



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR
MULTISENSORIAL DE FENÓMENOS NATURALES PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDADES.**

**AUTORES: PAZMIÑO ESPAÑA GABRIELA VANESSA
ZAMBRANO BASANTES VANEZA FERNANDA**

DIRECTOR: ING. DE LA CRUZ, DANNI

SANGOLQUÍ

2016

CERTIFICACIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR MULTISENSORIAL DE FENÓMENOS NATURALES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES**”, realizado por las señoritas **GABRIELA VANESSA PAZMIÑO ESPAÑA** y **VANEZA FERNANDA ZAMBRANO BASANTES**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a las señoritas **GABRIELA VANESSA PAZMIÑO ESPAÑA** y **VANEZA FERNANDA ZAMBRANO BASANTES** para que lo sustenten públicamente.

San Rafael, 13 de Octubre del 2016

Ing. Danni Rodrigo De la Cruz Guevara

DIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, **GABRIELA VANESSA PAZMIÑO ESPAÑA**, con cédula de identidad N° 1723951081 y **VANEZA FERNANDA ZAMBRANO BASANTES**, con cédula de identidad N° 1721515250 declaramos que este trabajo de titulación “Diseño e implementación de un simulador multisensorial de fenómenos naturales para personas con discapacidades”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

San Rafael, 20 de Septiembre del 2016

Gabriela Vanessa Pazmiño España

C.C: 1723951081

Vaneza Fernanda Zambrano Basantes

C.C: 1721515250

AUTORIZACIÓN



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
AUTORIZACIÓN**

Nosotras, **GABRIELA VANESSA PAZMIÑO ESPAÑA** y **VANEZA FERNANDA ZAMBRANO BASANTES**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “Diseño e implementación de un simulador multisensorial de fenómenos naturales para personas con discapacidades” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

San Rafael, 20 de Septiembre del 2016

Gabriela Vanessa Pazmiño España
C.C: 1723951081

Vaneza Fernanda Zambrano Basantes
C.C: 1721515250

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por darme la sabiduría y la fuerza necesaria para lograr alcanzar mis sueños y cumplir los anhelos de mi corazón, a mi madre por ser un ejemplo de vida, por ser una mujer esforzada, valiente y luchadora, por nunca darse por vencida y salir adelante con sus tres pequeños. A mis hermanos por ser el motor de mi vida y por su amor incondicional.

Gabriela Vanessa Pazmiño España

DEDICATORIA

A Jehová por brindarme sabiduría, perseverancia y paciencia para culminar esta etapa de mi vida. Porque no hay hoja de un árbol que se mueva sin su voluntad.

A mi abuelito Arturo, que aunque ya no está conmigo me brindó el cariño de un padre, y me enseñó que no hay motor más grande que el amor y fuerza más grande que la voluntad.

A mi abuelita Irlanda, que me acompaña siempre, que conoce mi alegría y mi tristeza, mi compañera de vida y mi persona incondicional.

A mi madre Myrian, quien es mi guía, mi ejemplo, mi motor, mi pilar, mi todo. Quien jamás me abandona, y me ha levantado cuando me he caído. La persona que me enseñó a luchar por mis sueños y de quien aprendí que el querer es poder.

A mis hermanas Karina, Verónica y María Ester, quienes me han visto crecer, que han compartido mis buenos y malos momentos, y a quienes dedico este proyecto por su infinito amor hacia mí.

Vaneza Fernanda Zambrano Basantes

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, por guiarme en cada decisión que he tomado y por permitirme culminar una etapa tan importante en mi vida.

A mi madre Alba Cecilia por ser una mujer esforzada y valiente, que me enseñó que el no puedo no existe y que el cielo es el límite. Por su apoyo, dedicación, esfuerzo y por cada uno de los consejos que me han permitido ser una mejor persona. Te amo.

A mis hermanos Luis y Majo por ser el pilar fundamental de mi vida, mi motor y mi fuerza para seguir adelante. Por su apoyo en los momentos difíciles y por pasar a mi lado noches enteras ayudándome con mis trabajos y proyectos. Los amo.

A los Doctores Washington y Liliana por brindarnos su apoyo en los momentos difíciles y de una u otra forma colaborar en la culminación de mi más grande sueño.

A mis amigos Efrén, Vane, Karlita, Pedro, Carlos y todos aquellos que han dejado una huella en mi vida y me han permitido ver las cosas bellas que tiene la vida. Gracias por su amistad.

A mis compañeros tesisistas del Laboratorio de Procesos de Manufactura quienes hicieron más llevadera la carga y me sacaron una sonrisa en los momentos difíciles.

A David, Lilu y Lilucita por abrirme las puertas de su hogar y permitirme formar parte de su familia, gracias por el apoyo y por toda la ayuda que me han brindado. Son un ejemplo para mí, los quiero mucho

A los Ingenieros David Loza, Byron Cortez, Lenin Abatta, Cristian Narváez, Danni de la Cruz, Johanna Tobar quienes nos tendieron una mano amiga, nos brindaron su apoyo y compartieron sus conocimientos.

Al Ing. Roberty Velasco y al Sr. Nelson Cardenas por su apoyo incondicional y su ayuda durante el desarrollo del presente proyecto, les estaré infinitamente agradecida.

A la abogada María Fernanda Jaramillo por su ayuda y su apoyo, sin usted esto no sería posible gracias por ser como una madre para nosotras.

Finalmente a mi compañera de tesis Vaneza Zambrano por ser parte de este sueño. Al fin lo logramos.

Gabriela Vanessa Pazmiño España

AGRADECIMIENTOS

A Jehová por cubrirme siempre de bendiciones, por permitirme tener salud y vida para seguir adelante y cumplir mis sueños.

A mis abuelitos Arturo e Irlanda que son mi ejemplo de amor, mi guía, y quienes han estado en cada etapa de mi vida, porque mi alegría siempre será su alegría.

A mi madre Myrian por ser ese ejemplo de lucha y perseverancia, quien no se rinde, por su amor incondicional, dedicación y esfuerzo.

A mis tíos Diego y Karina por acogerme en su hogar, por dejarme formar parte de su familia y por brindarme siempre su cariño y respeto.

A mis tíos Francisco, Rodrigo, Ernesto, María Ester, Verónica, que siempre han estado a mi lado, apoyándome con sus sabios consejos.

A mis primitos Francisco, Rodrigo, Ricardo, Sthefanny, Héctor, Matheo e Ivanna, que aunque Dios no permitió tener hermanos, me dió la bendición de tenerlos a ellos.

A Juan Pablito, Oswaldito y Erika, quienes son ahora parte de mi familia y con su gran corazón y buenas intenciones me brindaron su apoyo para incluirme en el mundo laboral.

A los Ingenieros Danni De La Cruz, Johanna Tobar, David Loza, Byron Cortez, Lenin Abatta, Cristian Narváez por su confianza y por su apoyo en la realización de este proyecto.

Al Ing. Roberty Velasco y al Sr. Nelson Cárdenas por su guía y su ayuda incondicional en la realización de este proyecto.

A mis amigos David, Lilu, Juan Carlos, Pedro, Carlos, Diana, Andrea, Carolina, Gabriel y César, quienes siempre estuvieron pendientes de mí, y supieron brindarme una mano amiga cuando la necesité.

A mi amigo incondicional Francisco Ramírez, quien conoce mi esfuerzo y sacrificio, y hoy comparte conmigo la alegría de ver cumplido este sueño.

A Gabriela Pazmiño mi amiga y compañera de tesis, a quien agradezco su paciencia, apoyo y perseverancia. Gracias por ser parte de este sueño.

Vaneza Fernanda Zambrano Basantes

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. Recursos tecnológicos para personas con discapacidad	4
1.2.2. Recursos tecnológicos para personas con discapacidad en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE	8
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos	10
1.4. Alcance	10
1.5. Justificación e importancia	11
1.6. Estructura del documento	12
CAPÍTULO II	13
2. ESTADO DEL ARTE	13
2.1. Discapacidades en el Ecuador.....	13
2.1.1. Concepto de discapacidad.....	13

2.1.2.	Introducción	13
2.1.3.	Antecedentes históricos	14
2.1.4.	Marco legal	14
2.1.5.	Situación actual de las discapacidades.....	15
2.2.	Sistemas de comunicación utilizados por las personas con discapacidades	17
2.3.	Estrategias pedagógicas para la enseñanza de personas con discapacidad.....	18
2.3.1.	Perspectivas teóricas principales para la enseñanza	18
2.3.2.	Estrategias pedagógicas para el desarrollo de habilidades de interacción social.	19
2.3.3.	Estrategias para desarrollar la independencia.	19
2.3.4.	Uso de la tecnología.....	20
2.4.	Simulador.....	22
2.4.1.	Historia de la simulación	22
2.4.2.	Tipos de simuladores	25
2.5.	Técnicas utilizadas en el equipo	28
2.5.1.	Reconocimiento de voz.....	28
2.5.2.	Software de reconocimiento de voz.....	31
2.5.2.1.	CMUSphinx	31
2.5.2.2.	HTK	31
2.5.3.	Acondicionamiento acústico.....	32
2.5.3.1.	Diferencia entre acondicionamiento y aislamiento acústico.....	32
2.5.3.2.	Materiales de acondicionamiento	33
2.5.4.	Climatización	36
2.5.4.1.	Tipos de climatización	36
2.5.4.2.	Parámetros a controlar por el sistema de climatización.....	36
2.5.4.3.	Selección correcta del sistema de climatización.....	37
2.5.5.	Iluminación	38
2.5.5.1.	Elementos básicos de un sistema de iluminación	39
2.5.5.2.	Métodos para el cálculo de la iluminación	39
2.5.6.	Sonido	39
2.5.6.1.	Rango de frecuencias	40

2.5.6.2.	Niveles de presión sonora	40
2.5.6.3.	Tipos de sonido	41
2.5.6.4.	Señal de audio	42
2.5.6.5.	Parámetros de la calidad de audio.....	42
2.5.7.	Resumen.....	42
CAPÍTULO III.....		44
3.	METODOLOGÍA Y DISEÑO	44
3.1.	Definición del concepto	44
3.1.1.	Definición de las necesidades	44
3.1.2.	Definición de las características técnicas.....	45
3.1.3.	Desarrollo de la función de calidad, QFD	45
3.2.	Factibilidad y planeación	46
3.2.1.	Estructura funcional	47
3.3.	Módulo 1. Climatización	47
3.3.1.	Subsistema 1. Calefacción	47
3.3.1.1.	Alternativas para diseño.....	48
3.3.1.2.	Evaluación y selección de alternativas	49
3.3.1.3.	Diseño mecánico.....	51
3.3.1.4.	Diseño electrónico	55
3.3.2.	Subsistema 2. Aire acondicionado.....	55
3.3.2.1.	Alternativas para el diseño.....	55
3.3.2.2.	Evaluación y selección de alternativas	57
3.3.2.3.	Diseño mecánico.....	60
3.3.2.4.	Diseño electrónico	62
3.3.3.	Sistema de control. Módulo 1	62
3.4.	Módulo 2. Dispersión de agua	63
3.4.1.	Alternativas para diseño.....	63
3.4.2.	Evaluación y selección de alternativas	64
3.4.3.	Diseño final.....	65
3.4.3.1.	Diseño electrónico.	65
3.4.3.2.	Sistema de control.....	65
3.5.	Módulo 3. Audio y Video.....	66

3.5.1.	Subsistema 1. Sistema de audio.....	66
3.5.1.1.	Alternativas para el diseño.....	67
3.5.1.2.	Diseño mecánico.....	68
3.5.2.	Subsistema 2. Sistema de video.....	70
3.5.2.1.	Alternativas de diseño.....	70
3.5.2.2.	Evaluación y selección de alternativas.	71
3.5.2.3.	Diseño mecánico.....	71
3.6.	Módulo 4. Iluminación.	74
3.6.1.	Alternativas de diseño.....	74
3.6.2.	Diseño mecánico.....	74
3.7.	Módulo 5. Movimiento.....	81
3.7.1.	Alternativas de diseño.....	81
3.7.2.	Evaluación y selección de alternativas	82
3.7.3.	Diseño mecánico.....	83
3.8.	Módulo 6. Dispersión de nieve.....	86
3.8.1.	Diagrama electrónico.....	86
3.8.2.	Sistema de control.....	87
3.9.	Módulo 7. Dispersión de humo.....	88
3.9.1.	Diagrama electrónico.....	88
3.9.2.	Sistema de control.....	88
3.10.	Módulo 8. Mando y control.....	89
3.10.1.	Sistema embebido.....	89
3.10.1.1.	Alternativas para diseño.....	89
3.10.1.2.	Evaluación y selección de alternativas.	91
3.10.2.	Interfaz.....	93
3.10.3.	Diseño final.....	94
3.10.3.1.	Diseño mecánico.....	94
3.10.3.2.	Diseño electrónico.....	94
CAPÍTULO IV.....		95
4.	CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	95
4.1.	CONSTRUCCIÓN.....	95
4.1.1.	Construcción de soportes.....	95

4.1.2.	Sellado de la estructura del simulador	96
4.1.3.	Implementación del Sistema de Climatización.....	97
4.1.3.1.	Aire acondicionado	97
4.1.3.2.	Calefacción	98
4.1.4.	Implementación del Sistema de Dispersión de Agua	98
4.1.5.	Implementación del Sistema de Audio y Video	99
4.1.5.1.	Audio	100
4.1.5.2.	Video.....	100
4.1.6.	Implementación del Sistema de Iluminación.....	100
4.1.7.	Implementación del Sistema de Movimiento	101
4.1.8.	Implementación del Sistema de Dispersión de Nieve	102
4.1.9.	Implementación del Sistema de Dispersión de humo.....	102
4.1.10.	Implementación del Sistema de Mando y Control.....	103
	Interfaz Humano-Máquina.....	103
4.2.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	103
4.2.1.	Primera evaluación	104
Resultados	104	
4.2.2.	Segunda evaluación	104
Resultados	104	
4.2.3.	Tercera evaluación.....	106
Resultados	106	
4.3.	RESUMEN	107
CAPÍTULO 5		108
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1.	Conclusiones	108
5.2.	Recomendaciones	110
Bibliografía		111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles sonoros y respuesta humana	41
Tabla 2: Necesidades del consumidor.....	44
Tabla 3: Características técnicas	45
Tabla 4: Resultados de la matriz QFD	46
Tabla 5: Módulos de diseño	47
Tabla 6: Alternativas para el Sistema de calefacción.....	49
Tabla 7: Ponderación de criterios de evaluación para el módulo 1, subsistema 1... 50	50
Tabla 8: Ponderación de funcionalidad para el módulo 1, subsistema 1	50
Tabla 9: Ponderación de implementación para el módulo 1, subsistema 1	50
Tabla 10: Ponderación de costos para el módulo 1, subsistema 1	50
Tabla 11: Ponderación de disponibilidad para el módulo 1, subsistema 1	50
Tabla 12: Conclusión para la selección de las alternativas de diseño. Módulo 1, subsistema 1	51
Tabla 13: Alternativas para células Peltier.....	57
Tabla 14: Ponderación de criterios de evaluación para el módulo 1, subsistema 2... 58	58
Tabla 15: Ponderación del consumo energético para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.	58
Tabla 16: Ponderación de costos para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.	58
Tabla 17: Ponderación de disponibilidad para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.	59
Tabla 18: Conclusión en la selección de alternativas de diseño para el módulo 1, subsistema 2.	59
Tabla 19: Características de la Célula Peltier	59
Tabla 20: Ganancia de calor sensible de los equipos.....	60
Tabla 21: Características de los monitores.....	71
Tabla 22: Características técnicas luces led.....	74
Tabla 23: Fórmulas para el cálculo del índice del local de acuerdo al sistema de iluminación.....	76
Tabla 24: Factor de reflexión	77
Tabla 25: Factores de reflexión para el simulador	77
Tabla 26; Coeficiente de mantenimiento	78
Tabla 27: Factores de reflexión.....	79
Tabla 28: Características pistón electrónico	86
Tabla 29: Alternativas para la implementación del módulo 8	91
Tabla 30: Ponderación de criterios para la selección de alternativas para el diseño del módulo 8.	91
Tabla 31: Ponderación de costos para las alternativas de diseño del módulo 4.....	91
Tabla 32: Ponderación de velocidad del procesador para las alternativas de diseño del módulo 4	92

Tabla 33: Ponderación de flexibilidad de operación para las alternativas de diseño del módulo 4	92
Tabla 34: Ponderación de disponibilidad para las alternativas de diseño del módulo 4	92
Tabla 35: Conclusión en la selección de alternativas de diseño para el módulo 4	92
Tabla 36: Características de la placa Raspberry Pi	92
Tabla 37: Fenómenos que utilizan climatización.....	97
Tabla 38: Fenómenos con dispersión de agua.....	99
Tabla 39: Fenómenos con sistema de audio y video.....	99
Tabla 40: Fenómenos con sistema de iluminación	101
Tabla 41: Fenómenos con sistema de movimiento	101
Tabla 42: Fenómenos con dispersión de humo	102
Tabla 43 Medidas de nivel de audio	104
Tabla 44: Medidas de temperatura	106
Tabla 45: Medidas de temperatura	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Personas con discapacidad por provincia	3
Figura 2 Interfaz de Icommunicator	5
Figura 3 Interfaz de Hetah.....	5
Figura 4 Prototipo del automóvil para ciegos	6
Figura 5 Robotic Wheel Chair	6
Figura 6 Ferrotouch.....	7
Figura 7 Prototipos FingerReader	7
Figura 8 Sistema Embebido de un audífono inteligente	8
Figura 9 Interfaz del sistema de conversión.....	8
Figura 10 Dibujo del dispositivo.....	9
Figura 11 Esquema del sistema automático de escritura braille	9
Figura 12 Estructura para la cabina de simulación	10
Figura 13 Porcentaje de discapacidades en el Ecuador.....	16
Figura 14 Lenguaje de señas	17
Figura 15 Alfabeto braille	18
Figura 16 Modelo a escala de una ciudad	20
Figura 17 Aula de estimulación multisensorial.....	21
Figura 18 Libro creado en una impresora 3D	22
Figura 19 Simulador de conducción	25
Figura 20 Simulador de vuelo	25
Figura 21 Simulador de trenes	26
Figura 22 Simulador de vida Sims	26
Figura 23 Simulador clínico médico	27
Figura 24 Simulador de terremotos de la Universidad de San Diego	27
Figura 25 Simulador de tornados de la Universidad de Iowa	28
Figura 26 Simulador de Tsunamis de la Universidad de Oregon	28
Figura 27 Arquitectura de un reconocedor de voz.	29
Figura 28 Proceso de reconocimiento de palabras	30
Figura 29 Esquema de la suite de programas HTK.....	32
Figura 30 Suelo laminado	34
Figura 31 Moqueta	34
Figura 32 Pladur	34
Figura 33 Paneles absorbentes	35
Figura 34 Cubetas de huevo utilizadas para acondicionamiento acústico	35
Figura 35 Referencia de Niveles acústicos	40
Figura 36 Casa de la calidad para el simulador.....	46
Figura 37 Secadora de cabello profesional	51
Figura 38 Esquema de conexión del sistema de calentamiento	55
Figura 39 Celda de Peltier.....	59
Figura 40 Ganancia de calor debido a las personas	61

Figura 41 Esquema de conexión sistema de enfriamiento	62
Figura 42 Diagrama de flujo para el funcionamiento del sistema de climatización ..	63
Figura 43 Motor de agua para plumas.....	65
Figura 44 Conexión del sistema de agua.....	65
Figura 45 Diagrama de flujo del módulo 2	66
Figura 46 Disposición de parlantes para un cine en casa.....	67
Figura 47 Ángulos para la correcta colocación de los parlantes	68
Figura 48 Ángulo subtendido óptimo de pantalla.....	72
Figura 49 Distancia óptima entre la pantalla y el asiento	73
Figura 50 Colocación vertical	73
Figura 51 Posición de los parlantes y pantalla.....	73
Figura 52 Tabla de iluminación para diferentes tipos de superficies.....	75
Figura 53 Plano de trabajo	76
Figura 54 Factor de utilización	77
Figura 55 Plano de trabajo	79
Figura 56 Factor de reflexión de las paredes	80
Figura 57 Diagrama de fuerzas aplicadas	83
Figura 58 Diagrama de cuerpo libre de la estructura	83
Figura 59 Diagrama de fuerza cortante y momento flector	85
Figura 60 Nieve artificial creada con poliacrilato de sodio	86
Figura 61 Diagrama de conexión del sistema de nieve.....	87
Figura 62 Sistema de control sistema de nieve	87
Figura 63 Máquina de humo	88
Figura 64 Esquema de conexión de la máquina de humo.....	88
Figura 65 Sistema de control módulo 7	89
Figura 66 Diseño de la interfaz para el control del sistema	93
Figura 67 Diagrama de conexión básico.....	94
Figura 68 Soporte secadora.....	95
Figura 69 Soporte monitores.....	96
Figura 70 Soporte pistones.....	96
Figura 71 Sellado y aislamiento de la cabina.....	97
Figura 72 Construcción e instalación del subsistema de aire acondicionado	98
Figura 73 Construcción e instalación del subsistema de calefacción	98
Figura 74 Conjunto del sistema de agua	99
Figura 75 Instalación del subsistema de audio.....	100
Figura 76 Conjunto del subsistema de video	100
Figura 77 Conjunto de sistema de iluminación.....	101
Figura 78 Sistema de movimiento	102
Figura 79 Instalación del sistema de dispersión de nieve	102
Figura 80 Instalación del sistema de dispersión de humo.....	103
Figura 81 Interfaz Humano-Máquina para la selección de fenómenos.....	103
Figura 82 Tensión Máxima	105

Figura 83 Deformación Máxima.....	105
Figura 84 Factor de seguridad.....	105

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla el diseño e implementación de un simulador de fenómenos naturales, enfocado a personas con discapacidades, el cual permita estimular multisensorialmente a los niños mediante el accionamiento de actuadores que permitan simular ciertos fenómenos naturales. Debido a que el Ecuador se encuentra situado en una de las zonas de más alta complejidad tectónica del mundo formando parte del denominado “Cinturón de fuego del Pacífico”, es necesario que todas las personas tengan conocimiento de cómo actuar si se presentara un fenómeno natural, sin embargo en el Ecuador existe poco conocimiento en cuanto a cómo capacitar a las personas con discapacidad para que puedan actuar de manera correcta en el caso de presentarse dicho fenómeno. Por lo tanto el presente proyecto tiene como finalidad permitir que los niños con discapacidad adquieran conocimiento de lo que es un fenómeno natural cuáles son sus efectos y las medidas que deben tomarse, permitiéndoles prepararse ante una eventualidad. El simulador trabajara mediante reconocimiento de voz el cual se encargará de controlar todo el sistema a través de la tarjeta Raspberry Pi 2 la cual es una plataforma que trabaja mediante la utilización de un software libre.

Palabras clave:

- **SIMULADOR**
- **FENÓMENOS NATURALES**
- **RASPBERRY**
- **DISCAPACIDADES**
- **MULTISENSORIAL**

ABSTRACT

This paper shows the design and implementation of a natural phenomenon simulator for people with disabilities which allow stimulate the children's senses. The simulator will have actuators which simulate the phenomenon selected, it will simulate ten phenomena. Ecuador is located in one of the areas of highest tectonic complexity of the world, belongs to "Ring of Fire of Pacific", this is the reason why people needs to be prepared for a natural disaster and how to react if someone in family have some disability and what to do. This project aims to enable children with disabilities understand what is a natural phenomenon and how to react.

The simulator uses a speech recognition system to control the actuators through the Raspberry Pi 2 which works with free software.

Key words:

- **SIMULATOR**
- **NATURAL PHENOMEN**
- **RASPBERRY**
- **DISABILITIES**
- **MULTISENSORY**

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

Introducción

En el presente capítulo se detallan los antecedentes que motivaron el desarrollo del simulador multisensorial de fenómenos naturales. Se plantea el problema que se desea resolver y la importancia de su resolución. Para lograr este fin se analizará las diferentes tecnologías que existen para poder analizar la funcionalidad del proyecto y de acuerdo a ello poder definir los objetivos que se desea alcanzar y el alcance del proyecto.

1.1.Planteamiento del problema

Las personas con discapacidad necesitan una educación especial que se enfoque en desarrollar sus capacidades y aptitudes de acuerdo al déficit que posean. Razón por la cual los métodos de enseñanza se enfocan en desarrollar sus sentidos mediante la estimulación multisensorial. Dicho tipo de estimulación permite a las personas discapacitadas aprender a manejar sus otros sentidos de manera tal que puedan compensar dicho déficit.

Para garantizar el aprendizaje de los niños con discapacidad se utilizan métodos que les permitan conocer su entorno y relacionarse con el de la manera más normal posible, uno de los métodos usados son las aulas de estimulación multisensorial. Dicho tipo de aulas permiten que el niño pueda estar expuesto a diferentes estímulos en ambientes controlados, lo cual permitirá que el niño empiece a relacionarse con su entorno.

A nivel mundial existen diversos dispositivos y programas de computadora que permiten desarrollar de manera efectiva los sentidos de las personas con discapacidades y les permiten mejorar su capacidad de aprendizaje. Sin embargo no existen dispositivos enfocados a la capacitación adecuada de las personas con discapacidad en cuanto a gestión de riesgos.

En el Ecuador existen 401.538 personas con discapacidad registradas en el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), lo cual representa un 4.7% de la

población total del Ecuador, siendo considerado un sector vulnerable debido a que requiere de una mayor atención para su capacitación y educación.

