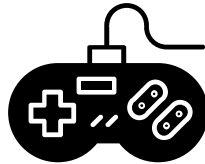

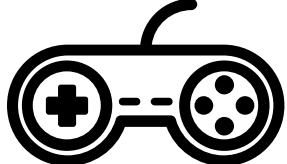
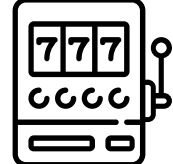
_____ edad:

Sexo:

_____ Oficio:

La siguiente prueba nos permitirá comprender su imagen mental de las palabras que encontrara dentro de cada casilla, seleccione la imagen que corresponda a cada palabra, resuelva cualquier inquietud antes de comenzar con el conteo. Gracias por su colaboración.

películas		
		
		

juegos		
		
		

ANEXO N. Anotaciones primera validación ergonómica.

La siguiente es una encuesta para evaluar el desempeño del usuario durante la interacción con el recipiente. Se preguntara a la persona y se marcara con una X su respuesta.

NOMBRE: _____ EDAD:

Características de evaluación:

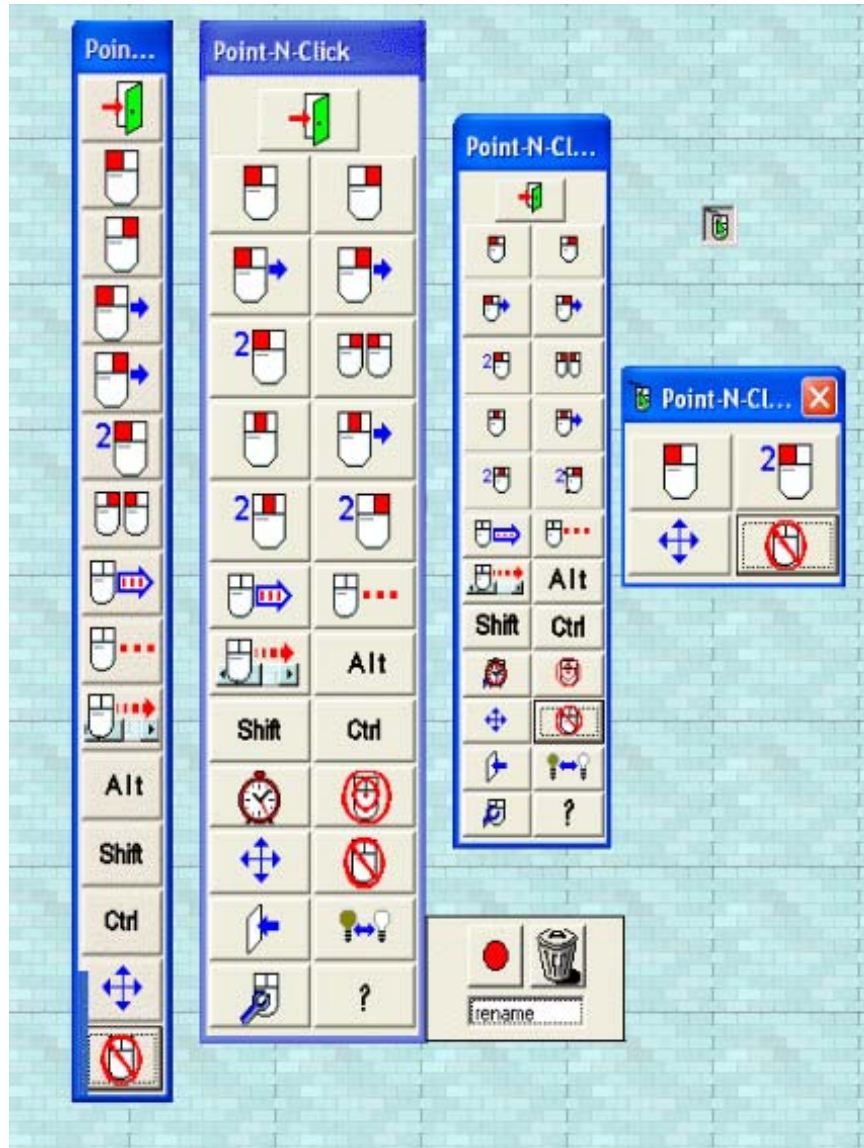
Comprensión			-2		-1		
	0	1	MUY DIFÍCIL	DIFÍCIL	MEDIO	FÁCIL	MUY FÁCIL
Reconocimiento de la forma del dispositivo							
Reconocimiento del cable de conexión.							
Identificación física de del sensor de movimiento							
Acceder al programa EYES-CONTROL							
Calibración							
Llevar a cabo la tarea deseada							