Al ser el Ecuador un país susceptible a desastres naturales debido a su localización geográfica se ha capacitado a la población en cuanto a las medidas que se deben tomar si se presentara un fenómeno natural, sin embargo capacitar a las personas con discapacidades es una tarea un poco más compleja. Razón por la cual es necesario crear un sistema especial que permita a las personas con discapacidad comprender cuales son las consecuencias de un fenómeno natural y las medidas que se deben tomar en caso de presentarse.

En la población en general existe un total desconocimiento sobre la atención y manejo adecuados de las personas con discapacidad en el momento de realizar evacuaciones en caso de emergencias y desastres. Para dar una solución a la falta de información en cuanto a los fenómenos naturales y los planes de contingencia para personas discapacitadas hace falta desarrollar herramientas tecnológicas que de una u otra forma les permitan entender la magnitud de un fenómeno natural.

1.2. Antecedentes

Una discapacidad es “una condición mediante la cual una persona tendrá dificultades para desarrollar tareas cotidianas” (OMS, 2016). En Ecuador existen 401.538 personas con discapacidad registradas en el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), que representan el 4.7% de la población total en el Ecuador. En la figura 1 se puede observar la distribución de personas con discapacidad por provincia.

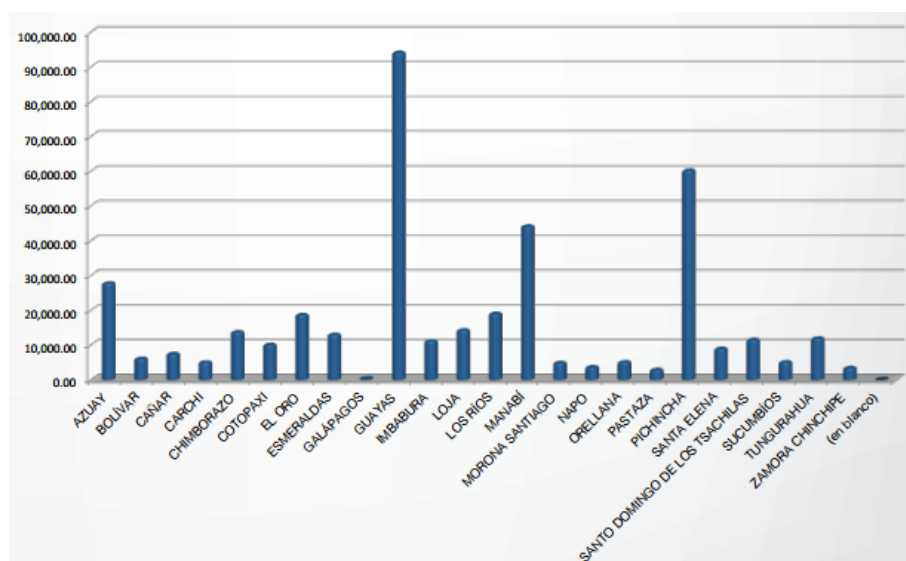


Figura 1 Personas con discapacidad por provincia

Fuente: (CONADIS, 2013)

La atención a las personas con discapacidad en el País se ha caracterizado por ser de baja cobertura y deficiente calidad (Cazar, 2014). El sector privado y en algunas instituciones del sector público se ha asumido la responsabilidad de atender a las personas con discapacidad desde hace unas dos décadas.

En la década de los 70's, gracias a las condiciones económicas favorables el sector público desarrolla acciones fundamentales para la atención de personas con discapacidad en los campos de la salud y educación. También se realiza la creación de varios servicios para atender sus diversas necesidades.

En el Ecuador se creó el Consejo Nacional de Discapacidades el cual se encarga de “asegurar la plena vigencia y el ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad y sus familias; promoviendo, impulsando, protegiendo y garantizado el respeto al derecho de igualdad y no discriminación, de acuerdo con la Constitución de la República, los Instrumentos Internacionales vigentes y las Leyes Orgánicas de Discapacidad y de los Consejos Nacionales para la Igualdad” (CONADIS, 2016).

En la actualidad el gobierno ha logrado solventar las necesidades más importantes de las personas con discapacidad en los campos de salud, educación y laboral mediante la creación de entidades que garanticen las condiciones necesarias para que se puedan desenvolver con total normalidad. Sin embargo en cuanto a prevención de

riesgos en el país no se conoce un plan de contingencia o emergencia que permita capacitar de manera adecuada a las personas con discapacidad en caso de un desastre natural.

Para dar una solución a la falta de información en cuanto a los fenómenos naturales y los planes de contingencia para personas discapacitadas hace falta desarrollar herramientas tecnológicas que de una u otra forma les permitan entender la magnitud de un fenómeno natural y que medidas podrían tomar en el caso que se presente.

1.2.1. Recursos tecnológicos para personas con discapacidad

En la actualidad la tecnología ha ido avanzando permitiendo crear dispositivos que mejoran la calidad de vida de las personas. Inicialmente los dispositivos tenían la finalidad de entretener a las personas y facilitar sus tareas cotidianas, pero con el pasar de los años los avances tecnológicos han ido tomando un nuevo rumbo. Actualmente, la tecnología está siendo usada para ayudar a las personas con discapacidades a realizar tareas que les resultaban complejas con el fin de que puedan desenvolverse de mejor manera en el medio que los rodea.

En el 2000 Interactive Solutions, Inc (ISI) lanza al mercado un software denominado I-communicator que permite traducir a formato de texto y lenguaje de señas el discurso de una persona y viceversa, permitiendo que las personas con discapacidad auditiva puedan entender charlas o mantener una conversación fluida con personas que no manejen lenguaje de señas (Interactive Solutions, Inc (ISI), 1999). En Colombia, el ingeniero en sistemas Jorge Enrique Leal (Ortega, 2013) desarrolló una plataforma que traduce el español al lenguaje de señas, la plataforma denominada Hetah cuenta con un avatar mujer llamada Iris la cual gesticula las señas de manera clara.



Figura 2 Interfaz de iCommunicator
Fuente: (Ortega, 2013)



Figura 3 Interfaz de Hetah
Fuente: (Ortega, 2013)

En 2007 en Estados Unidos se presenta el primer prototipo de un automóvil para ciegos, el cual permite a la persona conducir de manera autónoma. El vehículo cuenta con una interfaz denominada “no visual” y utiliza sensores que envían información del entorno al conductor para que pueda maniobrar (Virginia Tech, 2007). Para poder conducir el automóvil el conductor debe utilizar un chaleco y guantes especiales, los cuales poseen sensores que transmiten las señales que le permitirán percibir su entorno. Desarrollado por los investigadores del Virginia Tech en colaboración con el departamento de defensa y la Federación Nacional de ciegos.



Figura 4 Prototipo del automóvil para ciegos
Fuente: (Virginia Tech, 2007)

En 2012 el profesor Shuro Nakajima (Nakajima, 2009) y su equipo perteneciente al Instituto de Tecnología Chiba en Japón (CIT) desarrollaron su proyecto denominado “Robotic Wheel Chair”. Esta silla de ruedas robótica es capaz de realizar múltiples acciones, se desplaza sobre sus cuatro ruedas pero cuando encuentra un obstáculo en el camino sus ruedas trabajan como piernas para poder superar dicho obstáculo. La silla está equipada con cuatro ruedas autónomas en cinco ejes y es controlada mediante un joystick. Además posee un sistema de estabilidad que ayuda a ajustar el nivel del asiento para hacer más confortable su uso.



Figura 5 Robotic Wheel Chair
Fuente: (Nakajima, 2009)

En 2014 Katherine Cagen (Cagen, 2014) Ingeniera Electrónica de la Universidad de Harvard presenta su “Ferrotouch”, la cual es una especie de Tablet que utiliza un ferrofluido, el cual es una especie de metal líquido, bajo el cual se coloca una matriz de electroimanes y es recubierto de una superficie flexible . El ferrofluido interactúa con los imanes creando formas reconocibles al tacto tales como los símbolos del sistema braille y cualquier tipo de patrón.

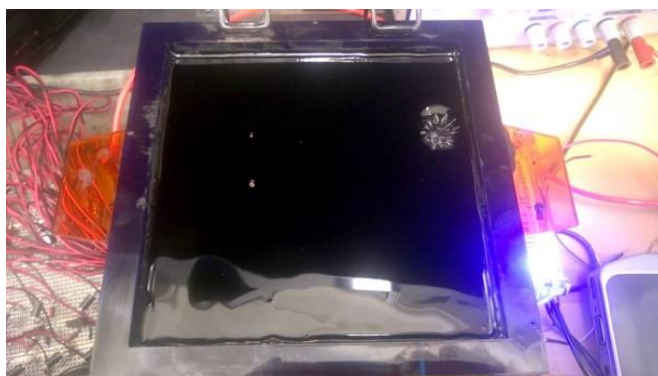


Figura 6 Ferrotouch
Fuente: (Cagen, 2014)

En 2015 el MIT (Massachusetts Institute of Technology) crea un dispositivo en forma de anillo el cual posee una cámara que examina el texto del libro que se desea leer y mediante un algoritmo es capaz de identificar las letras para convertirlas en voz. El prototipo posee un sistema de vibración que se encarga de indicar en qué dirección mover el dedo para continuar la lectura (Massachusetts Institute of Technology, 2015). De momento el prototipo es de un tamaño considerable y se conecta mediante un cable a la laptop pero los creadores explican que es posible hacerlo más pequeño y cómodo de llevar.

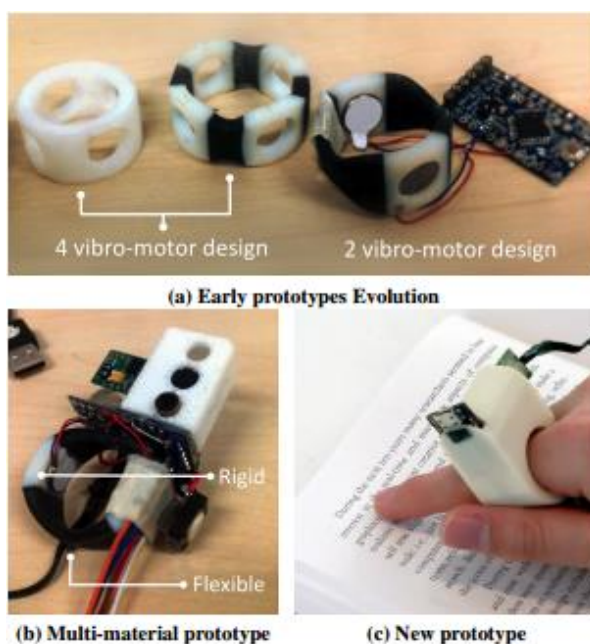


Figura 7 Prototipos FingerReader
Fuente: (Shilkrot, Huber, Ee Wong, Maes, & Nanayakkara, 2015)

1.2.2. Recursos tecnológicos para personas con discapacidad en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

A continuación se cita trabajos previos realizados en la Universidad:

- Sistema embebido de un audífono inteligente para personas con discapacidad auditiva a través de sensores neurológicos. (Castillo & Díaz, 2015)

Este sistema permite controlar un arreglo de micrófonos a través de gestos los cuales son interpretados por un casco sensorial.



Figura 8 Sistema Embebido de un audífono inteligente
Fuente: (Castillo & Díaz, 2015)

- Implementación de un sistema de conversión de audio a texto en tiempo real para personas con discapacidad auditiva. (Orbe & Zurita, 2015)

Este sistema permite convertir audio a texto a través de una interfaz humano máquina, para que las personas con discapacidad auditiva puedan comunicarse de manera adecuada. Además que el sistema permite cargar videos de un formato determinado para poder agregarle los subtítulos correspondientes.

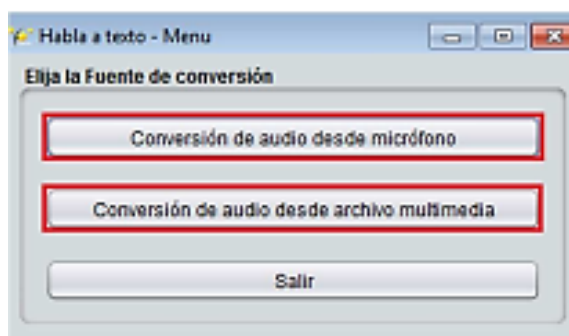


Figura 9 Interfaz del sistema de conversión
Fuente: (Orbe & Zurita, 2015)

- Diseño e implementación de un prototipo basado en la tecnología RFID para la identificación de objetos de uso común dirigido a personas con discapacidad visual. (Samaniego, 2007)

El dispositivo permite diferenciar o identificar objetos mediante mensajes de voz.

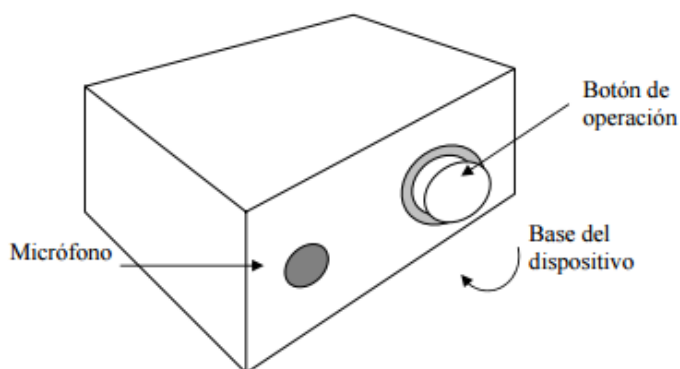


Figura 10 Dibujo del dispositivo
Fuente: (Samaniego, 2007)

- Reingeniería para el diseño e implementación de un sistema electrónico con interface a pc para automatizar una máquina de escribir braille. (Andrade & Cando, 2015)

En dicho proyecto se realizó la automatización de una máquina de escribir braille.

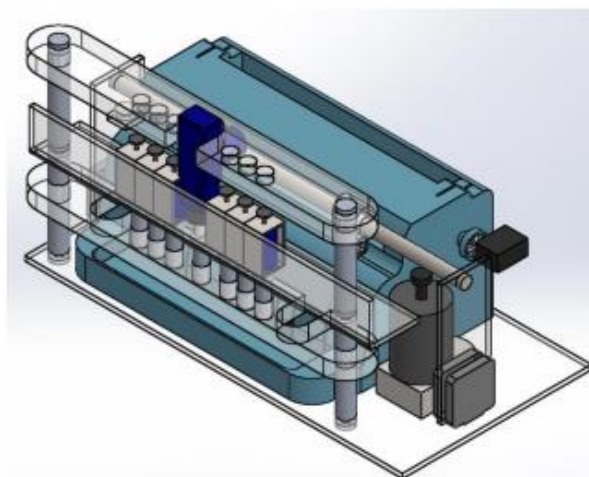


Figura 11 Esquema del sistema automático de escritura braille
Fuente: (Andrade & Cando, 2015)

Finalmente, el proyecto de vinculación en el cual se basa el presente trabajo:

- Construcción de la parte estructural para una cabina de simulación. (Benavidez, 2015)

Cuenta con las siguientes características:

- 2 asientos
- Estructura externa



Figura 12 Estructura para la cabina de simulación

Para continuar con la construcción se mejorarán ciertas características como son el aislamiento tanto acústico como térmico entre otras.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar el diseño e implementación de un simulador multisensorial de fenómenos naturales para niños con discapacidades.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar las necesidades de las personas con discapacidad en la cuales se base el estudio e implementación del proyecto.
- Diseñar y seleccionar los componentes mecánicos que formarán parte de la cabina para hacer el sistema confortable.
- Diseñar e implementar el sistema electrónico necesario para el funcionamiento del sistema.

1.4. Alcance

Se busca obtener un sistema multisensorial que permita simular diez fenómenos naturales, dentro de los cuales se encuentran las erupciones volcánicas, inundaciones,

tornados, huracanes, tormentas eléctricas, terremotos, incendios, derrumbes, oleaje y nevadas. Contará con una capacidad para 2 personas.

Cuando se simule el fenómeno de inundación la cabina no se inundará, solo dispersará la cantidad de agua suficiente para simular lluvia.

En los fenómenos en los que existan temblores se realizará un movimiento leve con el fin de que los niños puedan sentir el movimiento sin asustarse. Para cada fenómeno se proyectará un video en el cual se explicará que es, como se produce, sus características y las normas de seguridad que deben seguirse en caso de ocurrir. Los videos contarán con una traducción a lenguaje de señas para que las personas sordomudas puedan comprender lo que se está proyectando.

La selección de los fenómenos se la realizará mediante una interfaz amigable con el usuario. El control del sistema será de tipo ON/OFF el cual se encargará de activar los actuadores seleccionados.

1.5. Justificación e importancia

El desarrollo de equipos para la estimulación en los niños con discapacidad puede influir de manera positiva en su adaptación a la sociedad y en la reducción de los déficits que presentan producidos por la falta de alguno de sus sentidos, por lo que es necesario utilizar sistemas que permitan generar dicha estimulación.

Utilizando la tecnología de los simuladores se pretende crear un simulador de fenómenos naturales el cual permita a los niños con discapacidades vivir un fenómeno natural sin el riesgo que conlleva, permitiendo que los niños puedan saber que es un fenómeno natural y que medidas de seguridad deben tomar. De manera que les sea más fácil comprender por y para que se realizan diferentes tipos de simulacros, permitiéndoles prepararse para reaccionar de una mejor manera ante un desastre natural.

Existen diversas maneras de estimular a los niños con discapacidad, entre ellas se encuentran las aulas de estimulación multisensorial en las cuales se estimula los sentidos de los niños a través del contacto con objetos. Basándose en esta idea el

simulador contará con elementos que permitan estimular multisensorialmente a los niños para mejorar su aprendizaje en cuanto a fenómenos naturales.

1.6. Estructura del documento

El presente documento está conformado por cinco capítulos en los cuales se describirá toda la información necesaria para el desarrollo del simulador multisensorial de fenómenos naturales para niños con discapacidades.

El capítulo 2 (Estado del Arte), presenta el detalle de los conceptos de simulación y simuladores, se presenta una breve reseña de las discapacidades en el Ecuador y las técnicas de enseñanza más utilizadas. Además se menciona algunas de las técnicas que se utilizarán para desarrollar el proyecto.

El capítulo 3 (Metodología y Diseño) se detalla la metodología usada para el diseño del prototipo, las alternativas de diseño y los conceptos seleccionados para la implementación del mismo.

El capítulo 4 (Construcción y Pruebas) se detalla la implementación de los módulos obtenidos en el capítulo 3. Además se presentan las pruebas realizadas al prototipo y los resultados obtenidos.

En el capítulo 5 (Conclusiones y Recomendaciones) se sintetizan las conclusiones obtenidas una vez analizados los resultados obtenidos en el capítulo anterior. También se incluyen recomendaciones para futuros trabajos.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se detalla cómo ha evolucionado la forma de manejar las discapacidades en el Ecuador y las estrategias pedagógicas utilizadas para la enseñanza de niños con discapacidad. También se analiza los diferentes tipos de simuladores existentes y como direccionarlos a la enseñanza de niños con discapacidad. Finalmente se detalla algunas de las técnicas a utilizarse para la construcción del equipo tales como el reconocimiento de voz, aislamiento sonoro y climatización.

2.1. Discapacidades en el Ecuador

2.1.1. Concepto de discapacidad

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) discapacidad es un término general el cual abarca todas las limitaciones, deficiencias y restricciones que se presentan en el momento de realizar una actividad o participar en una actividad.

Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal mientras que las limitaciones de la actividad se presentan al momento de ejecutar una tarea o acción. Las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales. Por lo tanto una discapacidad es:

“Un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive.” (OMS, 2016)

2.1.2. Introducción

“El Ecuador cuenta con una normativa y un conjunto de disposiciones legales en materia de discapacidades siendo uno de los primeros en América por lo cual ha sido tomado en muchos casos como referente por su estructura, organización, políticas y normativas en el campo de las discapacidades.” (Cazar, 2014)

En el país existe una instancia rectora de las políticas de discapacidades denominada Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS). Tiene como objetivos dictar políticas, impulsar y realizar investigaciones, defender los derechos de las personas con discapacidad entre otros.

2.1.3. Antecedentes históricos

En el Ecuador la atención específica a personas con discapacidad se inicia hace más de medio siglo gracias a la iniciativa de padres y madres de personas con discapacidad, las mismas que buscaban una atención especializada que pudiera solventar las necesidades de las personas con discapacidades principalmente en las áreas de salud y educación. Para lo cual tuvieron que conformar organizaciones privadas que brinden servicios especializados que pudieran dar una respuesta adecuada a la creciente demanda.

Para la década de los 70 debido a las condiciones económicas favorables que vivía el país el sector público realiza importantes aportes en los campos de educación, salud y bienestar social, creando normativas y reglamentos que permitan asegurar la atención especializada para las personas con discapacidad.

El 10 de agosto de 1992 se crea el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS). Es una entidad autónoma capaz de dictar políticas, coordinar acciones públicas y privadas e impulsar investigaciones sobre discapacidad. (CONADIS, 2013)

El CONADIS es el ente encargado de desarrollar acciones en cuanto a prevención, atención e integración, con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

2.1.4. Marco legal

En la Constitución de la República del Ecuador los artículos 47, 48 y 49 del capítulo tercero garantizan el cumplimiento de los derechos de las personas con discapacidades mediante políticas de prevención de discapacidades y la integración de las mismas a la sociedad tanto en el ámbito educativo como laboral, convirtiendo al Ecuador en uno de los países pioneros en tomar en cuenta dentro de su Constitución a las personas con discapacidades.

También hay que destacar que el Ecuador ha suscrito algunos convenios internacionales en cuanto a discapacidades tales como los convenios de la OIT el cual trata sobre el trabajo de las personas con discapacidad, las Normas Uniformes

de NNUU 1993, la Convención por la no discriminación de las personas por razones de discapacidad (Cazar, 2014), la Declaración de Salamanca (UNESCO 1994) para la educación de niños y jóvenes con Necesidades Educativas Especiales, entre otros, los cuales también se han convertido en normativas dentro del país.

2.1.5. Situación actual de las discapacidades

Durante los años el término discapacidad ha ido evolucionando tanto en definiciones como en modelos de atención, en la antigüedad hasta el S.XIX se mantenía el concepto tradicional que asocia el concepto de discapacidad con anormalidad e inferioridad.

En la actualidad surge un modelo social que incluye los derechos humanos y autonomía personal, cuyo centro es la dignidad de la persona, dicho modelo empieza a valorar al ser humano como tal sin tomar en cuenta su condición y garantiza la participación de las personas con discapacidades en todos los ámbitos de la sociedad que les sea posible de acuerdo a su condición.

A la fecha (2016) en el Ecuador existen varios tipos de discapacidades, según el ministerio de salud pública, dentro de las cuales se encuentran:

- Discapacidad física
- Discapacidad visual
- Discapacidad auditiva
- Discapacidad del lenguaje
- Discapacidad intelectual
- Discapacidad psicológica

En la figura 13 se puede observar el porcentaje que existe en el Ecuador de cada una de las discapacidades antes mencionadas.

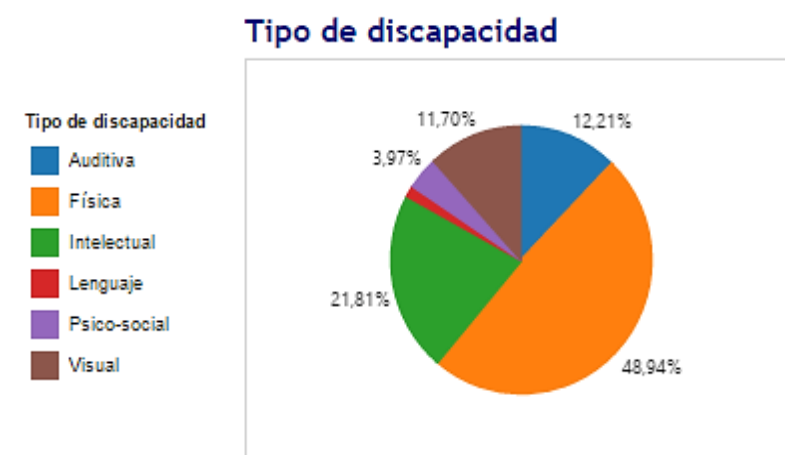


Figura 13 Porcentaje de discapacidades en el Ecuador

Fuente: (Gaona, 2015)

La convención sobre los derechos de las personas con discapacidad, impulsa la organización de una sociedad incluyente y la progresiva atención a las personas con discapacidad. Reconoce que la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que dificulten o impidan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones que las demás.

Actualmente el país cuenta con varias fundaciones y organizaciones, las cuales se encargan de fomentar la inclusión de las personas con discapacidad en la sociedad. También, existe la comisión de discapacidades cuyo objetivo es promover la generación y difusión de un sistema actualizado que permita informar las estadísticas de discapacidades en conjunto con entidades públicas y privadas. Dicha comisión, ayudará a la generación de estrategias, planes y programas que permitan mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

La comisión de discapacidades se encuentra conformada por:

- Vicepresidencia de la República del Ecuador
- Consejo Nacional de Discapacidades - CONADIS
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES
- Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC

Cada vez es más visible el cambio que surge en la sociedad tanto en el ámbito laboral como en la vida cotidiana, cada vez existen más productos enfocados en

ayudar a las personas con discapacidad a realizar sus actividades diarias con mayor facilidad.

2.2. Sistemas de comunicación utilizados por las personas con discapacidades

• Lenguaje de señas para niños sordomudos

“El lenguaje de señas es la lengua natural de las personas sordas. Se basa en movimientos y expresiones a través de las manos, los ojos, el rostro, la boca y el cuerpo”. (INSOR, 2000)

En el Ecuador se utiliza un diccionario guía denominado “Lenguaje de Señas: Guía Básica sobre una Comunicación Especial Tomo I” (Sordos Ecuador, 2015), fue publicado en 1987 (figura 14).

El docente debe conocer el lenguaje de señas para poder estrechar una relación con sus alumnos y poder entablar una adecuada comunicación. Para el mejor aprendizaje de los niños se debe acompañar el lenguaje verbal con gráficos o imágenes visuales que les permitan afianzar su conocimiento.

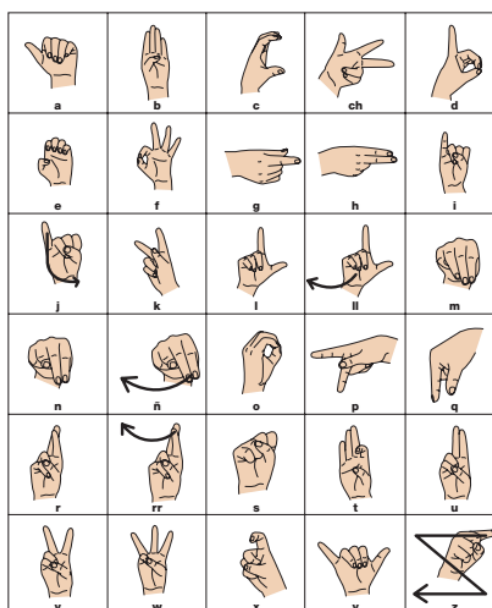


Figura 14 Lenguaje de señas
Fuente: (CONADIS, 2016)

• Sistema braille

El sistema braille es un sistema de puntos en relieve, fue creado en 1825 por Luis Braille. Se trata de un sistema que parte de 6 puntos los cuales de acuerdo a la ubicación que tengan pueden formar 64 combinaciones diferentes.

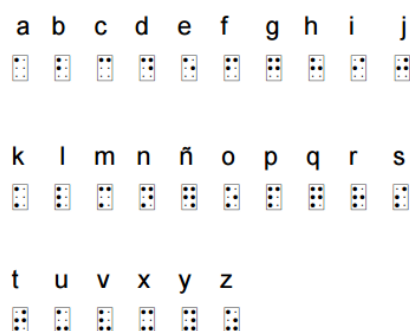


Figura 15 Alfabeto braille
Fuente: (ONCE, 2016)

2.3. Estrategias pedagógicas para la enseñanza de personas con discapacidad

El enfoque de la educación inclusiva señala que: “La inclusión no tiene que ver sólo con el acceso de los alumnos y alumnas con discapacidad a las escuelas comunes, sino con eliminar o minimizar las barreras que limitan el aprendizaje y la participación de todo el alumnado”. (UNESCO, 2000)

Para lograr este cometido ha sido necesario desarrollar diversos tipos de metodologías pedagógicas que garanticen el aprendizaje de los niños y niñas con discapacidad. Además se ha incluido el uso de la tecnología para mejorar el proceso de aprendizaje y su calidad de vida.

2.3.1. Perspectivas teóricas principales para la enseñanza

Para lograr un correcto aprendizaje de los niños con discapacidad es necesario tomar en cuenta las necesidades de acuerdo al tipo de deficiencia que posean. Para cumplir con el objetivo se han encontrado cuatro perspectivas según Davis (Davis, *et al*, 2003), las cuales son:

- Conductual
- Cognitivo
- De desarrollo
- Interaccionista

Conductual: Los métodos asociados con esta perspectiva usualmente involucran imitación, organización, refuerzo de ensayo en tareas o habilidades específicas.

Cognitivo: Se enfoca usualmente en el uso y desarrollo de procesos cognitivos básicos que ayuden a mejorar las habilidades en el almacenamiento de información, procesamiento, organización y recuperación. Puede ser a un nivel fonológico, de palabra (semántica, gramática y nivel sintáctico) o nivel de la oración.

De desarrollo: Aquí se realiza un análisis de las etapas de desarrollo a través de las cuales se cree que el niño debe pasar.

Interaccionista: También conocida como aprendizaje experimental, enfatiza el desarrollo relaciones significativas con el entorno del niño en lugar de la enseñanza de las habilidades de forma aislada.

2.3.2. Estrategias pedagógicas para el desarrollo de habilidades de interacción social.

Enfatiza la importancia de proporcionar oportunidades para el desarrollo de habilidades de interacción social y el acceso al entorno local del niño (Webster & Roe, 1998). Se caracteriza por:

- Ser participativa y usa métodos de aprendizaje activos.
- Crean un ambiente que alienta la integración del desarrollo emocional y social.
- Utilizan el movimiento físico (educación física) para ayudar a los niños con discapacidades físicas, fusionando las habilidades interpersonales y cognitivas adquiridas a través de la relación entre el movimiento físico y las interacciones. Por esta razón toma el nombre de “movimiento para aprender”.

2.3.3. Estrategias para desarrollar la independencia.

Según Davis (Davis & Hopwood, 2002) la estrategia permite desarrollar la independencia de los niños con discapacidades, de manera que puedan desarrollarse social y emocionalmente para que se integren de mejor manera a la sociedad. Se caracteriza por:

- Contribuir al aprendizaje de procedimientos sistemáticos
- Establece objetivos que los niños puedan alcanzar por sí mismos.

2.3.4. Uso de la tecnología.

Su objetivo principal es el de adaptar el entorno con el fin de aumentar el acceso a la participación y el aprendizaje (Davis & Hopwood, 2002). Se caracteriza por:

- El uso de aulas equipadas para estimular multisensorialmente a los niños.
- El uso de material didáctico que permita generar una perspectiva de la realidad.

Algunas técnicas utilizadas para la aplicación de los recursos tecnológicos se detallan a continuación:

- **Aprendizaje mediante modelos a escala**

Es uno de los métodos más utilizados se basa en la utilización de figuras a escala de los diferentes conceptos que se quiere socializar (figura 16), las figuras a escala contienen las texturas, formas y en algunos casos olores del concepto que se requiere representar (Wilson, 1998). Se usa para relacionar diferentes conceptos que los niños con discapacidades no pueden asimilar por sí mismos y que resultan abstractos para ellos por la dificultad de comprensión que representan.

Por ejemplo para que un niño con discapacidad visual sepa que es un elefante se le presenta un modelo a escala de un elefante, el cual tendrá una textura parecida a la piel del elefante y se le explica al niño que lo que sostiene entre sus manos es solo un muñeco y se le menciona las diferencias entre el objeto verdadero y el objeto a escala.



Figura 16 Modelo a escala de una ciudad
Fuente: (Juwei, 2016)

- **Aulas de estimulación multisensorial**

Otro método que está tomando cada vez más fuerza son las aulas de estimulación multisensorial (Universidad Internacional de Valencia, 2016), las cuales son diseñadas para que las personas con algún tipo de discapacidad puedan interactuar con el medio que los rodea a través de sus sentidos (figura 17).

Tienen como finalidad que los niños tengan la oportunidad de exponerse a estímulos controlados permitiéndoles adquirir conocimientos a través del descubrimiento y desarrollar el máximo potencial de sus habilidades intelectuales, sociales y escolares.

Se caracterizan por:

- Tener una iluminación tenue y sin deslumbramientos.
- Ser una zona tranquila y libre de ruidos.
- Contar con elementos de seguridad pasiva.



Figura 17 Aula de estimulación multisensorial
Fuente: (Educate especial, 2010)

- **Impresión de textos en 3d**

Actualmente se utiliza la impresión en 3D para crear libros para niños con discapacidad visual (Klibanski, 2105). Dichos libros les permitirán “tocar” las historias que vienen descritas en los libros permitiéndoles explorar un mundo diferente con sus manos y así poder agudizar su sentido del tacto.

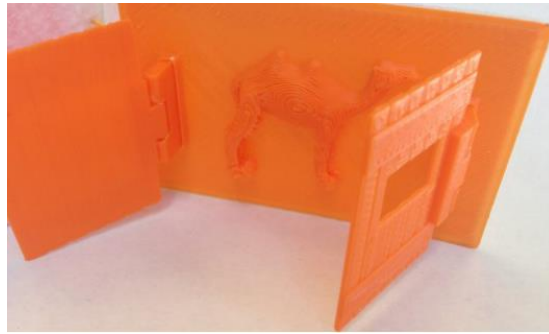


Figura 18 Libro creado en una impresora 3D
Fuente: (Klibanski, 2105)

Otro de los avances tecnológicos que se puede utilizar para la enseñanza son los simuladores, los cuales permiten a las personas recrear un fenómeno natural sin exponerse a los riesgos que conllevan.

2.4. Simulador

Según el diccionario de Oxford un simulador es un “Dispositivo o aparato que simula un fenómeno, el funcionamiento real de otro aparato o dispositivo o las condiciones de entorno a las que están sometidos una máquina, aparato o material”. (Oxford, 2016)

Los simuladores se encargan de reproducir condiciones propias de una actividad que en realidad no suceden en ese momento, pretende simular sensaciones físicas mediante mecanismos, tanto electrónicos como mecánicos, que permitan reproducir movimientos y estímulos tales como calor, frío entre otros, permitiendo al usuario experimentar eventos o actividades que podrían representar un peligro sin necesidad de exponerse a ellos.

El objetivo de un simulador es reproducir determinadas condiciones de un entorno para generar una serie de sensaciones que sean lo más apegadas a la realidad como sea posible.

2.4.1. Historia de la simulación

Se podría considerar que la simulación nace en 1777 con el planteamiento del problema “La aguja de Buffon” (LANDER, 2016), un método matemático sencillo para ir aproximando el valor del número π a partir de sucesivos intentos.

Laplace en 1812 corrige y mejora la solución de Buffón (Laplace, 1812) y desde entonces se conoce como solución de Buffón-Laplace.

A mediados de los 40 se construyen los primeros computadores de propósito general, los cuales sentaron las bases para la rápida evolución de la simulación.

En 1960 Keith Douglas desarrolla un programa de simulación que tenía como propósito simular el funcionamiento de una planta de producción. A partir de dicho trabajo se produce el primer libro sobre simulación: *The Art of Simulation* (1963).

Entre 1960 y 1961 IBM desarrolla el Sistema de Simulación de Propósito General (GPSS), por sus siglas en inglés, el cual realizaba simulaciones de teleprocesos. (LANDER, 2016)

En 1965 Ivan Southerland publica un artículo denominado “The ultimate Display” en el cual se introduce el concepto de realidad virtual.

En 1966 se crea el primer casco visor de realidad virtual, se lo nombró “Espada de Damócles” debido a su forma. Su creador fue Ivan Southerland. (LANDER, 2016)

En 1967 se fundó el Winter Simulation Conference (WSC), lugar donde se archivan los lenguajes de simulación y aplicaciones derivadas. En la actualidad es el referente en cuanto a avances de simulación se refiere.

En 1968 Ivan Sotherland en conjunto con Davis Evans crean el primer generador de escenarios virtuales con imágenes tridimensionales.

En 1972 General Electric (GE) desarrolla el primer simulador computarizado de vuelo bajo comisión de la armada Norteamericana.

En 1976 se publica una tesis de doctorado denominada “El uso de la cinemática en un sistema interactivo por computadora” cuyo autor es P. J Kilpatrick.

En 1979 Eric Howlett diseña la perspectiva óptica mejorada de extensión larga (large expanse enhance perspective optics LEEP)

En 1985 Jaron Lanier funda la institución VPL research. Los investigadores del laboratorio Ames de las NASA construyen el primer sistema práctico de visores estereoscópicos. (LANDER, 2016)

En 1994 Se funda la sociedad de la realidad virtual. Además IBM y Virtuality anuncian el sistema v-SPACE.

En 1995 Nintendo saca la primera consola de realidad virtual llamada “Virtual Boy”, la cual fue un fracaso ya que era demasiado grande y frágil, además que al usarlo durante algunos minutos producía dolor de cabeza. (LANDER, 2016)

En 1997 se desarrolla para la US Army’s STRICOM un dispositivo que permite caminar, correr y moverse en un reducido espacio en todas direcciones posibilitando experimentar el movimiento real en una cabina. (LANDER, 2016)

En 2003 se crea un mundo virtual en 3D denominado “Second Life”, el cual mediante un programa de pc permite a los usuarios socializar dentro de un entorno virtual. (LANDER, 2016)

En 2004 Google compra Earthview para crear Google Earth, el cual es una representación del mundo que combina las búsquedas de Google con imágenes de satélites, mapas terrenos y edificios en 3D.

En 2005 se anuncia el lanzamiento de Wii de Nintendo el cual busca conseguir una interacción entre el jugador y el videojuego.

En la actualidad los simuladores son de gran ayuda en diferentes campos entre los cuales se encuentran:

- Procesos de manufactura
- Plantas industriales
- Sistemas públicos
- Sistemas de transporte
- Construcción
- Diseño
- Educación

- Capacitación

2.4.2. Tipos de simuladores

Existen varios tipos de simuladores, entre los más conocidos se encuentran:

Simuladores de conducción: Representan situaciones cotidianas que se pueden producir en el momento de conducir sin sufrir ningún peligro (Bécares, 2014), son utilizados para que las personas que están aprendiendo a manejar puedan familiarizarse con las situaciones que se presentan.



Figura 19 Simulador de conducción
Fuente: (Bécares, 2014)

Simulador de vuelo: El simulador permite al usuario conocer el mundo de la aviación para que se familiarice con las situaciones que se podrían presentar durante un vuelo (Sport Land, 2000). Es una réplica de una cabina de avión la cual mediante un sistema informático permite que los estudiantes puedan conocer las sensaciones de pilotar para que puedan enfrentarse a diversas situaciones posibles tales como: aterrizaje forzoso, un día con niebla, turbulencias, entre otros.



Figura 20 Simulador de vuelo
Fuente: (Sport Land, 2000)

Simuladores de trenes: Es un sistema que intenta replicar la experiencia de conducir un tren. Uno de los más conocidos es el simulador de trenes BVE. (Rodríguez J. F., 2010)



Figura 21 Simulador de trenes
Fuente: (Rodríguez J. F., 2010)

Simuladores de vida: Son un subgénero de los juegos de simulación en los que el jugador vive o controla una o más formas de vida artificial.



Figura 22 Simulador de vida Sims
Fuente: (Marroco, 2012)

Simulador clínico médico: Permite realizar diagnósticos clínicos sobre pacientes virtuales. El objetivo es practicar casos clínicos complejos con pacientes virtuales para que el médico pueda actuar de manera correcta si se presenta una situación similar en la vida real.



Figura 23 Simulador clínico médico
Fuente: (Minchala, 2016)

Simulador de terremotos: Construido en la Universidad de California, San Diego, es una máquina hidráulica capaz de simular terremotos con una fuerza de 4.2 Gs. Sirve para comprobar cómo se afectan las estructuras ante un terremoto.

Es una gigantesca mesa vibradora, diseñada por investigadores del departamento de Ingeniería estructural de la Universidad de Colorado (UC San Diego, 2013). Permite probar sobre ella todo tipo de estructuras con la finalidad de mejorar las estructuras de edificios antiguos.

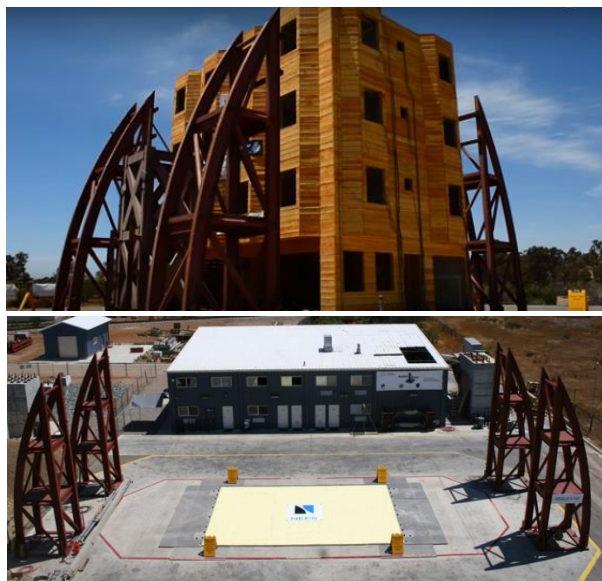


Figura 24 Simulador de terremotos de la Universidad de San Diego
Fuente: (UC San Diego, 2013)

Simulador de tornados: Investigadores de la Universidad de Iowa (Iowa State University, 2014) diseñaron un simulador de tornados el cual sirve para realizar mediciones y simulaciones de los daños que causa un tornado en las estructuras.

El simulador consta de un ventilador de 1,80 metros de ancho, bajo el cilindro se colocan maquetas de ciudades las cuales poseen sensores dentro de ellas. Dichos

sensores permiten obtener información de los efectos que causa el tornado y realizar simulaciones. El objetivo del simulador es crear estructuras que puedan resistir el paso de un tornado.



Figura 25 Simulador de tornados de la Universidad de Iowa
Fuente: (Iowa State University, 2014)

Simulador de Tsunamis: Fue construido en la Universidad de Oregon, su principal objetivo es entender la naturaleza fundamental de un tsunami, el impacto estructural que genera y la resonancia del puerto con el fin de mejorar los cálculos estructurales para mitigar los efectos del tsunami.



Figura 26 Simulador de Tsunamis de la Universidad de Oregon
Fuente: (Oregon State University, 2016)

2.5. Técnicas utilizadas en el equipo

2.5.1. Reconocimiento de voz

Un sistema de reconocimiento de voz es capaz de interpretar los sonidos emitidos por el hablante y los convierte de forma automática en texto. Como se menciona en

Jurafsky (Jurafsky, D. and James, H., 2008) los sistemas de reconocimiento de voz constan de tres etapas las cuales son:

- Etapa de procesamiento
- Etapa de reconocimiento fonético
- Etapa de decodificación

En la etapa de procesamiento se extraen las características de una señal acústica emitida mediante la toma de muestras en un rango de 10, 15 o 20 milisegundos, una vez que la señal es muestreada se la convierte en una representación espectral para poder obtener los vectores de características espectrales.

La etapa de reconocimiento fonético usa técnicas de probabilidad tales como las redes neuronales o Modelos Gaussianos los cuales permiten calcular las probabilidades individuales de cada segmento obtenido de la señal original.

Finalmente en la etapa de decodificación se obtiene la secuencia de palabras que tenga la mayor probabilidad. Todo el proceso se lleva a cabo mediante la utilización de diccionarios de pronunciación y un modelo de lenguaje.

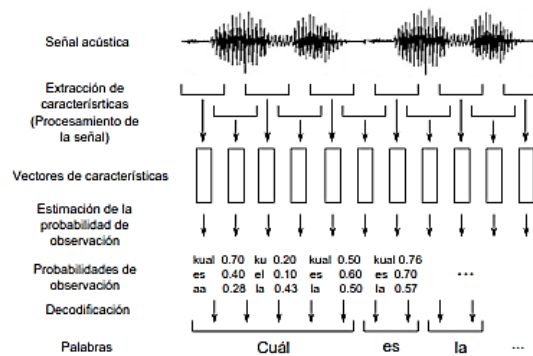


Figura 27 Arquitectura de un reconocedor de voz.
Fuente: (Jurafsky, D. and James, H., 2008)

El sistema de reconocimiento de voz necesita de tres modelos que le permiten transformar el sonido en texto, los cuales son:

Modelo acústico: Dentro del modelo se encuentra la variabilidad acústica de una lengua, el modelo recibe una señal acústica de entrada de la cual se extraen sus propiedades para poder obtener un vector de características el cual será comparado

para poder obtener el patrón con la mayor probabilidad de ocurrencia. Para la creación de los modelos acústicos se utilizan los Modelos Ocultos de Markov.

Modelo de lenguaje: Aquí se representa la probabilidad de que una secuencia de palabras forme parte de un lenguaje, aquí se encuentran las propiedades lingüísticas del lenguaje, además se calcula la probabilidad a priori de la secuencia de palabras usando un modelo de predicción de la palabra llamado n-gramas.

Modelo de pronunciación: Se encuentra formado por los diccionarios de pronunciación, los cuales se utilizan junto con el modelo acústico para el alineamiento automático del vector de características de la palabra. Los diccionarios de pronunciación son construidos a partir de un corpus y contienen las pronunciaciones más comunes de cada palabra que se encuentra contenida en el corpus.

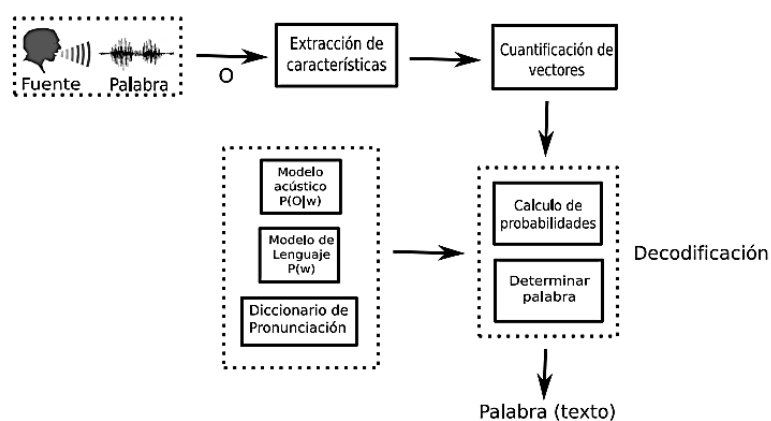


Figura 28 Proceso de reconocimiento de palabras
Fuente: (Moya García, 2011)

“A lo largo de las cinco últimas décadas, el reconocimiento automático del habla mediante máquinas ha sido un objetivo que la investigación ha perseguido a través de enormes esfuerzos realizados en investigación tratando de crear dicha máquina” (Rabiner & Biing, 1993). Sin embargo, es muy difícil diseñar una máquina adaptada a todos los entornos existentes, por lo que hasta el momento podemos realizar una máquina de reconocimiento para entornos muy concretos.

2.5.2. Software de reconocimiento de voz

En la actualidad existen varios softwares de reconocimiento de voz tanto libres como pagados. Dentro de los sistemas libres se encuentran Julius y CMUSphinx los dos prestan servicios similares pero con distintas implementaciones.

Como menciona Roca Nonell (Roca Nonell, 2014) las aplicaciones de reconocimiento de voz se dividen principalmente en aplicaciones de dictado y control por comandos (command and control). Las aplicaciones de dictado pueden transcribir una gran cantidad de palabras, pudiendo ser usadas para dictar textos complejos. Las aplicaciones de comando y control son especializadas en reconocer solo unos pocos comandos con el objetivo de controlar un sistema.

2.5.2.1. CMUSphinx

CMUSphinx es un proyecto de software libre bajo la licencia BSD. Se mantiene en constante desarrollo en la Universidad Carnegie Mellow (UCM). Se pueden encontrar publicaciones sobre este paquete de software desde 1990 y aún sigue siendo motivo de tesis doctorales y otras publicaciones. Se basa en modelos ocultos de Markov.

CMUSphinx posee varios formatos, la versión para java se llama Sphinx 4 fue diseñada para sistemas de fácil manejo y mucha flexibilidad, Pocketsphinx es la versión escrita en C fue diseñada para ganar portabilidad y velocidad, finalmente existe una versión desarrollada para funcionar en Android.

2.5.2.2. HTK

HTK es una suite de programas para construir y manipular modelos basados en Hidden Markov Models (HMM). Su principal uso es crear modelos acústicos aunque es aplicable a muchos otros ámbitos debido a su nivel de abstracción, como por ejemplo secuenciamiento de ADN. Entre sus programas, módulos y librerías escritos en C, se encuentran funciones para analizar audio, entrenar, adaptar y testear modelos entre otros. En la figura 26 se puede observar un esquema del HTK.

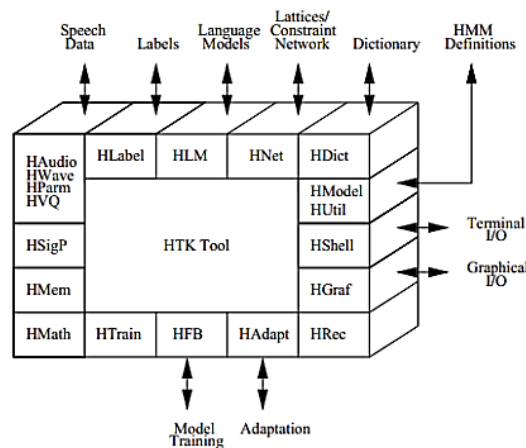


Figura 29 Esquema de la suite de programas HTK
Fuente: (Roca Nonell, 2014)

2.5.3. Acondicionamiento acústico

2.5.3.1. Diferencia entre acondicionamiento y aislamiento acústico

Aislamiento Acústico

El aislamiento acústico está relacionado con la capacidad que tiene un elemento o estructura para reducir la transmisión de sonido a través del mismo. El aislamiento de un material está en función de sus propiedades mecánicas y responde a la ley de masas que postula que: “Al aumentar al doble la masa, esto supone un incremento del orden de los 6dB al aislamiento acústico”. (Corbí, 2013)

La transmisión del sonido se realiza a través del aire; para conseguir el aislamiento, se colocan barreras de materiales pesados y de gran densidad.