Accionamiento**-2****-1****0****1**

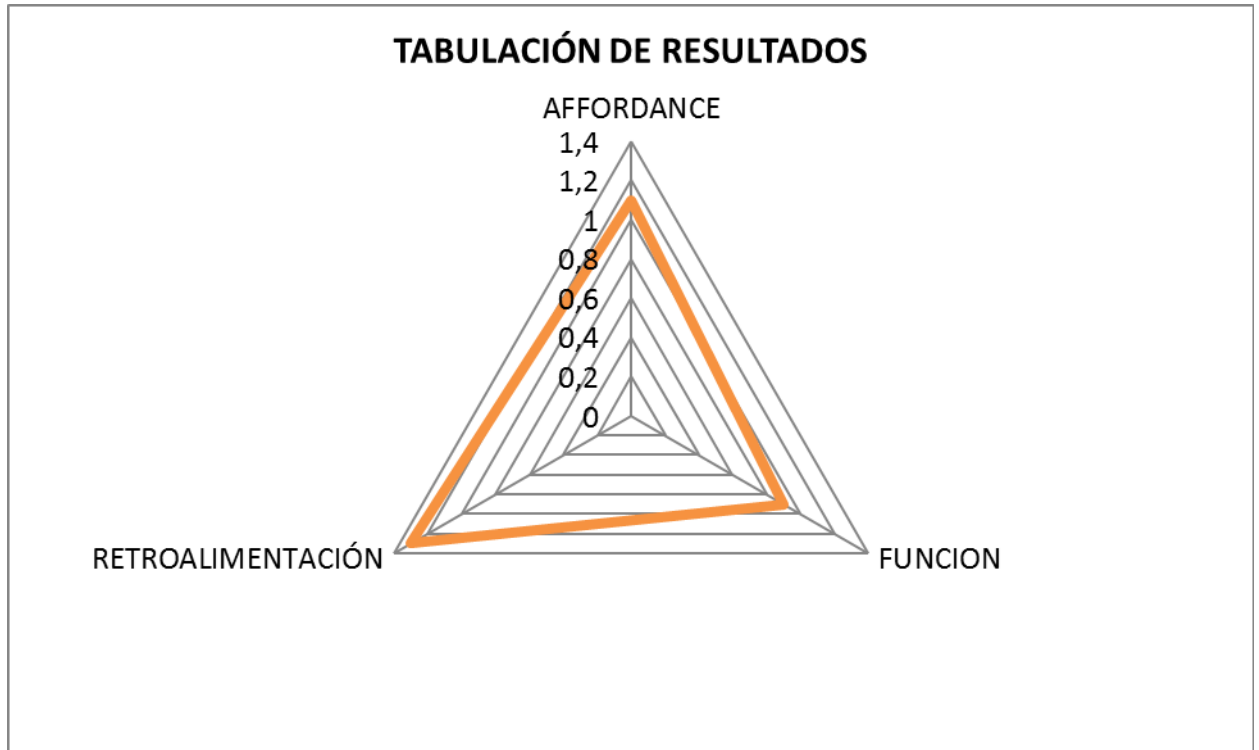
	MUY DIFÍCIL	DIFÍ CIL	ME DIO	FÁ CIL	MUY FÁCIL
Reconocimiento de la señal de encendido.					
Reconocimiento y diferenciación de los íconos de acceso al programa.					
Reconocimiento del movimiento del cursor.					

ANEXO O. Íconos de point n-click.

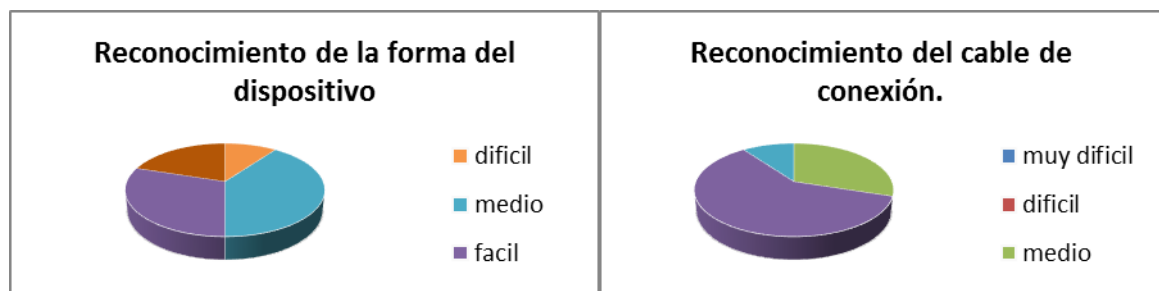
Ilustración 103. Point n-click.