Acondicionamiento acústico

El acondicionamiento acústico se trata de las técnicas, sistemas y tratamientos dirigidos al control y mejora de las condiciones de propagación de las ondas sonoras en el interior de un recinto con el fin de obtener un ambiente acústico apropiado a la actividad que se desarrolla en él.

Según Corbí (Corbí, 2013) existen dos tipos de acondicionamiento:

- **Acondicionamiento primario**

Se lo aplica durante la fase de diseño, antes de la construcción de la sala. Mediante programas de simulación acústica es posible analizar el efecto que

generan distintos materiales de construcción para poder seleccionar los más adecuados. Además se puede variar la forma y el volumen de la sala para poder satisfacer los requisitos deseados.

- **Acondicionamiento secundario**

Se aplica como corrección a un modelado incorrecto, en otras palabras, cuando la sala ya ha sido construida. Consiste en la aplicación de materiales de acondicionamiento. Mediante el acondicionamiento secundario se logran mejorar las características acústicas de la sala pero los resultados no serán los mejores en comparación con el acondicionamiento primario.

2.5.3.2. Materiales de acondicionamiento

El material para realizar el acondicionamiento de un lugar dependerá del objetivo acústico que se quiera alcanzar, dependiendo del objetivo se tienen los siguientes materiales:

- **Materiales absorbentes:** Minimizan la reverberación de la sala.
- **Resonadores:** Disminuyen la reverberación en determinadas frecuencias.
- **Reflectores:** Aumentan el número de primeras reflexiones enfocadas al público.
- **Difusores:** Permiten difundir el sonido de una forma más uniforme.

La selección de los materiales dependerá de los parámetros que se desee mejorar. Existen diversas opciones de materiales, tanto para pisos como para paredes, tales como:

Suelo laminado: Es un material hecho de madera que posee acabados plásticos, es poco absorbente especialmente a bajas frecuencias. Se lo utiliza mucho en los pisos de los estudios de grabación debido a que proporciona cierto brillo y calidez. Si se lo usa se debe colocar un material de mayor absorción en los techos y paredes.



Figura 30 Suelo laminado
Fuente: (Archiexpo, 2015)

Moqueta: Es un material de absorción media, es una opción económica y a diferencia del suelo laminado no necesita que exista una compensación en la sala mediante la utilización de otros materiales. Se lo puede usar tanto para pisos como paredes.



Figura 31 Moqueta
Fuente: (Archiexpo, 2015)

Pladur: Es un material económico pero no muy eficiente, para mejorar su eficiencia se lo puede pintar con elementos absorbentes.



Figura 32 Pladur
Fuente: (Construmática, 2015)

Paneles absorbentes: Son una solución rápida y práctica, permiten reducir el tiempo de reverberación de la sala, sin embargo son más costosos debido a que están

hechos de foami. Tienen una forma piramidal, forma de sierra y rectangular, su forma dependerá de los parámetros a mejorar.

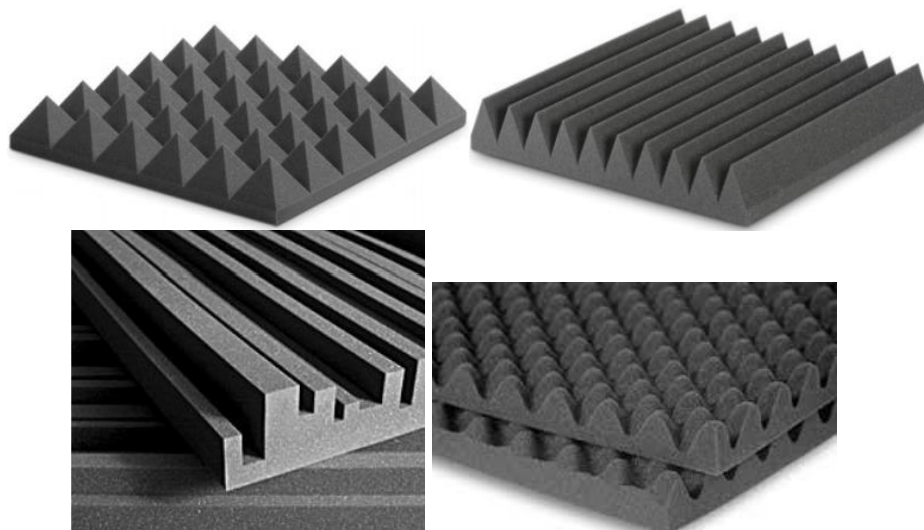


Figura 33 Paneles absorbentes
Fuente: (Archiexpo, 2015)

Cubetas de huevos: Son parecidos a los paneles absorbentes en su forma pero son mucho menos densos, razón por la que no sirven para acondicionar acústicamente locales grandes. Sin embargo, si se trata de lugares pequeños debido a que el número de decibeles que se van a generar en un lugar pequeño es relativamente bajo. Una de las ventajas de este material es su facilidad de adquisición y bajo costo.



Figura 34 Cubetas de huevo utilizadas para acondicionamiento acústico
Fuente: (Archiexpo, 2015)

2.5.4. Climatización

La climatización según González (González & Ferrando, 2006) consiste en crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad en el interior de espacios adecuados.

La climatización comprende tres cuestiones fundamentales:

- La ventilación
- La calefacción
- La refrigeración

2.5.4.1. Tipos de climatización

La climatización puede ser natural o artificial.

Climatización natural

Es la que se genera sin necesidad de fuentes o aparatos externos, es decir es producida de forma natural.

Climatización artificial

Utiliza aparatos que permiten modificar las condiciones ambientales de acuerdo a las necesidades del usuario. Se clasifica de acuerdo al alcance de la instalación (González & Ferrando, 2006):

- **Unitaria:** Se la realiza en un solo local o habitación generalmente con un aparato que produce y emite su energía térmica.
- **Centralizada:** Al igual que en la unitaria se utiliza un aparato que produzca y emita energía térmica con la diferencia de que se distribuirá por medio de conductores a varios locales o habitaciones.

2.5.4.2. Parámetros a controlar por el sistema de climatización

- Temperatura y humedad
- Ventilación
- Velocidad del aire
- Nivel sonoro

2.5.4.3. Selección correcta del sistema de climatización

Calefacción

Para el correcto control de los parámetros de climatización es necesario realizar diferentes análisis que permitirán seleccionar el sistema de climatización correcto de acuerdo a las diferentes necesidades.

Para el sistema de calefacción es necesario calcular la potencia que requerirá el sistema para poder elevar la temperatura en los grados deseados. Para esto es necesario calcular el número de Reynolds mediante la ecuación 2.1.

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (2.1)$$

Una vez obtenido el número de Reynolds se procede a calcular el número de Prandtl a través de la ecuación 2.2.

$$Pr = \frac{\mu \times c}{K} \quad (2.2)$$

Seguidamente se calcula el número de Nusselt con la ecuación 2.3.

$$Nusselt = 0.3 + \frac{0.62(Re)^{0.5}(Pr)^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{0.5}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \times \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \quad (2.3)$$

Una vez obtenidos los números de Reynolds, Prandtl y Nusselt se procede a calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección del aire a partir de la ecuación 2.4. Este coeficiente debe estar entre 25 y 250 de acuerdo a Incropera (Incropera & DeWitt, 1999)

$$h_e = \frac{Nusselt \times K}{d} \quad (2.4)$$

Una vez obtenido el coeficiente de transferencia de calor se procede a calcular el calor que debe entregar el equipo. Para esto se utiliza la ecuación 2.5.

$$\text{Calor a entregar} = m_{\text{aire}} \times c_{\text{aire}} \times \Delta t \quad (2.5)$$

Finalmente se transforma el calor a entregar a vatios para de esta manera poder obtener la potencia que se necesita para cumplir con los requerimientos establecidos.

Aire acondicionado

Para la correcta selección del aire acondicionado el proceso es mucho más sencillo, en comparación con el sistema de calefacción, ya que solo se necesita realizar el cálculo de los BTU's que necesitará tener el sistema de refrigeración para cumplir con los parámetros establecidos. Para el cálculo de los BTU's se utiliza la ecuación 2.6.

$$C = (230 \times v) + (\#P \times 460) + (PE \times 3,4) \quad (2.6)$$

Una vez obtenidos los BTU's se los transforma en vatios y de esta manera se obtiene la potencia que el sistema necesita.

2.5.5. Iluminación

Una buena iluminación permite crear ambientes más agradables, tomando en cuenta el equilibrio que se debe tener entre una buena iluminación y el consumo energético que se va a generar.

Según (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995) los parámetros que definen la calidad de una iluminación son:

- Nivel de iluminación
- Distribución de luminarias
- Limitación del deslumbramiento
- Modelado
- Color
- Estética

Si se ponen en práctica todos estos parámetros se logrará conseguir un buen diseño lumínico.

2.5.5.1. Elementos básicos de un sistema de iluminación

- **Fuente de luz:** Puede ser incandescente, fluorescente, descarga en gas, entre otros.
- **Luminaria:** Controla el flujo luminoso emitido por la fuente para evitar o minimizar el deslumbramiento.
- **Sistemas de control y regulación de la luminaria.**

2.5.5.2. Métodos para el cálculo de la iluminación

Existen 2 métodos para realizar el cálculo de la iluminación:

Método de los lúmenes

También conocido como método del factor de utilización. Es una forma práctica y fácil de calcular el nivel medio de la luminancia en una instalación. Proporciona una iluminancia media con un error de $\pm 5\%$.

Método del punto por punto

También conocida como método de iluminancias puntuales. Se utiliza para conocer los valores de luminancia en puntos concretos.

El método más usado es el método de los lúmenes, para lo cual hay que tener en cuenta que el método se utilizará para obtener una iluminación general y uniforme de un determinado espacio.

Para el presente proyecto se utilizará el método de los lúmenes. En la sección 3.6 se pueden encontrar las fórmulas y los valores obtenidos para la implementación del prototipo.

2.5.6. Sonido

El sonido es una sensación percibida por el cerebro cuyo origen es la vibración de un medio elástico a partir de un foco que induce cambios de presión, los mismos que se transmiten por propiedades del movimiento ondulatorio.

2.5.6.1. Rango de frecuencias

El rango de frecuencias que el oído humano puede detectar va desde los 20Hz hasta los 20Khz. Las variaciones de presión superiores a los 20KHz se acercan a los ultrasonidos, los que a pesar de ser inaudibles, son utilizados en soldadura, limpieza, ecografía, entre otros. La frecuencia del ultrasonido es utilizada por muchos animales para poder movilizarse. En la figura 35 se muestra la referencia de niveles acústicos.

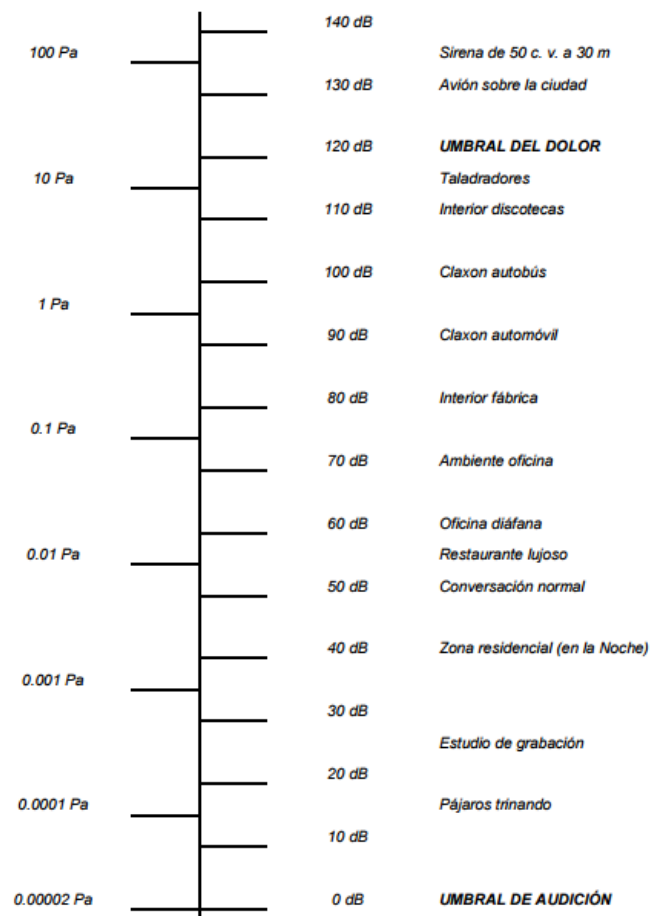


Figura 35 Referencia de Niveles acústicos
Fuente: (Calderos, 2007)

2.5.6.2. Niveles de presión sonora

Las variaciones de presión en el oído se miden en Pascales (Pa), dichas variaciones pueden dañar el oído si superan el umbral del dolor. La variación más pequeña que puede ser percibida por el oído es de 0,00002 Pa a una frecuencia de 3 a 5 KHz.

Tabla 1:
Niveles sonoros y respuesta humana

Sonidos característicos	Nivel de presión sonora (DB)	Efecto
Zona de lanzamiento de cohetes (sin protección auditiva)	180	Pérdida auditiva irreversible
Operación en pista de jets.	140	Dolorosamente fuerte
Trueno	130	
Despegue de jets Bocina de auto	120	Máximo esfuerzo vocal
Concierto de Rock	110	Extremadamente fuerte
Petardos	100	Muy fuerte
Tránsito urbano	90	Muy molesto Daño auditivo (8 horas)
Secador de cabello	80	Molesto
Oficina de negocios	70	Difícil uso de teléfono
Conversación normal	60	Intrusivo
Tránsito de vehículos livianos	50	Silencio
Dormitorio	40	
Biblioteca	30	Muy silencioso
Estudio de radiodifusión	20	

Fuente: (Calderos, 2007)

2.5.6.3. Tipos de sonido

Los sonidos se diferencian por su amplitud, frecuencia y contenido de armónicos. Los tipos de sonido en la naturaleza son 3: la voz, la música y el ruido.

La voz

La voz humana es capaz de lograr amplitudes tan pequeñas y a la vez generar amplitudes exorbitantes que pueden llegar a niveles de presión sonora que pueden causar daño en el oído. Se encuentra entre los 80 a 100 Hz para los hombres y desde 140Hz para las mujeres hasta los 8KHz en ambos casos.

La música

Es la combinación de sonidos que son capaces de provocar una sensación agradable al oído. Está conformada de tres elementos:

- **Melodía:** Sucesión de varios sonidos, de diferente altura y duración, de manera agradable al oído.
- **Armonía:** Es la ejecución simultánea de varios sonidos.
- **Ritmo:** Combinación ordenada de silencios, sonidos fuerte y débiles.

El ruido

Es lo contrario a la música, es todo sonido que cause un efecto desagradable, es molesto e indeseado. Puede causar problemas a la salud si la exposición al mismo es excesiva.

Interferencia

Cuando dos ondas de una misma frecuencia pasan por la misma región del espacio al mismo tiempo sucede lo que se llama interferencia, siendo el desplazamiento resultante la suma algebraica de los desplazamientos individuales.

2.5.6.4. Señal de audio

La señal de audio es el tratamiento y conversión de la misma utilizando señales eléctricas para poder amplificar, modificar o transportar dicha señal a través de aparatos electrónicos.

2.5.6.5. Parámetros de la calidad de audio

Para diseñar un sistema de audio es fundamental conocer los siguientes parámetros:

- **Respuesta en frecuencia:** Es el comportamiento de un elemento frente a las diferentes frecuencias que componen una señal en el espectro de audio.
- **Distorsión:** Variación del timbre o contenido de armónicos de un sonido. La calidad de sonido se mide de acuerdo a la distorsión que introduce el mismo en una onda sonora.

2.5.7. Resumen

- Una discapacidad es discapacidad un término general el cual abarca todas las limitaciones, deficiencias y restricciones que se presentan en el momento de realizar una actividad o participar en una actividad.
- En la actualidad existen entes encargados de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades y garantizar la inclusión de las mismas en la sociedad. En el Ecuador el CONADIS es el ente encargado de desarrollar acciones en cuanto a prevención, atención e integración, con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

- Para la inclusión de las personas con discapacidad en el sistema educativo se han desarrollado diferentes estrategias pedagógicas que permiten asegurar el aprendizaje de los niños. Dentro de las cuales se encuentran las aulas de estimulación temprana, impresión de libros en 3D entre otros.
- El avance de la tecnología ha permitido crear variedad de dispositivos que ayuden a las personas con discapacidad a comprender de mejor manera el mundo que los rodea.
- Los simuladores son dispositivos que permiten recrear determinadas condiciones de un entorno para generar una serie de sensaciones que sean lo más apegadas a la realidad. Su avance y desarrollo han permitido que en la actualidad el usuario pueda verse inmerso en una simulación cada vez más realista sin necesidad de exponerse a algún riesgo.
- Para el desarrollo de los simuladores se utilizan diversas técnicas que permitan al usuario sentirse cómodo al utilizar el simulador. Dentro de las técnicas que se utilizan para la construcción de un simulador se encuentran el aislamiento acústico, la climatización, la iluminación y audio.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA Y DISEÑO

En el presente capítulo se detalla la metodología utilizada para el diseño del prototipo. Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la metodología basada en el modelo para el diseño y desarrollo de productos de Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2012). Para lo cual se definirá el concepto del prototipo, sus necesidades y características técnicas. Una vez seleccionado el concepto de acuerdo a la función en el diseño se seleccionará las opciones preliminares a nivel sistema. Finalmente se especifica el diseño de detalle para cada módulo.

3.1. Definición del concepto

De acuerdo a Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2012) para la realización de un producto es necesario generar un concepto junto con sus estatutos de manera general. Para lo cual es necesario escuchar la voz del cliente, analizar las necesidades y documentarlas. Además se debe identificar las especificaciones técnicas que serán de relevancia y finalmente se realiza un análisis de la importancia que poseen.

3.1.1. Definición de las necesidades

Las necesidades se traducen en las características que el concepto necesita para el diseño final, permiten desarrollar las especificaciones técnicas del producto. En la Tabla 2 se muestran las necesidades que debe satisfacer el prototipo, las cuales permitirán encontrar una solución sencilla y práctica para el sistema.

Tabla 2:
Necesidades del consumidor

No.	Requerimientos
1	Deben entrar dos personas
2	Debe ser fácil de usar
3	Debe sentirse un cambio de temperatura
4	El movimiento para simular los temblores debe ser leve
5	No debe inundarse solo mojar un poco a los usuarios
6	Debe ser como un cine

Los conceptos descritos en la Tabla 2 se analizarán de forma independiente para poder generar las posibles soluciones para la elaboración del prototipo.

3.1.2. Definición de las características técnicas

Para la definición de las características técnicas se utilizarán las necesidades adquiridas en el apartado anterior, las cuales traducidas a un lenguaje técnico pasan a ser las características técnicas. Una vez obtenidas las especificaciones necesarias se podrá elaborar el prototipo de forma objetiva y clara.

La Tabla 3 muestra las características técnicas necesarias para lograr satisfacer las necesidades del usuario.

Tabla 3:
Características técnicas

No.	Características Técnicas
1	Capacidad para 2 personas
2	HMI fácil de manejar
3	Cambio de temperatura en $\pm 2^{\circ}\text{C}$
4	Sistema de vibración controlado
5	Sistema de dispersión de agua controlado
6	Sistema de audio y video

3.1.3. Desarrollo de la función de calidad, QFD

El Desarrollo de la Función de la Calidad (Quality Function Deployment), llamada también casa de la calidad, relaciona las necesidades o requerimientos de los clientes con las características técnicas que se necesitan para satisfacerlos (Riba Romeva, 2002). Consiste en un proceso estructurado que permite traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos en cada fase del diseño y fabricación.

Mediante el QFD se puede definir la importancia que posee cada aspecto técnico en la solución del problema final de forma ordenada y eficaz, con el objetivo de lograr un nivel de satisfacción alto reduciendo tiempos y costos.

La matriz QFD realizada para el proyecto se muestra en la Figura 36.

3.2.1. Estructura funcional

El análisis de las características técnicas de un producto es un punto crucial dentro de la factibilidad. Dicho análisis se realiza a través de mediciones funcionales de especificación y desempeño del concepto. Una vez obtenidos los resultados de la matriz QFD, es necesario englobarlos en módulos.

Los módulos ayudan a realizar una distribución que permita dar un orden a las diversas operaciones funcionales para lograr cubrir todas las necesidades de manera eficiente. Para lo cual en la Tabla 5 se define la estructura modular con la que se trabajará durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 5:
Módulos de diseño

No.	MÓDULO	SUBSISTEMAS	FUNCIONES	HITOS A CUMPLIR
1	Climatización	Calefacción	Elevar la temperatura	1,4,7
		Aire acondicionado	Bajar la temperatura	
2	Dispersión de agua	N/A	Dispersar agua	1,4,7
3	Audio y video	Audio	Sonido	1,3
		Video	Reproducción de Imagen	
4	Iluminación	N/A	Iluminación	1
5	Movimiento	Pistones	Generación de movimiento	1,5,6
6	Dispersión de nieve	N/A	Dispersión de nieve	1
7	Dispersión de humo	Máquina de humo	Dispersar humo	1
8	Mando y control	Interfaz	Comunicación Humano-máquina	1,2

3.3. Módulo 1. Climatización

3.3.1. Subsistema 1. Calefacción

El subsistema de calefacción es el encargado de elevar la temperatura del simulador en 2°C en los fenómenos en los que se requiera calor.

3.3.1.1. Alternativas para diseño

Para el diseño del sistema existen dos posibles soluciones que cumplen con los requerimientos solicitados, las cuales son: a) Calefacción eléctrica por acumulación y b) Calefacción eléctrica por convección forzada.

Calefacción eléctrica por acumulación

El sistema de calefacción eléctrica por acumulación consta de una niquelina eléctrica, la cual transforma el calor en electricidad acumulándolo dentro del calefactor.

Ventajas

- No es contaminante.
- No necesita mantenimiento continuo.
- Fácil instalación

Desventajas

- Necesita más tiempo para calentar.
- Se necesita una instalación eléctrica apropiada.
- Uso limitado a períodos cortos de tiempo.
- Es efectiva en lugares pequeños.

Calefacción eléctrica por convección forzada

Al igual que el sistema de calefacción eléctrica por acumulación el sistema cuenta con una niquelina que transforma energía eléctrica en calor, la diferencia radica en que el sistema cuenta con un ventilador el cual se encarga de dispersar el calor en la habitación.

Ventajas

- Fácil instalación.
- Menor tiempo de calentamiento para una habitación.
- No necesita mantenimiento continuo.

Desventajas

- Mayor consumo de energía.

- El ventilador puede generar ruido.

3.3.1.2. Evaluación y selección de alternativas

Luego de realizar un análisis profundo se concluyó que el sistema más eficiente para la implementación en el simulador es la Calefacción eléctrica por convección forzada. Debido a los siguientes factores:

- El tiempo de calentamiento del sistema será menor, por lo tanto se reducirá el consumo energético del sistema.
- Es un sistema que necesita poco espacio para su instalación y no necesita mantenimiento continuo.
- La distribución del aire mediante el ventilador permitirá que el sistema eleve su temperatura de manera rápida y uniforme.
- Pueden alcanzar una mayor temperatura sin causar ningún riesgo ya que el ventilador se encarga de transmitir el aire caliente a toda la habitación.

Las alternativas más destacadas para el sistema de calentamiento se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6:
Alternativas para el Sistema de calefacción

SOLUCIÓN		IMAGEN	CARÁCTERÍSTICAS
A	Secadoras de cabello		Costo*: \$20,00
			Potencia: 1800W
			Voltaje de entrada: 110V
B	Termo ventiladores		Costo: \$40.00
			Potencia: 1800W
			Voltaje de entrada: 110V

*Costo estimado en tiendas únicamente dentro de Colombia

El siguiente paso en la etapa de diseño consiste en realizar una ponderación de criterios para facilitar la selección; en la Tabla 7 se observa la ponderación realizada. El criterio que obtenga el mayor valor será el que se tomará en cuenta para la selección. Posteriormente se evalúa cada solución teniendo en cuenta cada uno de los criterios presentados y finalmente, de acuerdo a las ponderaciones alcanzadas se obtiene la solución.

Tabla 7:
Ponderación de criterios de evaluación para el módulo 1, subsistema 1.

Criterio	Funcionalidad	Implementación	Costos	Disponibilidad	$\sum + 1$	Ponderación
Funcionalidad	-	1	0	0,5	2,5	0,28
Implementación	0	-	0,5	0	1,5	0,17
Costos	0	0,5	-	0,5	2	0,22
Disponibilidad	0,5	1	0,5	-	3	0,33
Suma					9	1

Tabla 8:
Ponderación de funcionalidad para el módulo 1, subsistema 1

Funcionalidad	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	1	2	0,67
Solución B	0	-	1	0,33
Suma			3	1

Tabla 9:
Ponderación de implementación para el módulo 1, subsistema 1

Implementación	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0,5	1,5	0,5
Solución B	0,5	-	1,5	0,5
Suma			3	1

Tabla 10:
Ponderación de costos para el módulo 1, subsistema 1

Costos	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	1	2	0,67
Solución B	0	-	1	0,33
Suma			3	1,00

Tabla 11:
Ponderación de disponibilidad para el módulo 1, subsistema 1

Disponibilidad	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0,5	1,5	0,5
Solución B	0,5	-	1,5	0,5
Suma			3	1

Tabla 12:
Conclusión para la selección de las alternativas de diseño. Módulo 1, subsistema 1

	Funcionalidad	Implementación	Costos	Disponibilidad	Σ	Prioridad
Solución A	0,67	0,5	0,67	0,5	2,34	58,5%
Solución B	0,33	0,5	0,33	0,5	1,66	41,5%
				Suma	4	

El sistema elegido es el sistema de calefacción mediante secadoras de cabello (Solución A), cuyas características son:

- Potencia 1800W
- Posee un motor AC
- Posee 3 opciones de temperatura y 2 velocidades.
- Filtro removible de acero inoxidable
- 590 gramos de peso.



Figura 37 Secadora de cabello profesional
Fuente: (Turbo Power INC., 2016)

3.3.1.3. Diseño mecánico

Para que el sistema cumpla con los requerimientos solicitados se necesita comprobar matemáticamente que la alternativa seleccionada logrará llegar al objetivo planteado. Para lo cual es necesario calcular la potencia que el sistema necesitará para lograr subir la temperatura en 2°C como mínimo.

Para encontrar la potencia que el sistema necesita se utilizarán los siguientes datos:

- La temperatura debe subir como mínimo 2°C.
- La viscosidad cinemática del aire es $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.
- La viscosidad dinámica del aire es $1.5 \times 10^{-5} \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}$
- La conductividad térmica del aire es $0.026 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{°K}$
- El calor específico del aire es $1012 \text{ J}/\text{Kg}\cdot\text{°K}$
- Densidad del aire $1.2 \text{ Kg}/\text{m}^3$

Con la ecuación 3.1 se obtiene el número de Reynolds.

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (3.1)$$

Dónde:

- Re: Numero de Reynolds del aire.
- V: Velocidad de desplazamiento del aire (m/s)
- d: Diámetro exterior del ducto de PVC (m)
- ν : Viscosidad cinemática del aire (m^2/s)

Al reemplazar tales valores, se obtiene.

$$Re = \frac{30 \times 0,0508}{1.5 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 101600$$

Con la ecuación 3.2 se obtiene el número de Prandlt.

$$Pr = \frac{\mu \times c}{K} \quad (3.2)$$

Dónde:

- μ : Viscosidad Dinámica del aire.
- c: Calor Específico del aire.
- K: Conductividad Térmica del aire.

$$Pr = \frac{1.5 \times 10^{-5} \times 1012}{0.026}$$

$$Pr = 0.584$$

Con la ecuación 3.3 se obtiene el número de Nusselt.

$$Nusselt = 0.3 + \frac{0.62(Re)^{0.5}(Pr)^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{0.5}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \times \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \quad (3.3)$$

$$Nusselt = 0.3 + \frac{0.62(101600)^{0.5}(0.584)^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{0.5}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \times \left[1 + \left(\frac{101600}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

$$Nusselt = 198,274$$

Una vez obtenidos los números de Reynolds, Prandtl y Nusselt se procede a calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección del aire a partir de la ecuación 3.4. Este coeficiente debe estar entre 25 y 250 de acuerdo a Incropera (Incropera & DeWitt, 1999)

$$h_e = \frac{Nusselt \times K}{d} \quad (3.4)$$

Dónde:

- h_e : Coeficiente de transferencia de calor por convección del aire.
- K : Conductividad térmica del aire.
- d : Diámetro exterior del ducto de cobre.

Al reemplazar valores, se obtiene:

$$h_e = \frac{198.274 \times 0.026}{0.0508}$$

$$h_e = 101,48 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$$

Ahora se calcula el calor que debe entregar el equipo con la ecuación 3.5.

$$\text{Calor a entregar} = m_{\text{aire}} \times c_{\text{aire}} \times \Delta t \quad (3.5)$$

Dónde:

- m_{aire} es la masa del aire en Kg.
- c_{aire} es el calor específico del aire en J/Kg.°K.
- Δt es la diferencia de temperatura

Para obtener la masa del aire es necesario usar la ecuación 3.6.

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (3.6)$$

Conociendo la densidad del aire $\delta = 1,24 \text{ Kg}/\text{m}^3 = 65,99 \text{ Kcal}/\text{Kg} \text{ } ^\circ\text{C}$ y el volumen de la cabina $v = 3,65 \text{ m}^3$ se puede encontrar la masa del aire despejándola de la ecuación 3.6.

$$m = \delta \times v \quad (3.7)$$

Reemplazando valores en la ecuación 3.7 se obtiene la masa del aire.

$$m = 1,24 \times 3,65$$

$$m = 4,53 \text{ Kg}$$

Reemplazando en la ecuación 3.5 el valor de masa obtenido se puede encontrar el calor que necesita generar el equipo.

$$\text{Calor a entregar} = 4,53 \times 65,99 \times (27 - 25)$$

$$\text{Calor a entregar} = 597,87 \text{ Kcal}$$

Finalmente se transforma el calor a entregar a vatios obteniendo así la potencia que el sistema necesita para subir la temperatura en un tiempo de 12 min.

$$\frac{597,87 \text{ Kcal}}{0,2 \text{ H}} \times \frac{4187 \text{ Joule}}{1 \text{ Kcal}} \times \frac{1 \text{ WH}}{3600 \text{ Joules}} = 3476,78 \text{ [W]}$$

Lo que quiere decir que para subir la temperatura en la cabina se necesita un sistema de 3476,78W. La secadora posee una potencia de 1800W por lo tanto se utilizaran 2 secadoras para cumplir con el requerimiento de potencia solicitado.

3.3.1.4. Diseño electrónico

El diseño electrónico se ha realizado de manera que sea fácil de implementar. El sistema de calefacción se conectará al panel central a través de un módulo de relés, el cual controlará el encendido y apagado del mismo. Un esquema básico de conexión se muestra en la Figura 38.

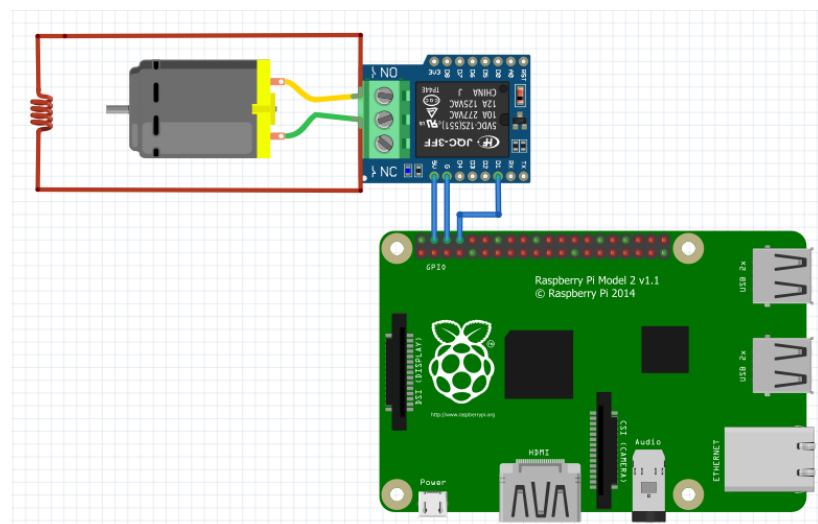


Figura 38 Esquema de conexión del sistema de calentamiento

3.3.2. Subsistema 2. Aire acondicionado

El subsistema de aire acondicionado es el encargado de bajar la temperatura de la cabina para los fenómenos en los que se necesite una temperatura más baja.

3.3.2.1. Alternativas para el diseño

Aire Acondicionado de ventana

El sistema formado por una caja cuadrada contiene todas las partes que conforman un aire acondicionado. Se coloca en la pared del lugar a climatizar de tal forma que una mitad del equipo quede fuera y la otra dentro de la habitación.

Ventajas

- Bajo costo de instalación

- Fácil mantenimiento

Desventajas

- Mayor consumo energético
- Son ruidosos
- Se debe perforar la pared en la que va a estar colocado.

Aire acondicionado split

Al igual que el anterior sistema va colocado en la pared, con la gran diferencia de que no se necesita perforar la pared en gran manera ya que el compresor se lo coloca en la parte exterior y va conectado al resto del sistema mediante tubos.

Ventajas

- Bajos niveles de ruido
- Son estéticos
- Mantenimiento sencillo

Desventajas

- Su instalación es más complicada
- Mayor costo de instalación
- Su instalación se dificulta dependiendo del tipo de pared

Aire acondicionado portátil

Todo el sistema de aire acondicionado esta acoplado una caja con ruedas para que se pueda transportar fácilmente.

Ventajas

- No requiere instalación
- Se transporta con facilidad
- Emite poco ruido

Desventajas

- Son más costosos
- No son muy potentes
- Suelen averiarse con facilidad

Aire acondicionado mediante células de Peltier

Este tipo de aire acondicionado se encuentra formado por células Peltier, las cuales al hacer circular una corriente a través de ellas genera calor en una de sus caras y en la otra frío.

Ventajas

- Fácil implementación
- Bajo costo
- Emite poco ruido

Desventajas

- Sirve para enfriar espacios pequeños.
- El tiempo de enfriamiento dependerá de la potencia del ventilador que use.


3.3.2.2. Evaluación y selección de alternativas

Una vez analizadas las opciones para la realización del sistema de enfriamiento se optó por el sistema de aire acondicionado basado en células de Peltier. La elección se realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es un sistema pequeño y de fácil implementación.
- Al ser el simulador pequeño la capacidad de enfriamiento del sistema es adecuado para cumplir con los requerimientos solicitados.
- No genera ruido en comparación con las otras alternativas.
- Es menos costoso en comparación a los demás sistemas.

Las alternativas más destacadas para células de Peltier se enumeran en la Tabla 13.

Tabla 13:
Alternativas para células Peltier

SOLUCIÓN	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
A Enfriador Termoeléctrico 12705		Costo*: \$4,76
		Potencia: 43 – 49 W
		Delta Tmax: 66 - 75°C
		I _{max} (A): 5.3 – 5.3
		V _{max} (V): 14.2 – 16.2
Módulo de resistencia(Ohms): 2.40 – 2.75		

Continua 



B	Enfriador Termoeléctrico 12706		Costo*: \$4,42
			Potencia: 50 – 57 W
			Delta Tmax: 66 - 75°C
			I _{max} (A): 6.4 – 6.4
			V _{max} (V): 14.4 – 16.4
Módulo de resistencia(Ohms): 1.98 – 2.30			
C	Enfriador Termoeléctrico 12709		Costo*: \$10,20
			Potencia: 85 – 96 W
			Delta Tmax: 66 - 75°C
			I _{max} (A): 10.5 – 10.5
			V _{max} (V): 15.2 – 17.4
Módulo de resistencia(Ohms): 1.08 – 1.24			
*Costo estimado únicamente en tiendas dentro de Colombia			

Tabla 14:
Ponderación de criterios de evaluación para el módulo 1, subsistema 2

Criterio	Consumo Energético	Costos	Disponibilidad	$\sum + 1$	Ponderación
Consumo Energético	-	0,5	0	1,5	0,25
Costos	0,5	-	0	1,5	0,25
Disponibilidad	1	1	-	3	0,50
Suma				6	1,00

Tabla 15:
Ponderación del consumo energético para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.

Consumo Energético	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	1	1	3	0,50
Solución B	0	-	1	2	0,33
Solución C	0	0	-	1	0,17
Suma				6	1

Tabla 16:
Ponderación de costos para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.

Costos	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	1	2	0,33
Solución B	1	-	1	3	0,50
Solución C	0	0	-	1	0,17
Suma				6	1

Tabla 17:

Ponderación de disponibilidad para las alternativas de diseño del módulo 1, subsistema 2.

Disponibilidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	0	1	0,17
Solución B	1	-	1	3	0,50
Solución C	1	0	-	2	0,33
			Suma	6	1

Tabla 18:

Conclusión en la selección de alternativas de diseño para el módulo 1, subsistema 2.

	Consumo Energético	Costos	Disponibilidad	\sum	Prioridad
Solución A	0,5	0,33	0,17	1	33,33
Solución B	0,33	0,5	0,5	1,33	44,33
Solución C	0,17	0,17	0,33	0,67	22,33
			Suma	3	100

La celda que se utilizará para la realización del sistema de enfriamiento será la 12706 cuyas características se exponen en la Tabla 19.

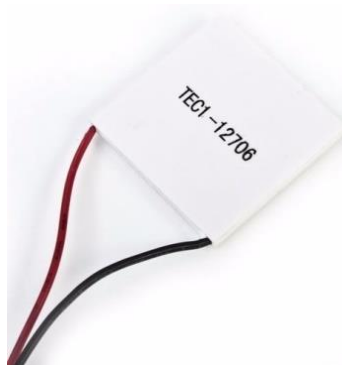


Figura 39 Celda de Peltier

Fuente: (HB Brand Electronic Components, 2016)

Tabla 19:

Características de la Célula Peltier

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (Amps)	6,4	6,4
Vmax (Volts)	14,4	16,4
Module Resistance (Ohms)	1,98	2,30

Fuente: (HB Brand Electronic Components, 2016)

3.3.2.3. Diseño mecánico

Para lograr el objetivo de bajar la temperatura de la cabina es necesario encontrar los BTU's que necesita el sistema, para lo cual se utilizará la ecuación 3.8.

$$C = (230 \times v) + (\#P \times 460) + (PE \times 3,4) \quad (3.8)$$

Dónde:

- 230 es el factor calculado para América Latina “Temperatura máxima de 40°C” dado en BTU/hm³
- #P es el número de personas que ocuparán la cabina
- 460 es el calor debido a las personas tomado de la figura 40
- PE es la potencia de los equipos usados (W)
- 3,4 es la ganancia de calor sensible en BTU/h obtenido de la tabla 20.

Tabla 20:
Ganancia de calor sensible de los equipos

Tipo	Ganancia de calor sensible en BTU/h
Fluorescente	Potencia útil en vatios x 4,1
Incandescente	Potencia útil en vatios x 3,4

Fuente: (Fisicanet, 2007)

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS													
Grados de Actividad	Aplicación Típica	Promedio Metabólico (Hombre Adulto) Btu/h	Promedio Metabólico Ajustado* Btu/h	TEMPERATURA BULBO SECO DE HABITACIÓN									
				82 F		80 F		76 F		75 F		70 F	
				Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h	
				Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en Descanso	Teatro y escuela primaria	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	250	90
Sentado, muy ligero trabajo	Escuela Secundaria	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de Oficina	Oficinas, Hoteles, Apartamentos de Universidad	475	450	180	170	200	250	215	235	245	205	255	165
De Pie, Caminado lento	Minimercados, Tiendas de Variedad	550											
Caminado, y sentado	Parroquias	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
De Pie, Caminado lento	Bancos	550											
Trabajo Sedentario	Restaurante	500	550	190	360	220	330	245	310	280	270	320	230
Trabajo de Mesa suave	Fábricas, trabajo liviano	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Balle Moderado	Pista de Balle	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando, 3 millas por hora	Fábricas, solo trabajo pesado	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Trabajo Pesado	Pista de Bolas, Fábricas	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

* Promedio Metabólico Ajustado para ser aplicado a grupos mixtos de personas con un compuesto típico de porcentaje basado en los siguientes factores:

Promedio Metabólico de Mujeres = Promedio Metabólico de Hombres x 0.85
 Promedio Metabólico de Niños = Promedio Metabólico de Hombres x 0.75

† Restaurantes - El valor de esta aplicación incluye 90 Btu/h por porción de comida individual (30 Btu/h sensible y 30 Btu/h por latente)

‡ Bowling - Asume una persona por pista (jugando bolas y todos los demás sentados, promedio metabólico 400 Btu/h o de pie 550 Btu/h)

Figura 40 Ganancia de calor debido a las personas
 Fuente: Manual Carrier Air Conditioned

Reemplazando valores en la ecuación 3.8.

$$C = (230 \times 3,65) + (2 \times 460) + (100 \times 3,4)$$

$$C = 2099,5 \text{ BTU/h}$$

Una vez obtenidos los BTU se transforman a kilovatios con la fórmula (3.9).

$$P_{kW} = \frac{P_{BTU/h}}{3412,142} \quad (3.9)$$

$$P_{kW} = \frac{2099,5}{3412,142}$$

$$P_{kW} = 0,6153 \text{ kW}$$

$$P_{kW} = 615,3 \text{ W}$$

El sistema necesita 615,3W para lograr enfriar la cabina.

3.3.2.4. Diseño electrónico

Para el sistema de aire acondicionado existen dos circuitos. El circuito que se muestra en la figura 41 a) es el encargado de activar las celdas de Peltier mientras que el circuito mostrado en la figura 41 b) es el encargado de activar los ventiladores, los cuales serán los encargados de expulsar el aire frío en la cabina.

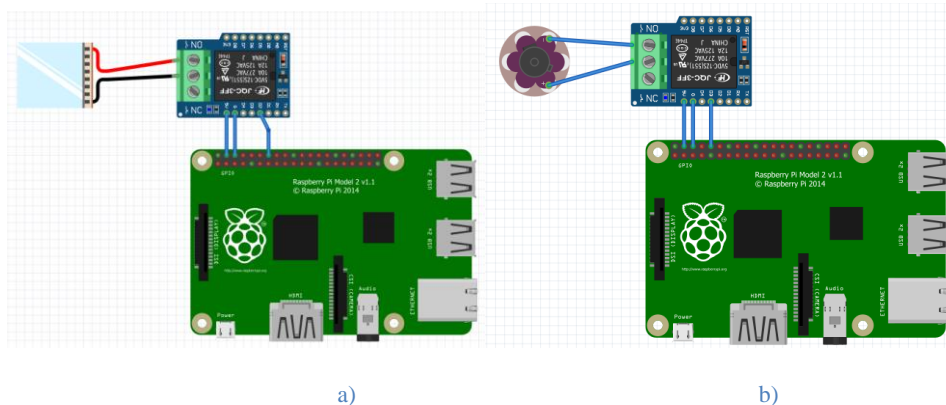


Figura 41 Esquema de conexión sistema de enfriamiento

3.3.3. Sistema de control. Módulo 1

El sistema se lo representará mediante un diagrama de flujo, la activación de los sistemas será controlado por el software de reconocimiento de voz de acuerdo al fenómeno que se reproduzca.

Una vez encendida la cabina, el usuario inicializa la interfaz y selecciona el fenómeno que desea reproducir, una vez que se selecciona el fenómeno se inicializa el reconocimiento de voz el cual comandará todos los actuadores.

Si el fenómeno seleccionado necesita de frío o calor el control se encargará de activar los sistemas por 10 segundos, pasado ese tiempo se desactivarán hasta nueva orden.

El lazo de control se muestra en la Figura 42.

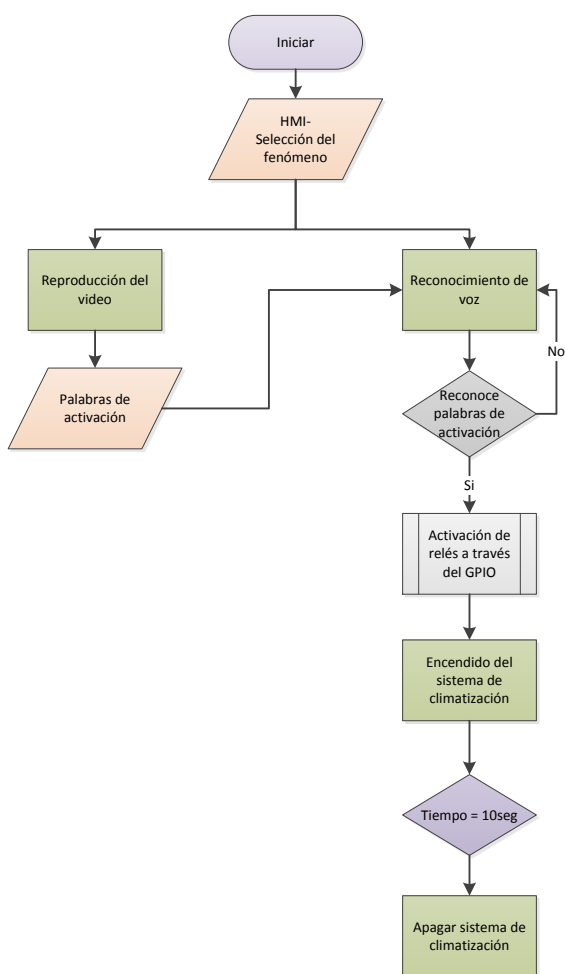


Figura 42 Diagrama de flujo para el funcionamiento del sistema de climatización

3.4. Módulo 2. Dispersión de agua

El módulo es el encargado de dispersar agua en forma de lluvia, lo que permitirá que los niños puedan experimentar de forma más realista el fenómeno que se proyecta.

3.4.1. Alternativas para diseño.

Entre las alternativas para el diseño se encuentran: a) Aspersores y b) Sistema de agua para plumas.

Aspersores

Un aspersor es un dispositivo mecánico que transforma el flujo de un líquido a presión en rocío para fines de riego.

Ventajas

- Fácil mantenimiento.

- Largo alcance de dispersión.

Desventajas

- Necesita recibir un líquido a presión.
- Su instalación es muy compleja.
- Costoso.

Sistema de agua para plumas.

El sistema formado por un tanque reservorio, una bomba de 12V y mangueras, se encarga de lanzar agua al parabrisas del auto. Posee un botón de activación, el cual al ser presionado activa la bomba, la cual bombea el agua a las mangueras para liberar el agua.

Ventajas

- Fácil instalación.
- Fácil mantenimiento.
- No necesita agua a presión.
- Bajo costo.

Desventajas

- La presión de salida del líquido no es tan fuerte.
- Su alcance es más bajo comparado con el sistema de aspersores.

3.4.2. Evaluación y selección de alternativas

Una vez analizadas las dos alternativas se escogió el sistema de agua para plumas debido a los siguientes parámetros:

- Es de fácil manejo e instalación.
- No necesita estar conectado a un suministro de agua, solo necesita tener un reservorio pequeño.
- Bajo consumo energético.



Figura 43 Motor de agua para plumas

El sistema del motor de las plumas que se seleccionó es universal y tiene las siguientes características:

- Bomba de 12V.
- Manguera plástica para distribución de agua.
- Tanque de almacenamiento con capacidad de 1l.
- Accesorios para la conexión de mangueras y conexión eléctrica.

3.4.3. Diseño final

3.4.3.1. Diseño electrónico.

El sistema de dispersión de agua se conectará al sistema central a través de un relé el cual será activado para los fenómenos que posean agua.

La conexión del sistema se muestra en la Figura 44.

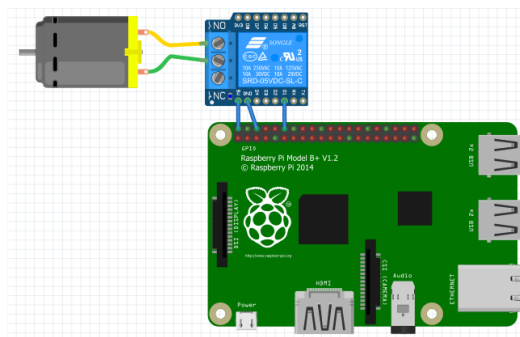


Figura 44 Conexión del sistema de agua

3.4.3.2. Sistema de control

El sistema de control del módulo 2 se encuentra representado en la Figura 45.

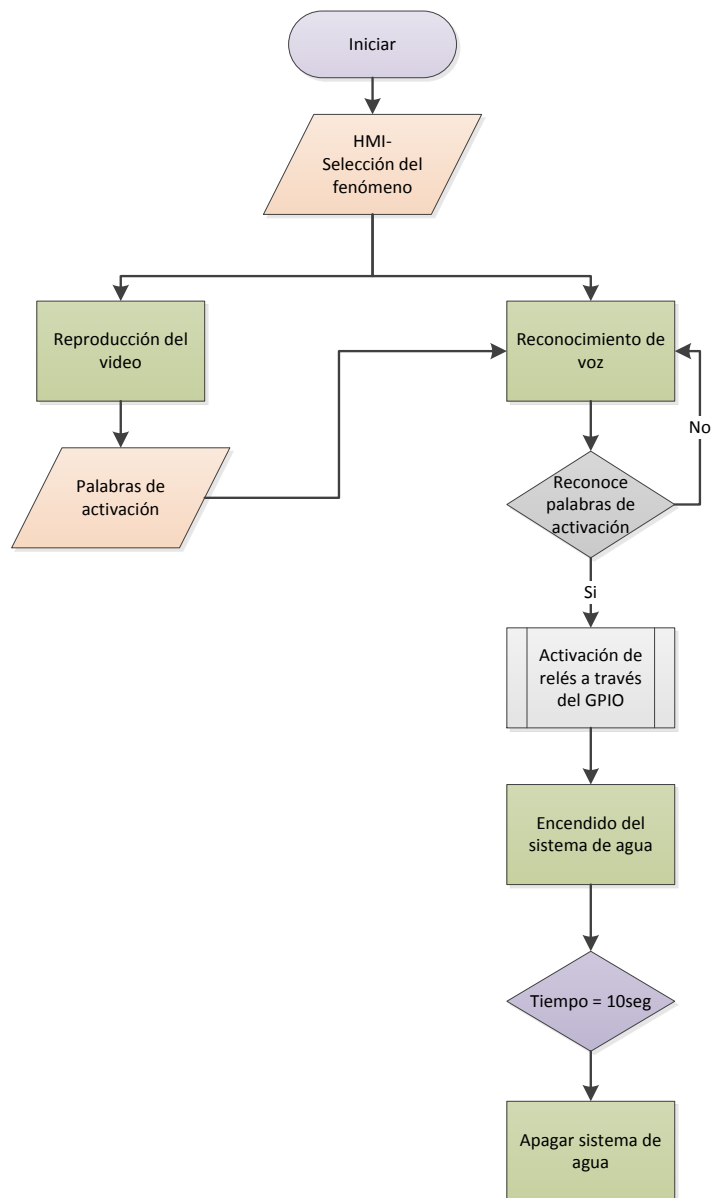


Figura 45 Diagrama de flujo del módulo 2

3.5. Módulo 3. Audio y Video.

3.5.1. Subsistema 1. Sistema de audio.

El sistema se encarga de reproducir el audio que contienen los videos para generar la sensación de un cine tradicional. El sistema debe ser diseñado de tal forma que el espectador sienta que se encuentra viviendo el fenómeno en ese momento.