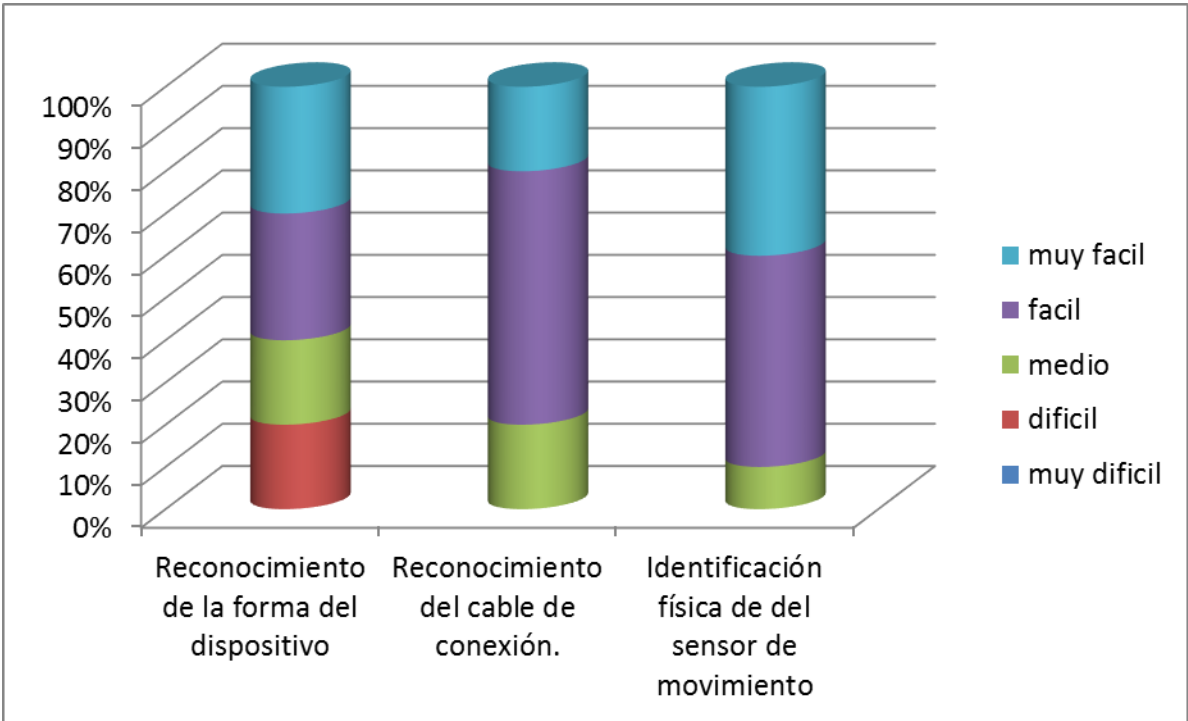


ANEXO P. Tabulación de resultados primera prueba ergonómica.

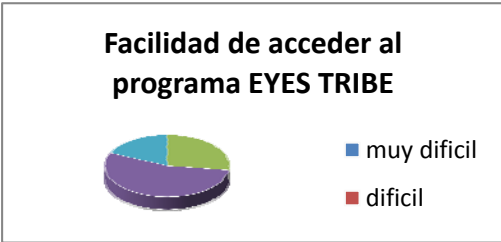


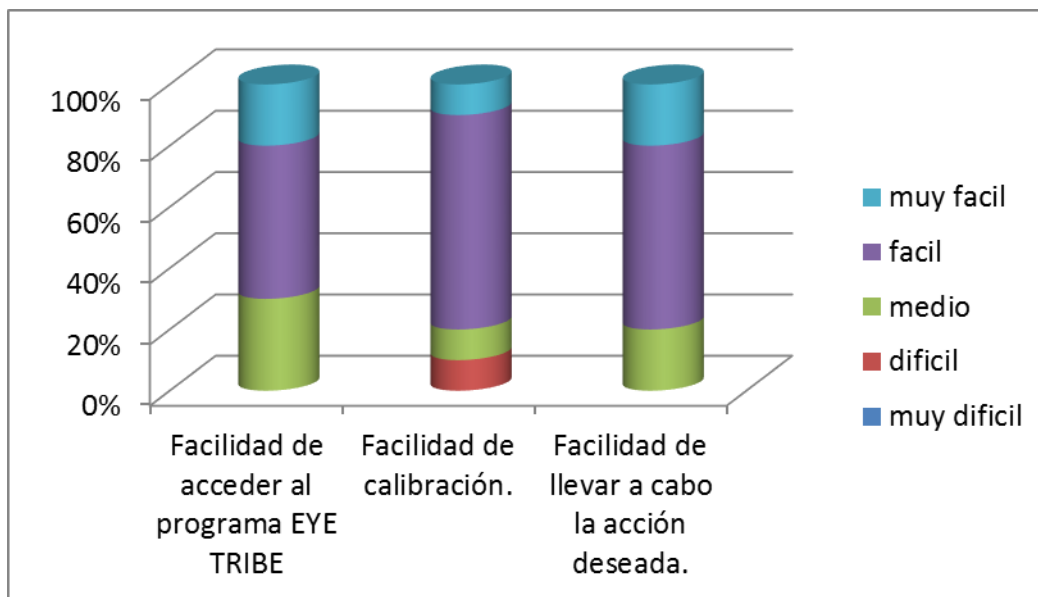
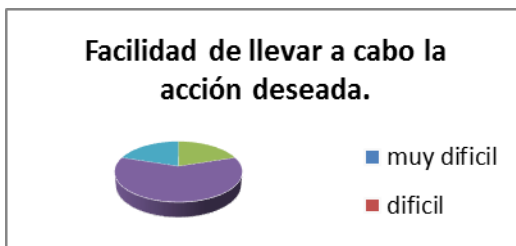
AFFORDANCE





FUNCIONAL





RETROALIMENTACIÓN