3.5.1.1. Alternativas para el diseño.

Para el diseño del sistema se optó por colocar parlantes de computador debido a que por el tamaño de la cabina se necesita un nivel de sonido que no afecte el sistema auditivo de los niños.

Es importante ubicar los parlantes de manera correcta para poder recrear de forma eficiente los sonidos del video. Para esto es necesario tener en cuenta ciertos parámetros en cuanto a la distancia y la ubicación del sistema de audio dentro del simulador.

En la Figura 46 se muestra la correcta disposición de los parlantes de un cine en casa, lo cual nos permitirá tener una idea de cómo colocar el sistema de audio en el simulador.

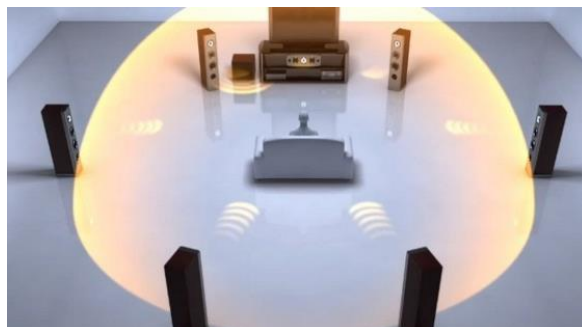


Figura 46 Disposición de parlantes para un cine en casa
Fuente: (Rodríguez P. , 2013)

En el simulador se utilizará un sistema de audio 2.0, es decir, 2 parlantes (derecho e izquierdo) sin subwoofer. Todo el audio será emitido por los dos parlantes, por lo tanto los mismos deben colocarse frente al oyente. Además deberán colocarse aproximadamente a un metro del borde de cada lado de la pantalla de ser posible.

Los parlantes deben ser colocados a la altura de los oídos para generar una sensación más realista del video. También se deben tomar en cuenta los ángulos de incidencia para un mejor sonido, los cuales se muestran en la Figura 47.

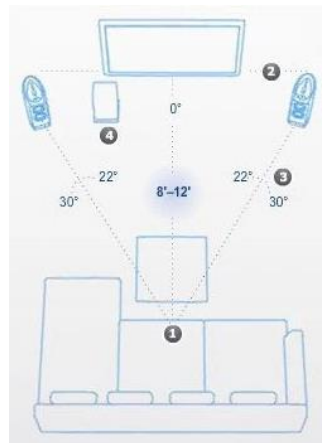


Figura 47 Ángulos para la correcta colocación de los parlantes
Fuente: (Pedra, 2014)

El ángulo que se recomienda para la colocación de los parlantes es de 30°, de esta manera se garantizará que apunten a la mitad del asiento para generar un mejor efecto de sonido.

3.5.1.2. Diseño mecánico

Aislamiento

Para lograr obtener una mejor calidad de sonido se debe aislar por completo la cabina. Para realizar el aislamiento efectivo de audio se deben utilizar materiales con alta densidad (kg/m^3) para oponer masa a la onda acústica.

Los cartones de huevos tienen una densidad baja, debido a que están compuestas por un material poroso, y su masa es escasa, lo que significa que una caja de huevos no tendrá tanta efectividad en detener la energía acústica producida por una onda sonora. Sin embargo, debido a sus propiedades los cartones de huevos pueden comportarse perfectamente como un acondicionador acústico dentro de pequeñas salas, estudios o locutorios, y cabinas de simulación.

El uso de cartones de huevo para el acondicionamiento acústico, no será un aislante tan efectivo como usar láminas acústicas absorbentes, pero sí son mucho más económicas y muy útiles en lugares pequeños.

Potencia que emite el altavoz

La intensidad (I) de la onda a 1m del altavoz es:

$$B_{db} = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (3.10)$$

Reemplazamos valores

$$120 = 10 \times \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \quad (3.11)$$

$$120 = 10 \times \log(I) - 10 \log(10^{-12})$$

$$120 = 10 \times \log(I) + 120$$

$$0 = 10 \times \log(I)$$

$$0 = \log(I)$$

$$I = 1 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

La potencia (P) emitida por el altavoz es:

$$P = 4 \times \pi \times r^2 \times I \quad (3.12)$$

Reemplazamos valores

$$P = 4 \times \pi \times 1^2 \times 1$$

$$P = 12.567 \text{ watt}$$

Nivel de Presión Sonora

$$NPS = 10 \times \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{P_i}{10}} \quad (3.13)$$

$$NPS = 10 \log(10^{\frac{80}{10}} + 10^{\frac{73}{10}} + 10^{\frac{78}{10}} + 10^{\frac{81}{10}} + 10^{\frac{79}{10}} + 10^{\frac{75}{10}} + 10^{\frac{80}{10}} + 10^{\frac{82}{10}} + 10^{\frac{79}{10}} + 10^{\frac{80}{10}})$$

$$NPS = 10 \times 8.133$$

$$NPS = 81.33 \text{ db}$$

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) 85 dB durante un máximo de 8 horas es el nivel máximo de exposición sin riesgos que el ser humano puede asumir. En la cabina el tiempo máximo de permanencia de un usuario será de 12 minutos con lo cual se garantiza que no existirá daño alguno en el sistema auditivo de los niños.

3.5.2. Subsistema 2. Sistema de video.

El sistema se encarga de la proyección de los videos de cada fenómeno para generar una sensación más realista del sistema. Entre las principales opciones se encuentran: a) Televisión b) Monitores de computador

3.5.2.1. Alternativas de diseño.

Televisor

Aparato electrónico destinado a la recepción y reproducción de audio y video. Consta de una pantalla y controles o mandos a distancia.

Ventajas

- Fácil conexión.
- Fácil funcionamiento.
- Audio integrado.
- Variedad de tamaños

Desventajas

- Costo
- Necesita un soporte adecuado para su instalación.

Monitores

Dispositivo de salida que muestra los datos de un computador al usuario, se lo puede usar como pantalla de reproducción de video con la ayuda de unos parlantes.

Ventajas

- Fácil manejo.
- Fácil conexión.
- Ligeros.
- Fácil instalación.
- Bajo costo.

Desventajas

- No posee un sistema de audio incorporado.
- Tamaños pequeños.

3.5.2.2. Evaluación y selección de alternativas.

Para la implementación del sistema de video se optó por colocar 2 monitores de 17". Los factores que llevaron a la elección de la alternativa fueron:

- Fácil instalación.
- No necesita de un sistema de soporte complejo, lo cual permite ahorrar espacio dentro de la cabina.
- Su costo de adquisición es bajo en comparación con un televisor.

Los monitores seleccionados fueron de marca Samsung de 17" cuyas características se mencionan en la Tabla 21.

Tabla 21:
Características de los monitores

Marca	Samsung	Samsung
Modelo	740N	720N
Tamaño	17"	17"
Entrada	VGA	VGA

3.5.2.3. Diseño mecánico

Para poder asegurar el diseño apropiado de un sistema de simulación existen condiciones técnicas que cumplir para la colocación de la pantalla. Dentro de las cuales se encuentran:

- Distancia de visualización.
- Colocación vertical.

Distancia de visualización

Es la distancia adecuada que debe existir entre el espectador y la pantalla en función del tamaño de la misma para asegurar una sensación de inmersión cinematográfica.

Para alcanzar un equilibrio entre la calidad de la imagen e inmersión visual en función del ángulo subtendido, la Twentieth Century Fox evaluó las curvas, de tal forma que encontró el cruce de ambas curvas en 40°. (Caiza, 2013)

En la Figura 48 se muestra el ángulo subtendido óptimo de la pantalla.

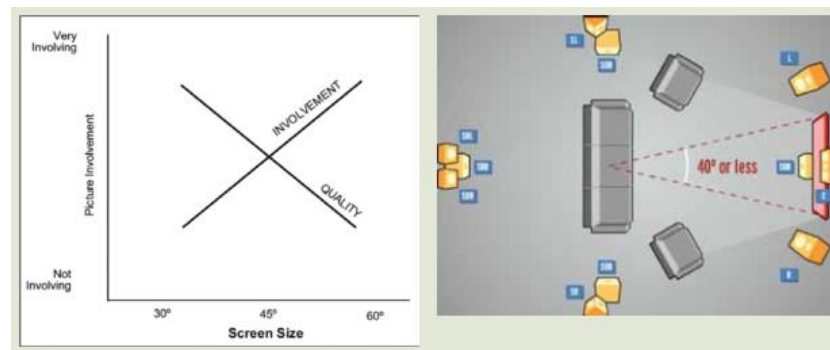


Figura 48 Ángulo subtendido óptimo de pantalla.
Fuente: (Caiza, 2013)

La manera correcta para calcular la distancia óptima que debe existir entre el asiento y la pantalla, según la norma THX se la realiza con la ecuación 3.14.

$$d = D_{tv} / 0.84 \quad [pul] \quad (3-14)$$

Dónde:

D_{tv} → Diagonal de la Tv o monitor [pul]

0.84 → Constante

Reemplazando los valores en la ecuación 3-14 se obtiene:

$$d = 17 / 0.84 \quad [pul]$$

$$d = 20,24 \quad [pul]$$

La distancia óptima entre la pantalla y el asiento (figura 49) es $d = 20,24$ [pul] y en cm $d = 51,41$ [cm]

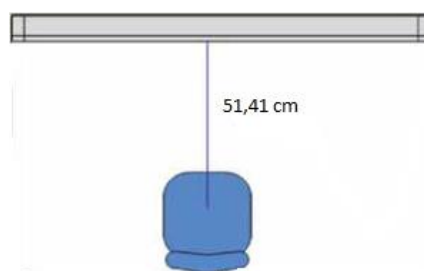


Figura 49 Distancia óptima entre la pantalla y el asiento

Colocación vertical

La norma THX dice que además de tener una distancia adecuada entre la pantalla y el asiento también es necesario tener un ángulo de visión óptimo para el espectador, para lo cual es necesario que la altura de la pantalla sea adecuada de tal forma que el espectador no tenga que mirar hacia arriba más de 15° como se muestra en la Figura 50.

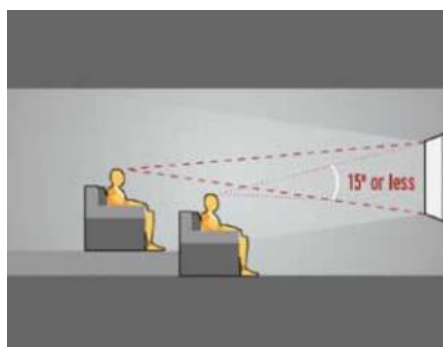


Figura 50 Colocación vertical
Fuente: (Caiza, 2013)

Finalmente la posición de los parlantes y la pantalla se muestra en la figura 51.

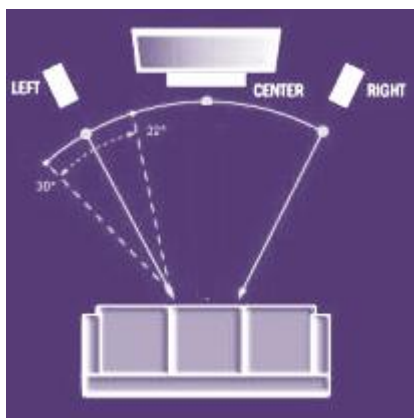


Figura 51 Posición de los parlantes y pantalla

3.6.Módulo 4. Iluminación.

El módulo de iluminación es el encargado del encendido y apagado de las luces tanto al inicio del video como en la simulación de rayos para los fenómenos que así lo requieran.

3.6.1. Alternativas de diseño

Para la implementación del sistema se utilizarán luces led RGB de 12 V, cuyas características se pueden visualizar en la Tabla 22.

Tabla 22:
Características técnicas luces led

Voltaje de entrada	12V DC
Potencia	0,72 W
No. De led	3 unidades 5050 SMD
Color	Blanco
Alto brillo	60-65 LM

Fuente: (SOLLEDS, Inc, 2009)

3.6.2. Diseño mecánico

Es necesario calcular el número de luminarias que pueden existir en cada pared para hacer el sistema más confortable sin afectar la salud visual del usuario según Castilla (Castilla, Blanca, Martinez , & Pastor , 1995)

Flujo luminoso total necesario

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad (3.15)$$

- E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)
- Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)
- S = superficie a iluminar (en m^2).
- C_u = Coeficiente de utilización.
- C_m = Coeficiente de mantenimiento.

Número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} \quad (3.16)$$

- NL = número de luminarias
- Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local
- Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
- n = número de lámparas que tiene la luminaria
- Para el análisis de iluminación de nuestra cabina se tomó en cuenta los siguientes requerimientos:

Nivel de iluminación medio

$$E_m = 500 \text{ (LUX)} \quad (3.17)$$

"Iluminación general (vestibulo)" '100, 200	"Trabajos de excavación" '20
"Marquesina" '500, 300	"Estacionamientos" '50
"Joyería y relojes, manufactura de" '5000, 3000	"Fachadas de edificios y monumentos"
"Residencias"	"Alrededores brillantes"
"Tareas visuales específicas:"	"Superficies claras" '150
"Juegos de mesa" '300, 200	"Superficies medio claras" '200
"Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)" '500, 300	"Superficies medio oscuras" '300
"Lavadero, mesa de planchado" '500, 300	"Superficies oscuras" '500
"Cuarto de estudio (sobre escritorio)" '700, 400	"Alrededores oscuros"
"Costura" '1000, 600	"Superficies claras" '50
"Iluminación General"	"Superficies medio claras" '100
"Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras" '100, 60	"Superficies medio oscuras" '150
"Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego" '100, 60	"Superficies oscuras" '200
"Cocina, lavandería, cuarto de baño" 300, 200	"Ferrocarril, Patios de"
"Restaurantes y cafeterías"	"De recepción" '2
"Area de comedor:"	"Clasificación" '3
"Cajera" '500, 300	"Gasolineras"
"Del tipo íntimo"	"Alrededores brillantes"
"Con ambiente ligero" '100, 60	"Acceso" '30
"Con ambiente acogedor" '30, 30	"Calzada para coches" '50
"Del tipo ordinario"	"Areas bombas de gasolina" '300
"Con ambiente ligero" '300, 200	"Fachadas edificios de vidrio" '300
"Con ambiente acogedor" '150, 100	"Area de servicio" '70
"Cocina:"	"Alrededores oscuros"
"Inspección, etiquetado y precio" '700, 400	"Acceso" '15
"Otras áreas" '300, 200	"Calzada para coches" '15
"Salones de baile" '50, 30	"Areas bombas de gasolina" '200
"Tiendas"	"Fachadas edificio de vidrio" '100
"Areas de circulación" '300, 200	"area de servicio" '30
	"Jardines"

Figura 52 Tabla de iluminación para diferentes tipos de superficies
Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Superficie

- a=0.9 m
- b=1.24 m
- H=1.83 m
- S=1.24x0.9=1.116m

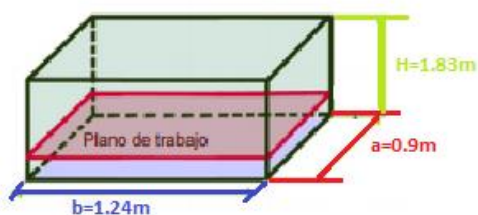


Figura 53 Plano de trabajo
Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Coefficiente de utilización

El coeficiente de utilización, indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo.

Los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas, que son las denominadas tablas del factor de utilización. Dicho coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo.

También, lógicamente, influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones

Cálculo del índice del local (k)

El índice del local (k) se averigua a partir de la geometría del mismo.

a = ancho; b = largo; h = altura

Tabla 23:
Fórmulas para el cálculo del índice del local de acuerdo al sistema de iluminación

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \times a \times b}{2 \times (h + h') \times (a + b)}$

Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} \quad (3.18)$$

$$k = \frac{0.9 \times 1.24}{1.83 \times (0.9 + 1.24)} = 0.2849 = 0.3$$

Tabla 24:
Factor de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1



Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Para el caso del simulador los factores de reflexión serán los indicados en la tabla 25:

Tabla 25:
Factores de reflexión para el simulador

Techo	0.3
Paredes	0.1
Suelo	0.1

Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (%)											
		Factor de reflexión del techo				Factor de reflexión de las paredes							
		0.8	0.7	0.5	0	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0	
 10 %	0.6	30	35	32	38	34	32	36	34	31	33	31	30
	0.8	48	43	40	47	42	40	46	42	39	41	38	37
	1.0	53	49	46	52	48	45	51	47	45	46	44	41
	1.25	58	54	51	57	53	50	55	51	49	50	48	45
	1.5	62	58	54	61	57	54	58	55	52	53	51	48
	2.0	66	62	59	64	61	58	61	59	57	56	55	52
 60 %	2.5	68	65	63	67	64	62	64	61	60	59	57	54
	3.0	70	67	65	69	66	64	65	63	61	60	59	56
	4.0	72	70	68	70	69	67	67	66	64	63	61	58
	5.0	73	71	70	71	70	68	68	67	66	64	63	59

$D_{max} = 1,0 H_{lm}$
 $f_m: .70 \ .75 \ .80$
 H_{lm} : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 54 Factor de utilización

Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Por los datos del simulador se obtiene el valor de $C_u=0.31$

Coeficiente de mantenimiento (Cm)

El coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, se puede tomar los siguientes valores:

Tabla 26;
Coefficiente de mantenimiento

Ambiente	Coefficiente de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: (Castilla, Blanca, Martinez , & Pastor , 1995)

Flujo luminoso total necesario

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad (3.19)$$

$$\Phi_T = \frac{500 \times 1.116}{0.31 \times 0.8} = 2250 \text{ lumenes}$$

- $\Phi_T = 2250$ lúmenes
- Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
- 3 x TP-J3528-60-W 780 lm RE
- n = número de lámparas que tiene la luminaria
- n=3

Número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} \quad (3.20)$$

$$NL = \frac{2250}{3 \times 780} = 0.96 = 1$$

Cálculo del número de luminarias pared

Nivel de iluminación medio

$$E_m = 500 \text{ (LUX)} \quad (3.21)$$

Superficie

$$a = 0.9 \text{ m}$$

$$b=1.83 \text{ m}$$

$$H=1.24 \text{ m}$$

$$S=1.83 \times 0.9=1.647 \text{ m}$$

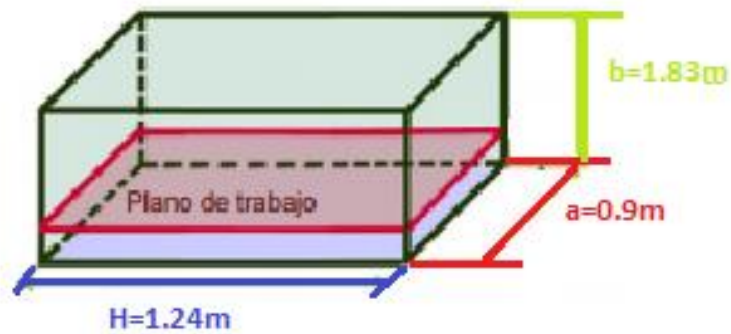


Figura 55 Plano de trabajo

Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Coefficiente de utilización

Calcula el índice del local (k)

a = ancho; b = largo; H = altura

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} \quad (3.22)$$

$$k = \frac{0.9 \times 1.83}{1.24 \times (0.9 + 1.83)} = 0.4865 = 0.5$$

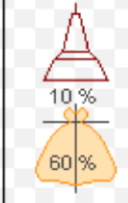
Para el simulador los factores de reflexión serían:

Tabla 27:

Factores de reflexión

Techo	0.3
Paredes	0.1
Suelo	0.1

Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez , & Pastor , 1995)

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8				0.7				0.5			
Factor de reflexión de las paredes													
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
 10 % 60 %	0.6	.30	.35	.32	.38	.34	.32	.30	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
$D_{max} = 1.0 H_m$	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
f_m	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 56 Factor de reflexión de las paredes
Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez, & Pastor, 1995)

Por los datos del simulador se obtiene el valor de $C_u=0.31$

Coefficiente de mantenimiento (C_m)

Para el caso del simulador tenemos el limpio $C_m=0.8$, el valor se lo toma de la tabla 26.

Cálculo del flujo luminoso total necesario

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad (3.23)$$

$$\Phi_T = \frac{500 \times 1.647}{0.31 \times 0.8} = 3320.56 \text{ lumenes}$$

$\Phi_T = 3320.56$ lúmenes

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

3 x TP-J3528-60-W 780 lm RE

n = número de lámparas que tiene la luminaria

n=3

Cálculo del número de luminarias pared

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} \quad (3.24)$$

$$NL = \frac{3320.56}{3 \times 780} = 0.96 = 1.41 = 1$$

3.7. Módulo 5. Movimiento.

El módulo de movimiento se encarga de generar un movimiento que sea capaz de simular un temblor. Sin embargo el movimiento debe ser leve para que los niños no se asusten.

3.7.1. Alternativas de diseño

Entre las alternativas de diseño se encuentran:

- Motor con rueda descentrada
- Pistón neumático
- Pistón hidráulico
- Pistón electrónico

Motor con rueda descentrada

Como su nombre lo dice es un sistema que consiste en colocar una rueda descentrada en el eje del motor lo cual generará vibración.

Ventajas

- Genera mayor grado de vibración
- Mayor eficiencia

Desventajas

- Ruidoso
- Costoso

Pistón neumático

Actuador capaz de transformar energía neumática en movimiento lineal.

Ventajas

- Son muy robustos
- Son muy seguros

Desventajas

- Poco precisos
- Muy ruidosos debido al compresor que utilizan

- Costosos

Pistón hidráulico

Actuador capaz de transformar energía hidráulica en movimiento lineal.

Ventajas

- Robustos
- Pueden soportar grandes cargas
- Son más precisos
- Presentan estabilidad frente a cargas estáticas.

Desventajas

- Costosos
- Necesitan un reservorio del fluido con el que trabajan.
- Necesitan mayor mantenimiento
- Necesitan instalaciones más complicadas

Pistón electrónico

Es un actuador capaz de transformar energía eléctrica en movimiento lineal a través de un motor y un tornillo sin fin.

Ventajas

- Precisión en los movimientos.
- Fácil de instalar.
- Fácil de controlar.
- No necesita mantenimiento continuo.

Desventajas

- Su carrera es muy lenta.
- Tienen una eficiencia del 25%

3.7.2. Evaluación y selección de alternativas

Después de realizar un exhaustivo análisis se decidió seleccionar los pistones eléctricos para la elaboración del debido a los siguientes parámetros:

- Son de fácil implementación.
- Ocupan poco espacio ya que no necesitan sistemas adicionales para su funcionamiento tales como compresores, válvulas de control, entre otros.
- Son fáciles de controlar.
- Su ruido es menor en comparación con un pistón neumático.

3.7.3. Diseño mecánico

Análisis Estructural

Realización del análisis de esfuerzo cortante y momento flector del soporte de los asientos:

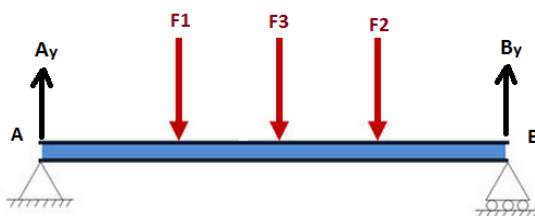


Figura 57 Diagrama de fuerzas aplicadas

Diagrama de cuerpo libre de la estructura:

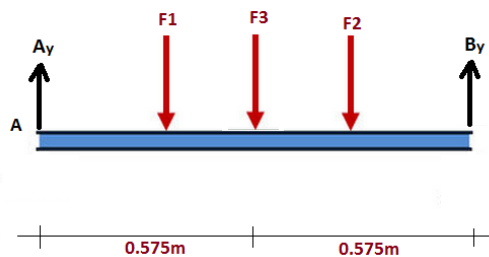


Figura 58 Diagrama de cuerpo libre de la estructura

Cálculo de Reacciones

Datos:

Peso de 1 personas: 60kg

Cálculo de Reacciones

Datos:

Peso de 1 personas: 60kg

Sumatoria de fuerzas en el eje y

$$\sum F_y = 0 \quad (3.25)$$

$$A_y + B_y = F_1 + F_2 + F_3$$

$$A_y + B_y = (60)(9,8) + (60)(9,8) + (20)(9,8)$$

$$A_y + B_y = 588 + 588 + 196$$

$$A_y + B_y = 1372 \text{ N}$$

Sumatoria de momentos en el punto A

$$\sum M_A = 0 \quad (3.26)$$

$$F1(0,288) + F2(0,863) + F3(0,575) - B_y(1,15) = 0$$

$$(588)(0,288) + (588)(0,863) + (196)(0,575) = B_y(1,15)$$

$$169,344 + 507,444 + 112,7 = B_y(1,15)$$

$$B_y = 686,511 \text{ N}$$

Cálculo de reacción Ay

$$A_y + B_y = 1372 \quad (3.27)$$

$$A_y + 686,511 = 1372$$

$$A_y = 685,489 \text{ N}$$

Fuerza cortante

$$V_A = 685,489 \text{ N} \quad (3.28)$$

$$V_{F1} = 685,489 - 588 = 97,489 \text{ N}$$

$$V_{F3} = 97,489 - 196 = -98,511 \text{ N}$$

$$V_{F2} = -98,511 - 588 = -686,511 \text{ N}$$

$$V_B = -686,511 + 686,511 = 0 \text{ N}$$

Momento flector

$$M_A = 0 \text{ Nm} \quad (3.29)$$

$$M_{F1} = (685,489)(0,288) = 197,421 \text{ Nm}$$

$$M_{F3} = (97,489)(0,575) = 225,4 \text{ Nm}$$

$$M_{F2} = 56,056 - ((-98,511)(0,288)) = 197 \text{ Nm}$$

$$M_B = (685,224 - (686,511 * 1,287)) = 0 \text{ Nm}$$

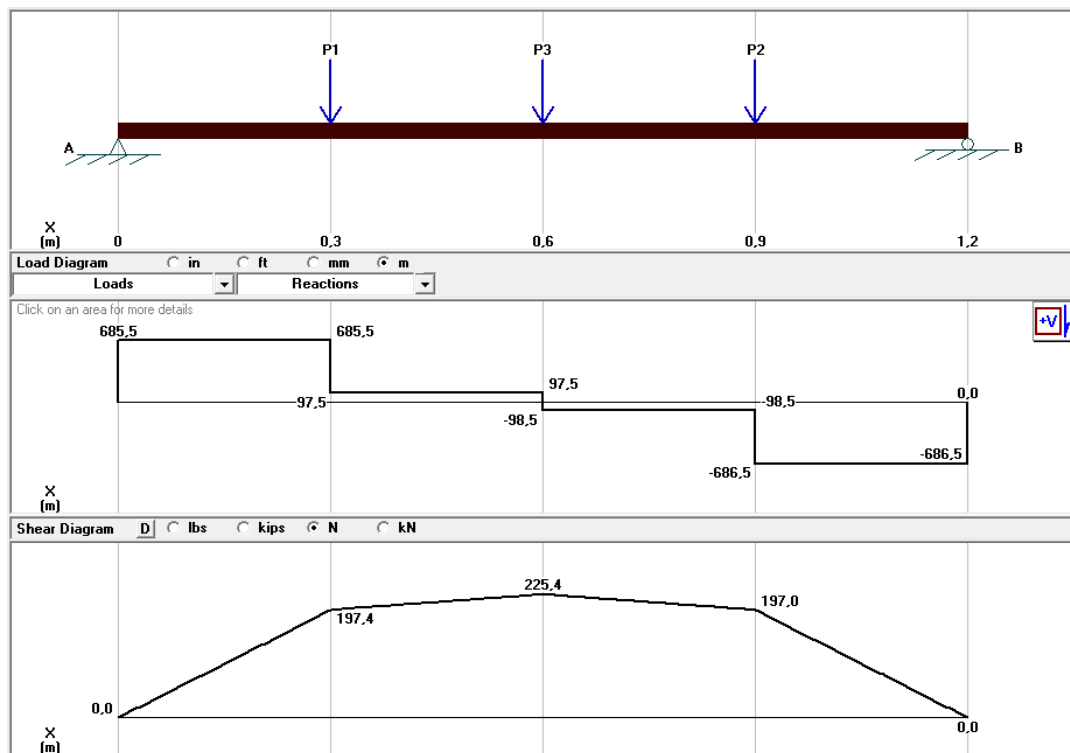


Figura 59 Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Según los diagramas de fuerza cortante y momento flector podemos deducir que la estructura soporta el peso de las cargas.

Cálculos para la selección del pistón

Para la selección de los actuadores lineales es necesario conocer la fuerza que se necesita para levantar el sistema.

$$\text{Fuerza necesaria} = \text{Fuerza del peso} + \text{Fuerza de aceleración} \quad (3.30)$$

$$\text{Fuerza de peso} = m \times g = 60\text{kg} \times 9,81\text{ m/s}^2 = 588,6\text{N}$$

$$\text{Fuerza de aceleración} = m \times a = 60\text{Kg} \times 10\text{ m/s}^2 = 600\text{N}$$

$$\text{Fuerza necesaria} = 588,6 + 600 = 1188,6\text{ N}$$

La fuerza necesaria para levantar la carga es de 1188,6 N y una carrera de 100mm. Con los datos de fuerza y carrera se eligió dos pistones de la marca Eco-Worthy cuyas características se muestran en la tabla 28:

Tabla 28:
Características pistón electrónico

Longitud del émbolo	150mm
Carga máxima	1500N
Carrera	5,7mm/s
Voltaje nominal	12 V
Corriente nominal	3 A
Temperatura de operación	-20°C a 65°C
Ciclo de trabajo	25%
Nivel de ruido	≤50 dB

Fuente: Eco-Worthy, 2016

3.8. Módulo 6. Dispersión de nieve.

El módulo 6 se encargará de dispersar nieve artificial para poder simular una nevada.

Para la elaboración de este módulo se utilizarán 2 ventiladores de computadora ubicados en las paredes laterales de la cabina direccionados en un ángulo de aproximadamente 30°. De esta manera los ventiladores quedarán direccionados hacia los usuarios.

Para la nieve artificial se utilizará poliacrilato de sodio (figura 60), el cual es un polímero cuya principal característica es su capacidad de absorber agua. Razón por la cual se lo conoce como polímero súper absorbente no tóxico.



Figura 60 Nieve artificial creada con poliacrilato de sodio

3.8.1. Diagrama electrónico

Se realizó un diagrama sencillo de la conexión del sistema de dispersión de nieve, el cual está conectado como se muestra en la figura 61.

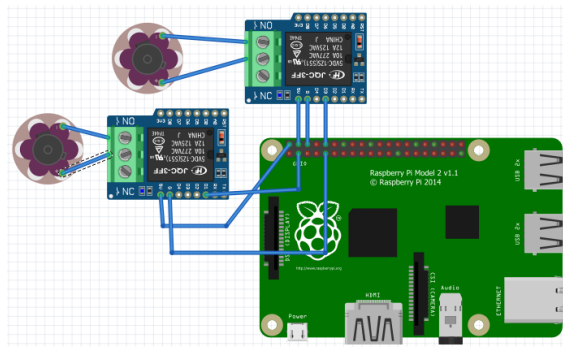


Figura 61 Diagrama de conexión del sistema de nieve

3.8.2. Sistema de control

El sistema de control se encuentra representado en la figura 62.

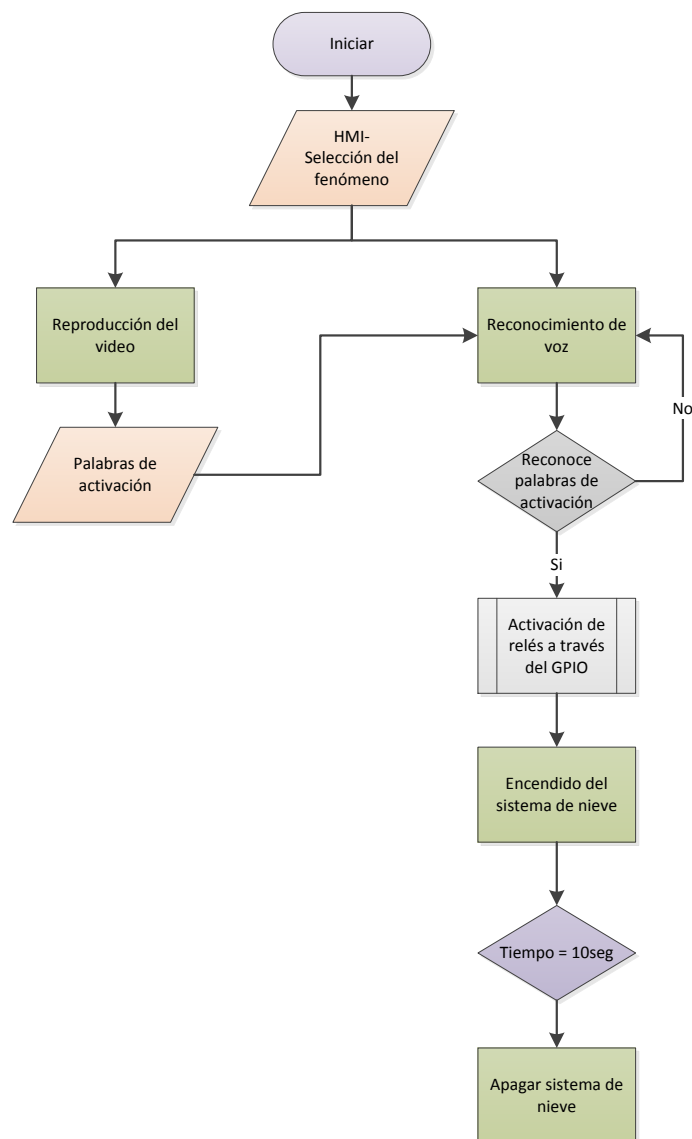


Figura 62 Sistema de control sistema de nieve

3.9. Módulo 7. Dispersión de humo.

Para la realización del sistema se utilizará una máquina de humo (figura 63) la cual será activada mediante el módulo de relés que se encuentra conectado al panel central.



Figura 63 Máquina de humo

3.9.1. Diagrama electrónico

En la figura 64 se puede observar el diagrama de conexión eléctrica entre la máquina de humo y el sistema de control central. En el diagrama el motor representa la máquina de humo ya que en el simulador no existe dicha máquina como tal.

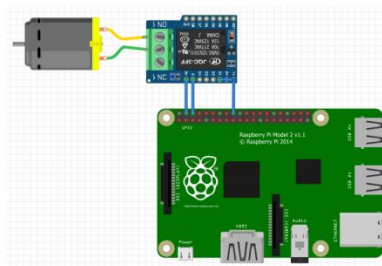


Figura 64 Esquema de conexión de la máquina de humo.

3.9.2. Sistema de control

El sistema de control del módulo 7 se encuentra representado en la figura 65.

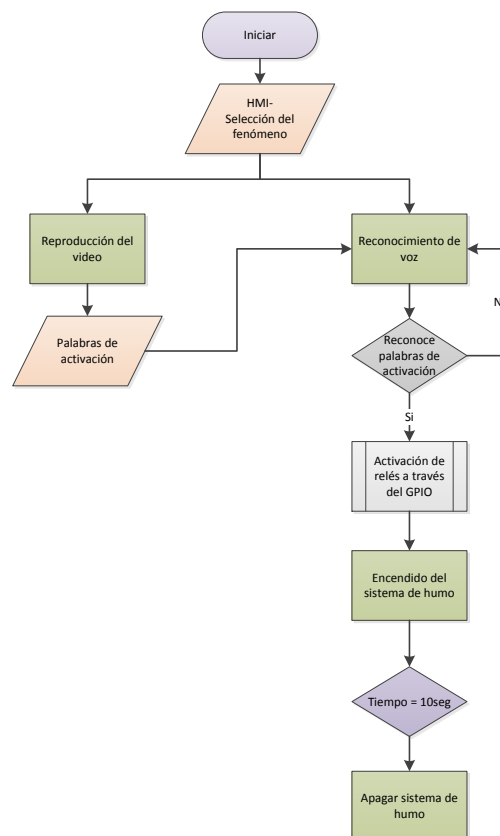


Figura 65 Sistema de control módulo 7

3.10. Módulo 8. Mando y control.

En el módulo 8 se trata todo lo referente al sistema embebido encargado del mando y control del simulador y la interfaz de control para la selección de los fenómenos.

3.10.1. Sistema embebido

Es el encargado de controlar todo el sistema y albergar la interfaz de selección.

3.10.1.1. Alternativas para diseño

Para la implementación del módulo es necesario utilizar un hardware que sea capaz de controlar el sistema en su totalidad. Entre las alternativas para el control se encuentran: a) Raspberry, b) Arduino y c) PCDuino

Raspberry

Es una minicomputadora de bajo costo la cual es completamente funcional, posee un procesador central y una memoria RAM.

Ventajas

- Bajo costo
- Gran flexibilidad de programación
- Cuenta con su propio sistema operativo.
- Alto rendimiento

Desventajas

- Menor cantidad de entradas y salidas
- Baja velocidad de procesamiento en comparación con un computador normal.

Arduino

Es una plataforma electrónica “open source” que cuenta con software y hardware de fácil uso, consiste en una placa con un microcontrolador y una serie de puertos de entrada y salida.

Ventajas

- Fácil implementación.
- Fácil programación.
- Variedad de sensores y dispositivos para su funcionamiento.
- Bajo costo

Desventajas

- No posee salida de audio/video.
- Poco espacio de memoria.

PCduino

Es un sistema embebido que consta de hardware y software libre, basado en un microcontrolador AVR de alto rendimiento. Soporta sistemas operativos Android y Ubuntu. Se puede programar en C, C++, Java, Python, Arduino, entre otros.

Ventajas


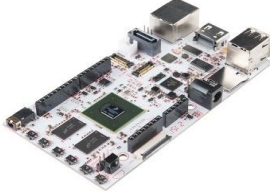

- Soporta sistemas operativos
- Gran número de entradas y salidas.
- Gran capacidad de procesamiento.

Desventajas

- Costo mediano alto.
- Difícil adquisición.

3.10.1.2. Evaluación y selección de alternativas.

Tabla 29
Alternativas para la implementación del módulo 8

SOLUCIÓN	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
A		Costo*: \$41,95
		Procesador Broadcom 900 MHz BCM2836 ARMv7 Quad Core
		1 GB RAM
		27xGPIO, Puerto UART, I2C
B		Sistema operativo: Windows 10, Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux, RISC OS
		Costo*:\$119,95
		Procesador freescale i.MX6 SoC 1.2GHz ARM Cortex A9 Quad Core
		1GB RAM
C		14xGPIO, 2xPWM,&xADC, UART, 1xSPI, I2C
		Sistema operativo: Ubuntu 12.04, Android ICS 4.4
		Costo*: \$69.00
		Microcontrolador ATmega2560 16MHz
		54 digital input/output, 16 analog inputs, 4 UARTs

*Costo estimado en tiendas únicamente dentro de USA

Para la selección del criterio se utilizará el método de criterios ponderados.

Tabla 30:
Ponderación de criterios para la selección de alternativas para el diseño del módulo 8.

Criterio	Costos	Procesador	Flexibilidad	Disponibilidad	$\sum + 1$	Ponderación
Costos	-	1	0,5	0,5	3	0,30
Procesador	0	-	0,5	0,5	2	0,20
Flexibilidad	0,5	0,5	-	0	2	0,20
Disponibilidad	0,5	0,5	1	-	3	0,30
				Suma	10	1

Tabla 31:
Ponderación de costos para las alternativas de diseño del módulo 4

Costos	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0,5	1	2,5	0,42
Solución B	0,5	-	1	2,5	0,42
Solución C	0	0	-	1	0,17
			Suma	6	

Tabla 32:
Ponderación de velocidad del procesador para las alternativas de diseño del módulo 4

Procesador	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0,5	1	2,5	0,42
Solución B	0,5	-	1	2,5	0,42
Solución C	0	0	-	1	0,17
			Suma	6	

Tabla 33:
Ponderación de flexibilidad de operación para las alternativas de diseño del módulo 4

Flexibilidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	0,5	1	2,5	0,42
Solución B	0,5	-	1	2,5	0,42
Solución C	0	0	-	1	0,17
			Suma	6	

Tabla 34:
Ponderación de disponibilidad para las alternativas de diseño del módulo 4

Disponibilidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderación
Solución A	-	1	1	3	0,50
Solución B	0	-	0,5	1,5	0,25
Solución C	0	0,5	-	1,5	0,25
			Suma	6	

Tabla 35:
Conclusión en la selección de alternativas de diseño para el módulo 4

	Costos	Procesador	Flexibilidad	Disponibilidad	\sum	Prioridad
Solución A	0,42	0,42	0,42	0,5	1,76	43,67
Solución B	0,42	0,42	0,42	0,25	1,51	37,47
Solución C	0,17	0,17	0,17	0,25	0,76	18,86
				Suma	4,03	

La solución elegida es la solución A la cual corresponde a la Raspberry Pi 2 Model B, cuyas características se describen en la tabla 36.

Tabla 36:
Características de la placa Raspberry Pi

Raspberry Pi 2 Model B

Procesador Principal	Broadcom 900 Mhz ARMv7 Quad Core
Procesador Gráfico	Broadcom VideoCore IV GPU
RAM	1 GB
Puertos USB	4 puertos USB 2.0 hasta 1,2 A
Multimedia	HDMI, audio via conector 3,5mm, video Raw LCD (DSI)

Continua 

Almacenamiento	Micro SD
Conectividad	10/100 Ethernet (RJ45)
Alimentación	5V – 600 mA; conector micro USB
Periféricos de bajo nivel	27 pines GPIO, UART, I2C, SPI, +3,3V, +5V, GND
Sistema Operativo	Soporta Windows 10, Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux, RISC OS entre otros

3.10.2. Interfaz

La interfaz se encarga de la selección del fenómeno y la ejecución del programa. Se encuentra programa en Python. En la figura 66 se muestra la interfaz utilizada para el simulador.



Figura 66 Diseño de la interfaz para el control del sistema

El diseño de la interfaz fue realizado en el programa TKinter el cual trabaja conjuntamente con Python y Raspberry, la selección del programa se realizó debido a los siguientes parámetros:

- Facilidad de programación
- Compatibilidad con el sistema
- Diversidad de parámetros para la programación
- Fácil manejo y diseño

3.10.3. Diseño final

3.10.3.1. Diseño mecánico

Todos los componentes electrónicos que conforman el sistema de control de la cabina serán colocados en la parte posterior de los monitores, ya que en este lugar existe el espacio suficiente para los circuitos. Además queda lejos de la vista del usuario pero es de fácil acceso en caso de necesitar realizar algún mantenimiento.

3.10.3.2. Diseño electrónico

En la figura 67 se puede observar el diseño electrónico final, el cual está conformado por la unión de todos los sistemas mencionados anteriormente. El control se lo realizará con una Raspberry PI 2 Model B la cual contendrá la interfaz que permitirá seleccionar el fenómeno a reproducir.

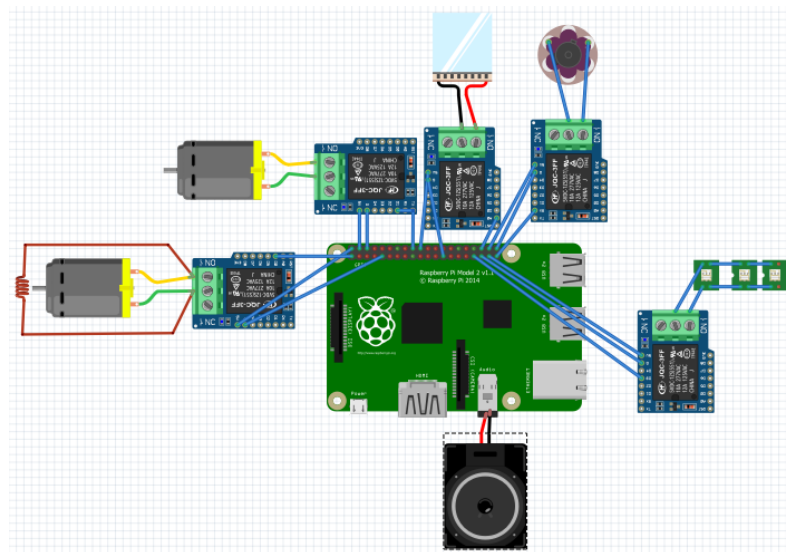


Figura 67 Diagrama de conexión básico

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

4.1.CONSTRUCCIÓN

El capítulo detalla el proceso de construcción y las pruebas realizadas a los diferentes sistemas del simulador. Inicia con la construcción de los elementos mecánicos que son parte de la estructura física del simulador, continuando con la implementación de los actuadores que llevan a cabo el proceso, y la instalación de elementos electrónicos y eléctricos que permiten el control y el funcionamiento.

4.1.1. Construcción de soportes

La fabricación de los elementos se realizó en el laboratorio de Máquinas y Herramientas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El simulador multisensorial de fenómenos naturales consta de varias piezas, entre ellas se encuentran los soportes para monitores, asientos, pistones, secadoras y las gradas utilizadas para subir a la cabina y a los asientos.

En el subsistema de calefacción se encuentran las secadoras de cabello, que están sujetas en la parte inferior mediante un soporte de tubo cuadrado de $25 \times 25 \times 2$ mm y una bisagra, para así evitar el posible ruido y vibraciones que generan las mismas. El soporte de las secadoras de cabello se observa en la Figura 68.



Figura 68 Soporte secadora

En el subsistema de video se sujetan los monitores en la parte frontal del simulador, mediante un soporte soldado de tubo cuadrado de $25 \times 25 \times 2$ mm, con pernos de sujeción. En la Figura 69 se muestra una imagen del soporte de monitores.



Figura 69 Soporte monitores

Los pistones se encuentran sujetos por medio de una estructura de tubo cuadrado de $25 \times 25 \times 2$ mm, para sostener la carga. Consta de rieles que permiten al pistón subir y bajar para cumplir el movimiento deseado, así como el apoyo en la parte posterior del asiento para dar seguridad al usuario en el momento del uso. En la Figura 70 se observa el conjunto que forma el soporte de los pistones.



Figura 70 Soporte pistones

Los procesos realizados en la construcción de las piezas del simulador incluyen corte del tol y del tubo, doblado, taladrado, soldadura e implementación y se pueden observar en el anexo A.

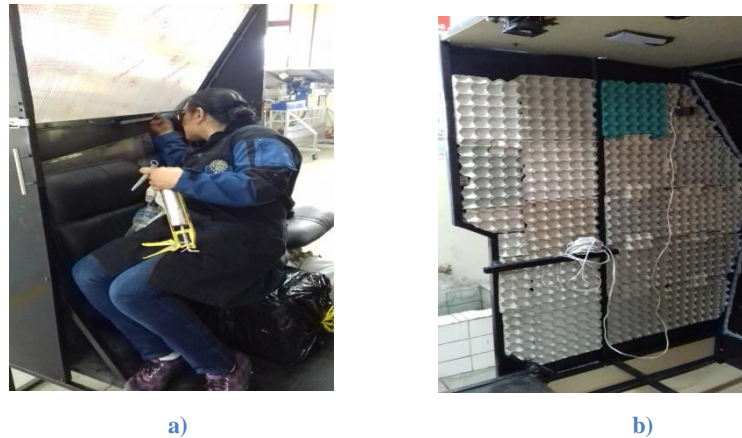
Los planos correspondientes a los elementos manufacturados se encuentran en el anexo B del proyecto.

4.1.2. Sellado de la estructura del simulador

Se utilizó Sika Bond AT-Metal¹ para sellar la estructura y así lograr resistencia contra el ruido y las vibraciones producidas. Además se cubrió las paredes internas del simulador con cubetas de huevo y madera MDF para mejorar la calidad del

¹ (Sika Ecuatoriana SA, 2007)

sonido y con esponja para protección de los niños y mejora de la estética. El proceso de sellado y aislamiento se puede observar en la Figura 71.



a) b)
Figura 71 Sellado y aislamiento de la cabina
 (a) Sellado de estructura, (b) Aislamiento con cubetas de huevo

4.1.3. Implementación del Sistema de Climatización

La función del sistema de climatización tiene como objetivo crear condiciones de aumento y disminución de temperatura para que el usuario se identifique con las características de los fenómenos que se van a reproducir.

En la tabla 37 se encuentran los fenómenos simulados que utilizan el sistema.

Tabla 37:
Fenómenos que utilizan climatización

Climatización		
Efectos	Aire acondicionado	Calefacción
Fenómenos Naturales	Tornado	Erupción
	Inundación	Incendio
	Huracán	
	Nieve	
	Tormenta Eléctrica	

4.1.3.1. Aire acondicionado

En el subsistema se implementaron células de Peltier acompañadas de disipadores de calor de aluminio y ventiladores, el conjunto tiene como finalidad disminuir la temperatura del simulador.

Se encuentra ubicado en la parte superior de la cabina, cubierto con una caja de madera, dicho subsistema permite expulsar el aire para enfriar el simulador. Los componentes del subsistema de aire acondicionado se observan en la figura 72.



a) b)
Figura 72 Construcción e instalación del subsistema de aire acondicionado
 (a) Conjunto de aire acondicionado, (b) Caja de protección del sistema de aire acondicionado

4.1.3.2. Calefacción

El subsistema tiene como objetivo el aumento de temperatura para representar las características de los fenómenos simulados, la implementación se basa en utilizar secadoras de cabello que conectadas con tubos PVC, transmiten el calor hacia la parte superior de la cabina.

Los soportes y secadoras del subsistema de calefacción se observan en la Figura 73



a) b)
Figura 73 Construcción e instalación del subsistema de calefacción
 (a) Secadora y soporte ubicada en el lado derecho de la cabina, (b) Secadora y soporte ubicada en el lado izquierdo de la cabina

4.1.4. Implementación del Sistema de Dispersión de Agua

El sistema se ubica en la parte superior de la cabina y tiene como función el riego de agua hacia los asientos, de modo que simule lluvia en los fenómenos presentados.

En la tabla 38 se detallan los fenómenos naturales que utilizan el sistema de agua.

Tabla 38:
Fenómenos con dispersión de agua

Dispersión de Agua	
Fenómenos Naturales	Tornado
	Inundación
	Huracán
	Oleaje
	Tormenta Eléctrica

El sistema consta de un tanque reservorio de 1litro de capacidad, una bomba de agua de 12V, mangueras y boquillas. El sistema es usado en los automóviles para limpiar los parabrisas.

El funcionamiento del sistema es el siguiente: la bomba presuriza el líquido para permitir que sea expulsado desde la manguera a través de la boquilla logrando que el agua caiga sobre el usuario.

Los componentes del sistema de agua se observan en la figura 74.



a) b)
Figura 74 Conjunto del sistema de agua
(a) Rociador de agua, (b) Depósito de agua con motor-bomba

4.1.5. Implementación del Sistema de Audio y Video

El sistema de audio y video tiene como objetivo la reproducción multimedia necesaria para la simulación de los fenómenos naturales. En la tabla 39 se observan los fenómenos simulados que utilizan el sistema.

Tabla 39:
Fenómenos con sistema de audio y video

Audio y Video		
Fenómenos Naturales	Tornado	Erupción
	Inundación	Incendio
	Huracán	Derrumbe
	Nieve	Terremoto
	Tormenta Eléctrica	Oleaje

4.1.5.1. Audio

El subsistema de audio está relacionado con el sistema video. Se encuentra ubicado en la parte superior central de la cabina, constituido por un grupo de parlantes distribuidos en la cabina, tienen como objetivo mejorar la calidad del sonido. Los componentes del subsistema de audio se observan en la Figura 75.



Figura 75 Instalación del subsistema de audio

4.1.5.2. Video

El subsistema consta de dos monitores de 17". La imagen se genera a través de una placa embebida que se encarga de enviarla a los monitores para ser proyectada.

Los componentes del subsistema de video se observan en la figura 76.



Figura 76 Conjunto del subsistema de video
(a) Monitores implementados, (b) Construcción del soporte de los monitores

4.1.6. Implementación del Sistema de Iluminación

El sistema tiene como objetivo la iluminación de la cabina. El sistema trabaja en dos etapas; la primera etapa funciona cuando se inicia la proyección del video con una duración de 10 seg. La segunda etapa se inicia solo en los fenómenos que poseen rayos, la duración del encendido es de 1seg, para lograr la simulación de un rayo.

En la tabla 40 se mencionan los fenómenos simulados que utilizan el sistema.

Tabla 40:
Fenómenos con sistema de iluminación

Sistema de Iluminación		
Fenómenos Naturales	Tornado	Erupción
	Inundación	Incendio
	Huracán	Derrumbe
	Nieve	Terremoto
	Tormenta Eléctrica	Oleaje

Las luces se ubican en las paredes del simulador y en la parte superior, los cuales se observan en la Figura 77.



a)

b)

Figura 77 Conjunto de sistema de iluminación
(a) Luces ubicadas en la parte superior, (b) Luces ubicadas en la pared

4.1.7. Implementación del Sistema de Movimiento

Para el movimiento de los asientos del simulador se utilizan pistones eléctricos, los cuales cumplen con las especificaciones de diseño solicitadas. En la tabla 41 se observan los fenómenos simulados que utilizan movimiento.

Tabla 41:
Fenómenos con sistema de movimiento

Movimiento	
Fenómenos Naturales	Terremoto
	Deslave
	Oleaje

El sistema de movimiento se observa en la Figura 78.



Figura 78 Sistema de movimiento
 (a) Pistón ubicado bajo los asientos con el soporte, (b) Conjunto general de los asientos

4.1.8. Implementación del Sistema de Dispersión de Nieve

El sistema de dispersión de nieve tiene como objetivo liberar nieve artificial, elaborada con poliacrilato de sodio, desde cajas ubicadas en la parte superior del simulador.

La nieve se propaga al simulador mediante ventiladores, encargados de empujarla hacia los asientos donde se encuentra ubicado el usuario. El sistema de dispersión de nieve se observa en la figura 79.



Figura 79 Instalación del sistema de dispersión de nieve

4.1.9. Implementación del Sistema de Dispersión de humo

La dispersión de humo se realiza a través de una máquina que genera vapor denso cuyo aspecto se asemeja al humo o la niebla. En la tabla 42 se observan los fenómenos que utilizan el sistema.

Tabla 42:
Fenómenos con dispersión de humo

Dispersión de humo	
Fenómenos Naturales	Erupción volcánica Incendio

El objetivo de la dispersión de humo es simular la niebla o la ceniza que se puede producir en los fenómenos simulados. El sistema de dispersión de humo se observa en la Figura 80.



Figura 80 Instalación del sistema de dispersión de humo

4.1.10. Implementación del Sistema de Mando y Control

Interfaz Humano-Máquina

Está desarrollado en el programa Python, donde el usuario es el encargado del control de la plataforma mediante una pantalla touch. Se diseñó una interfaz amigable y fácil de entender, donde se selecciona el fenómeno que se desea reproducir tal como se muestra en la figura 81. Para un mayor entendimiento ver el manual de usuario en el Anexo C.



Figura 81 Interfaz Humano-Máquina para la selección de fenómenos

4.2.PRUEBAS Y RESULTADOS

Se evalúa el funcionamiento, de modo que se realizaron tres pruebas, que aseguran el correcto desempeño del proyecto. La primera evalúa el aislamiento

acústico una vez se han instalado los dispositivos de audio y video. La segunda evalúa el funcionamiento de los pistones acoplados al soporte elaborado. La tercera evalúa el incremento de temperatura que ofrecen las secadoras, así como también la disminución mediante el sistema de aire acondicionado que ofrecen las células de Peltier.

4.2.1. Primera evaluación

El objetivo es comprobar si existe el aislamiento efectivo una vez se han instalado los dispositivos de audio.

Resultados

La evaluación indica que los cartones de huevos se comportan como un acondicionador acústico dentro de la cabina de simulación, debido a sus propiedades. Lo cual se demuestra al medir con un sonómetro el nivel de decibeles antes y después de realizar el acondicionamiento acústico y se expresa en la tabla 43.

Tabla 43:
Medidas de nivel de audio

Nivel de audio					
Número de medidas	1	2	3	4	5
Medida en Db sin aislamiento	93	95	90	94	95
Medida en Db con aislamiento	75	80	73	79	80

El valor promedio de la medida sin aislamiento es de 93,4 db y con aislamiento es de 77,4 db, por lo tanto comparado con el valor calculado en la sección 3.5.1.2., 81,33 db se considera un valor aceptable debido a que la exposición al sonido no es muy extenso en tiempo y no se considera perjudicial para el usuario.

4.2.2. Segunda evaluación

El objetivo es comprobar mediante simulación que la estructura soportará la carga ejercida en la misma.

Resultados

Esta evaluación se realizó mediante simulación estática, la misma que comprueba que la estructura es capaz de soportar las cargas.

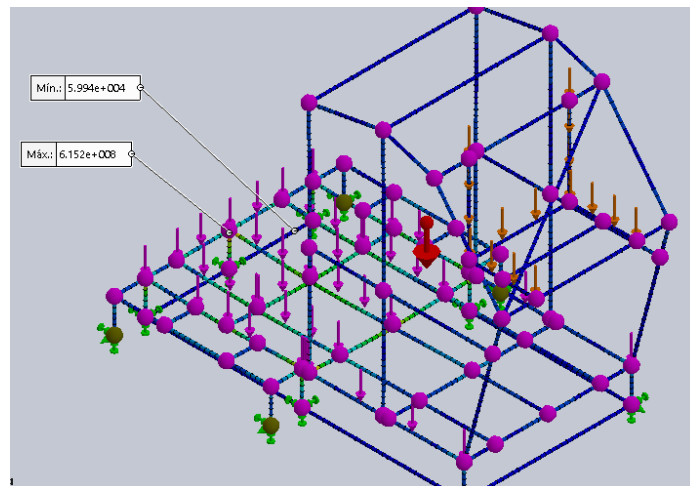


Figura 82 Tensión Máxima

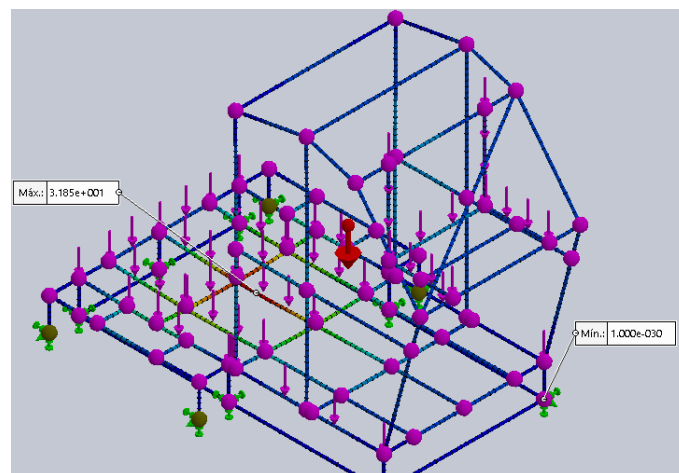


Figura 83 Deformación Máxima

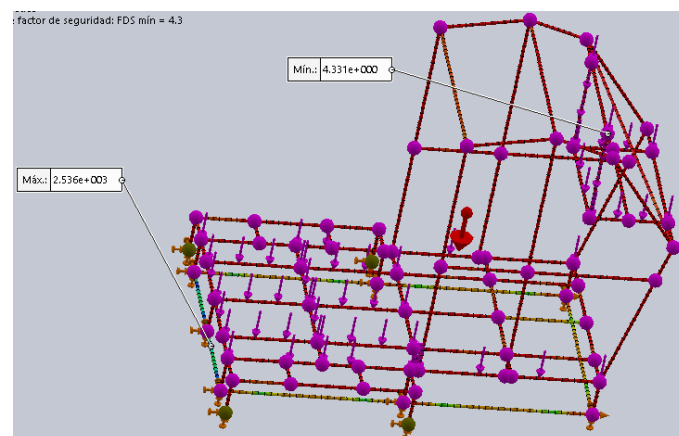


Figura 84 Factor de seguridad

Después de realizar el análisis podemos observar en la figura 82 que el valor de la tensión máxima que debe soportar la estructura se encuentra por debajo del valor del límite elástico, por lo que no existe riesgo de fallo debido a las cargas que va a soportar.

En la figura 83, se observa el valor máximo de deformación, por lo que no existe riesgo de deformación de la estructura. En la figura 84, se observa que el factor de seguridad es mayor a 2, por lo que no existe riesgo de fallo de la estructura.

4.2.3. Tercera evaluación

El objetivo es evaluar el incremento de temperatura que ofrecen las secadoras, así como también la disminución mediante el sistema de aire acondicionado que ofrecen las células de Peltier.

Resultados

a) Subsistema de calefacción

La evaluación está determinada por mediciones de temperatura realizadas en intervalos de tiempo mediante una termocupla, la misma que expresa los resultados mostrados en la tabla 44.

Tabla 44:
Medidas de temperatura

Subsistema de Calefacción					
Número de medidas	1	2	3	4	5
Tiempo (min)	2	3	4	5	6
Temperatura	25	27,5	29	28,3	30

Los datos obtenidos en la tabla 40, son aproximados a los datos calculados en la sección 3.3.1.3, donde se expresa que la temperatura debe subir 2 °C.

b) Subsistema de aire acondicionado

También se realizaron mediciones de temperatura, para comprobar la disminución en ciertos intervalos de tiempo, se expresan los resultados en la tabla 41.

Tabla 45:
Medidas de temperatura

Sistema de Aire Acondicionado					
Número de medidas	1	2	3	4	5
Temperatura °C	24,5	24	23	23,3	22
Tiempo (min)	1,5	3,6	6	9,3	12,2

Los datos obtenidos de la tabla indican que se el sistema cumple con el objetivo de disminuir la temperatura 2°C según lo establecido en la sección 3.3.1.4.

Una vez realizadas las pruebas del sistema de climatización se puede concluir que el sistema cumple con los objetivos planteados tanto en la disminución como en el aumento de la temperatura, además al analizar las tablas de resultados se puede observar que las variaciones de temperatura se encuentran dentro de los rangos establecidos para lograr un confort térmico, dicho rango se encuentra establecido entre 17 y 30°C aproximadamente.

4.3.RESUMEN

- La construcción de los soportes estructurales incluyen corte del tol y del tubo, doblado, taladrado, soldadura e implementación.
- Se realiza el sellado en la estructura para evitar vibraciones. Se adapta a la estructura las cubetas de huevo, así como madera MDF y esponja para aislar sonido. Luego, se realiza la implementación de todos los componentes en la estructura.
- Las pruebas de funcionamiento se realizan en tres etapas. La primera comprueba que existe aislamiento una vez se han instalado los dispositivos de audio. La segunda evalúa mediante simulación que la estructura soporta la carga ejercida en la misma. La tercera evalúa el incremento de temperatura que ofrecen las secadoras, así como también la disminución mediante el sistema de aire acondicionado que ofrecen las células de Peltier.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El capítulo expone las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron del proyecto. También, abarcan las futuras líneas de investigación que se plantean a partir de las incógnitas generadas en la elaboración del trabajo.

5.1. Conclusiones

- Se diseñó y construyó un simulador multisensorial de fenómenos naturales el cual es capaz de simular 10 fenómenos, entre los cuales se encuentran erupción volcánica, inundación, tornado, huracán, tormenta eléctrica, terremotos, incendios, derrumbes, oleaje y nevadas. Cuenta con una capacidad para 2 personas y está basada en software libre.
- Mediante investigación se recopiló información acerca de los métodos de enseñanza y los recursos tecnológicos existentes que permiten facilitar la educación de los niños con discapacidades. Con dicha información, se procedió a diseñar un sistema que permita ayudar en el aprendizaje de los niños mediante la reproducción de eventos que los familiaricen con los fenómenos y les permitan conocer las medidas que deben tomarse en caso de una emergencia a causa de un fenómeno natural.
- Se realizaron los respectivos análisis y diseños para la construcción de un sistema confortable, el cual se encuentra dentro de los rangos de temperatura (17-30°C) establecidos para generar un confort térmico, garantizando que el usuario disfrute de la proyección, al mismo tiempo que va socializando los conceptos presentados en el sistema.
- Una vez realizadas las pruebas del sistema de climatización se puede concluir que el sistema cumple con los objetivos planteados tanto en la disminución como en el aumento de la temperatura ($\pm 2^\circ\text{C}$). Además, al analizar las tablas de resultados se puede observar que las variaciones de temperatura se encuentran dentro de los rangos establecidos para lograr un confort térmico, dicho rango se encuentra establecido entre 17 y 30°C aproximadamente.

- Se cuenta con la traducción simultánea de los videos a lenguaje de señas para que las personas con discapacidad auditiva puedan comprender lo que se está proyectando.
- El sistema se encuentra comandado en su totalidad por un sistema embebido (Raspberry Pi 2 Model B) el cual mediante un control ONN/OFF activa y desactiva los actuadores de acuerdo al fenómeno que se simule. Los componentes utilizados son: 1 Shield Monster Driver – Puente H de potencia, 2 módulos de relés de 8 relés cada uno, celdas de Peltier, 6 ventiladores de computador de 12V, 2 secadoras profesionales de 1800W de potencia cada una, 2 pistones eléctricos, 2 monitores Samsung de 17", una bomba de agua de 12V y un sistema de audio.
- El HMI fue programado en Python, el cual es compatible con el sistema operativo Raspbian, el diseño de la interfaz fue realizado en Tkinter el cual es un paquete que viene incluido en el software de programación Python. Se escogió dicho software debido a la facilidad de programación. Además, el software permite crear una interfaz que sea amigable con el usuario haciendo que el sistema sea de fácil comprensión y manejo.
- Se ha evaluado cada etapa de la construcción mediante 3 evaluaciones, en la primera evaluación se probó el aislamiento acústico del sistema mediante la utilización de un sonómetro obteniendo una reducción del nivel de audio en 16 Db con lo cual se comprueba que el aislamiento realizado funciona adecuadamente.
- En la segunda evaluación se comprobó mediante simulación que la estructura diseñada soportará las cargas aplicadas, gracias a la utilización de un software CAM se calculó el factor de seguridad del sistema el cual posee un valor de 4 con lo cual se comprueba que el sistema no va a fallar.
- En la tercera evaluación, se comprobó mediante la medición de temperatura con la ayuda de termocuplas, el funcionamiento del sistema de climatización obteniéndose temperaturas de 24,5°C (mínima) y 30°C (máxima). Dichos valores se encuentran dentro del rango conocido como confort térmico el cual permite a una persona sentirse cómoda en un espacio cerrado.

- Económicamente la construcción en masa de un sistema que posea las características del simulador no es viable debido a que existen muchas consideraciones que se deben tomar en cuenta tales como el diseño de cada uno de los subsistemas ya que para cada subsistema se necesita de una persona especializada para su elaboración.

5.2.Recomendaciones

- El diseño modular del sistema lo hace totalmente flexible y adaptable permitiendo desarrollar nuevos módulos y componentes para mejorar el funcionamiento del sistema. Se pueden crear nuevos módulos que permitan realizar un mayor número de simulaciones de las ya establecidas, tales como temas de historia o geografía que permitan ayudar de mejor manera la capacidad de aprendizaje y discernimiento en los niños.
- El sistema necesariamente debe tener una tercera etapa de desarrollo para que sea completamente automatizado. En dicha etapa se recomienda automatizar la apertura y cierre del sistema así como mejorar el sistema de movimiento para generar una sensación aún más realista dentro del simulador. También se puede mejorar tanto el sistema de audio como el de video para obtener una calidad visual y auditiva mucho mejor.
- Para la mejora del audio se puede realizar una remasterización de los videos para que el sonido de los mismos se divida en varios canales, de tal manera puedan distribuirse en los parlantes permitiendo obtener un sonido envolvente al igual que en los cines. Además se pueden incorporar bajos, subwoofers y twiters, para crear mejores efectos de sonido.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, N. S., & Cando, E. V. (2015). *Reingeniería para el diseño e implementación de un sistema electrónico con interface a pc para automatizar una máquina de escribir braille*. Sangolquí.
- Bécares, B. (30 de Septiembre de 2014). *Silicon Week*. Recuperado el 17 de Junio de 2016, de <http://www.siliconweek.com>
- Benavidez, B. (2015). Construcción de la parte estructural para una cabina de simulación. Quito.
- Cagen, K. (12 de Noviembre de 2014). *Harvard*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, de <http://www.seas.harvard.edu>
- Caiza, J. P. (2013). *Diseño de una cabina con sonido envolvente para aplicaciones de entretenimiento audiovisual*. Quito.
- Castilla, N., Blanca, V., Martinez , A., & Pastor , R. (1995). *Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes*. Valencia, España.
- Castillo, C., & Díaz, A. (2015). *Sistema embebido de un audífono inteligente para personas con discapacidad auditiva a través de sensores neurológicos*. Sangolquí.
- Cazar, D. R. (23 de 11 de 2014). *ICEVI*. Recuperado el 28 de 12 de 2015, de ICEVI: <http://icevi.org>
- CONADIS. (2013). *Agenda nacional para la igualdad en discapacidades*. Obtenido de Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo: <http://www.planificacion.gob.ec>
- CONADIS. (2016). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Recuperado el 30 de 07 de 2015, de CONADIS: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec>
- Corbí, D. (2013). Diseño y acondicionamiento acústico de la sala de grabación musical de Basic Productions en Valencia. Valencia, España.
- Davis, P., & Hopwood, V. (2002). Including Children with a Visual Impairment in the mainstream primary school classroom. *Journal of Research in Special Educational Needs*.
- Davis, P., Florian, L., Ainscow, M., Dyson, A., Farrell, P., Hick, P., . . . Reason, R. (2003). Teaching Strategies and Approaches for Pupils with Special Educational Needs: A Scoping Study.

- Educate especial. (2010). *Educación especial y recursos educativos*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <https://susanfain.wordpress.com/psicomotricidad>
- Everman, G., Gales, M., Hain, T., Kershaw, D., Liu, X., Moore, G., & Woodland, P. (1997). *The HTK book* (Vol. 2). Cambridge: Entropic Cambridge Research Laboratory.
- Fisicanet. (2007). Acondicionamiento ambiental.
- Gaona, J. (2015). *Presentación de discapacidades*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de Ministerio de Salud Pública: <https://public.tableau.com/profile/javier.gaona#!/vizhome/DICAPACIDADESECUADOR/Descapacidades>
- González, C., & Ferrando, R. (2006). Instalaciones de climatización y ventilación.
- HB Brand Electronic Components. (2016). Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de <http://www.hebeiltd.com.cn>
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. México: Prentice Hall.
- INSOR. (2000). *Instituto Nacional para Sordos*. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de <http://insor.gov.co>
- Interactive Solutions, Inc (ISI). (1999). *icomunicator*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, de <http://www.icommunicator.com>
- Iowa State University. (7 de Agosto de 2014). *News Service*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.news.iastate.edu>
- Jurafsky, D. and James, H. (2008). *Speech and Language Processing*. Prentice Hall.
- Juwei. (2016). *Scale Model*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://es.made-in-china.com>
- Klibanski, M. (2105). *Educar*. Obtenido de <http://www.educ.a>
- LANDER. (2016). *Simulation and trainig solutions*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.landersistimulation.com>
- Laplace, P. S. (1812). *Théorie analytique des probabilités*. Paris.
- Marroco, A. (24 de Febrero de 2012). *ABC Tecnología*.
- Massachusetts Institute of Technology. (10 de Marzo de 2015). *MIT News*. Recuperado el 14 de 08 de 2016, de <http://news.mit.edu>

- Minchala, F. (2016). *El Tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com.ec/>
- Moya García, E. (Abril de 2011). Entrenamiento dinámico de modelos acústicos de reconocedores de voz para los corpora en español de México: DIMEx100 niños y adultos. Oaxaca, Huajuapán de León, México.
- Nakajima, S. (11 de Octubre de 2009). Concept of a novel Four-wheel-type mobile robot for rough terrain. St. Louis, USA.
- OMS. (2016). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de <http://www.who.int>
- ONCE. (2016). Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille>
- ONU. (2006). *Convención sobre los Derechos de las personas con discapacidad*.
- Orbe, L., & Zurita, V. (2015). *Implementación de un sistema de conversión de audio a texto en tiempo real para personas con discapacidad auditiva*. Sangolquí.
- Oregon State University. (2016). *Wave Research Laboratory*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://wave.oregonstate.edu/>
- Ortega, C. (29 de Octubre de 2013). *Young marketing*. Recuperado el 14 de Julio de 2016
- Oxford. (2016). Obtenido de <http://www.oxforddictionaries.com>
- Pascual, J. A. (2 de Febrero de 2015). *Computer Hoy*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, de <http://www.computerhoy.com>
- Pedra, M. (2014). Obtenido de <http://www.marcelopedra.com.ar>
- Rabiner, L., & Binn, H. J. (1993). *Fundamentals of speech recognition*. New Jersey: Prentice-Hall PTR.
- Riba Romeva, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: Edicions UPC.
- Roca Nonell, A. (2014). Controlador de dispositivos por reconocimiento de voz. Barcelona, España.
- Rodríguez, J. F. (10 de Octubre de 2010). *Recursos en Web*. Obtenido de <http://recursosenweb.com>
- Rodríguez, P. (2013). *Cine en casa*. Obtenido de <http://www.xataka.com>

- Samaniego, R. G. (2007). *Diseño e implementación de un prototipo basado en la tecnología RFID para la identificación de objetos de uso común dirigido a personas con discapacidad visual*. Sangolquí.
- Shilkrot, R., Huber, J., Ee Wong, M., Maes, P., & Nanayakkara, S. (2015). FingerReader: A Wearable Device to Explore Printed Text on the Go. *Association for Computing Machinery (ACM)*.
- Sika Ecuatoriana SA. (01 de Enero de 2007). *Espumas expandibles | Sika Ecuatoriana S.A.* Obtenido de Espumas expandibles | Sika Ecuatoriana S.A.: http://ecu.sika.com/es/solutions_products/productos-sika-construccion/productos-para-sellado/02a008sa07.html
- SOLLEDS, Inc. (2009). 505 White led PKG Specification Sheet.
- Sordos Ecuador. (2015). Obtenido de <http://www.sordosecuador.com/lenguaje-de-senas-guia-basica/>
- Sport Land. (2000). *Sport Land*. Recuperado el 17 de Junio de 2016, de <http://sportland.com>
- Turbo Power INC. (2016). Recuperado el 27 de Agosto de 2016, de <http://turbopowerinc.com/dryers/twinturbo-2600/>
- UC San Diego. (14 de Agosto de 2013). *UC San Diego News Center*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://ucsdnews.ucsd.edu/>
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2012). *Diseño y desarrollo de productos*. México: Mc Graw Hill.
- UNESCO. (2000). *Desarrollando el aprendizaje y la participación en las escuelas*.
- Universidad Internacional de Valencia. (10 de Agosto de 2016). *VIU*. Obtenido de <http://www.viu.es>
- Virginia Tech. (2007). *Virginia Tech*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, de <https://www.vtnews.edu>
- Webster, A., & Roe, J. (1998). *Children with Visual Impairments*. Londres, Routledge.
- Wilson, R. A. (1998). *Special Educational Needs in the early Years*. Routledge, Londres.