

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**ESPACIOS PERSONALES DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL
COMO APOYO PARA PREVENIR O RETARDAR LA APARICIÓN DE LA
DISCAPACIDAD COGNITIVA**

TESIS

que presenta para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS**

Raúl Casillas Figueroa

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALBERTO LEOPOLDO MORÁN Y SOLARES

CO-DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA VICTORIA MEZA KUBO

ENSENADA, B. C.

OCTUBRE DE 2021.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA

Espacios personales de estimulación multisensorial como apoyo para prevenir o retardar la aparición de la discapacidad cognitiva

TESIS

Que presenta para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS

Raúl Casillas Figueroa

Aprobada por:

Dr. Alberto Leopoldo Morán y
Solares
Director de tesis

Dra. María Victoria Meza Kubo
Co-Directora de tesis

Dra. Eloísa del Carmen García
Canseco
Miembro del comité

Dr. Christian Oswaldo Acosta
Quiroz
Miembro del comité

Dra. Cristina Ramírez Fernández
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Octubre de 2021.

Dedicatoria

A mi esposa Flor.

A mis padres, Lourdes y Pedro[†].

A mis amigos y familiares.

A mis asesores de tesis.

Agradecimientos

A Dios, por darme salud, una hermosa familia, y permitirme llegar a este momento en mi vida.

A mi esposa Flor, por todo su amor, apoyo y comprensión durante toda esta etapa.

A mis padres, hermanos, suegros, cuñados y sobrinos, por su apoyo incondicional.

A mis directores de tesis, Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares y la Dra. María Victoria Meza Kubo, por todos sus consejos y palabras de apoyo tanto en la parte académica como en la personal, las cuales guiaron y facilitaron el camino durante mis estudios. Muchas gracias por su amistad.

A los miembros de mi comité de tesis Dra. Cristina Ramírez Fernández, Dr. Christian Oswaldo Acosta Quiroz, y a la Dra. Eloísa del Carmen García Canseco, porque en cada uno de mis avances retroalimentaron y guiaron el trabajo, lo que contribuyó al desarrollo de esta tesis.

Al personal y pacientes de los Centros de Rehabilitación Integral (CRI) de Ensenada y Tijuana, así como al de la Unidad Básica de Rehabilitación (UBR) San Quintín. Por permitir realizar estudios de observación en sus unidades, así como su importante aportación en la parte práctica de este trabajo de tesis. En especial al Psic. Manuel Antonio Hernández Saijas.

A los estudiantes de SS de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la UABC, así como los del Instituto Tecnológico de Ensenada. A ellos por su invaluable apoyo en el desarrollo de los diferentes prototipos durante la investigación de tesis.

Al Laboratorio de Procesamiento de Bioseñales y Computación Médica del Departamento de Ciencias Computacionales del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), por la oportunidad de realizar dos estancias académicas durante mis estudios. En especial al Dr. Felipe Orihuela Espina y al Dr. Samuel Montero Hernández, por sus enseñanzas y aportaciones a la evaluación realizada con fNIRS en esta tesis.

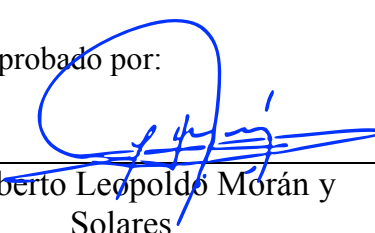
A la Dra. María del Pilar Gómez Gil, al Dr. Carlos Alberto Reyes García, a los estudiantes Francisco Javier, Ingrid y Eduardo por su colaboración para conseguir participantes para la evaluación con fNIRS.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para realizar mis estudios de doctorado.


RESUMEN de la tesis de Raúl Casillas Figueroa, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de DOCTOR EN CIENCIAS. Ensenada Baja California, México. Octubre de 2021.

**ESPACIOS PERSONALES DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL
COMO APOYO PARA PREVENIR O RETARDAR LA APARICIÓN DE LA
DISCAPACIDAD COGNITIVA**

Resumen aprobado por:



Dr. Alberto Leopoldo Morán y
Solares
Director de tesis



Dra. María Victoria Meza Kubo
Co-Directora de tesis

Los avances recientes de la tecnología han permitido la creación de herramientas para apoyar programas de rehabilitación de personas con discapacidad. Además, la rehabilitación asistida por computadora ha cobrado un especial interés, debido al cada vez más frecuente y generalizado uso de las computadoras e Internet en consultorios médicos y clínicas.

Sin embargo, el diseño de herramientas de apoyo para brindar terapia de estimulación multisensorial a pacientes con discapacidad cognitiva o intelectual, no es una tarea sencilla. La discapacidad intelectual engloba condiciones como el trastorno del espectro autista, lesiones cerebrales y parálisis cerebral, entre otras, por lo que se debe considerar que cada paciente tiene características específicas (perfil sensorial) que se deben considerar al momento de diseñar su programa de terapia (dieta sensorial).

Esto complica el desarrollo de herramientas tecnológicas para apoyar la rehabilitación de estos pacientes, las cuales deben considerar tanto el perfil sensorial como la dieta sensorial de cada uno de ellos. Además, desde un punto de vista de desarrollo tecnológico, en la literatura no fue posible identificar una base de conocimiento que permita comprender la terapia de estimulación multisensorial ni las necesidades de los pacientes que la requieren como parte de su rehabilitación.

De esta forma, la principal aportación de esta tesis consiste en la propuesta de un *Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial (DSS-PS4MS)*.

El modelo se compone 4 elementos principales:

1. El concepto de un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial (PS4MS) que establece la forma general y el objetivo del mismo.

2. Un conjunto de características de diseño propuestas para el PS4MS, con las cuales es posible diseñar e implementar los componentes de software y elementos del espacio.
3. Tres principios de diseño para programar y entregar una dieta sensorial a un paciente con discapacidad intelectual, con los cuales se posibilita personalizar una dieta sensorial a través del PS4MS.
4. Un espacio de diseño complementario a los principios de diseño propuestos para su implementación y la personalización de la dieta sensorial.

La validación del modelo se realizó en un proceso de tres pasos. El primero consistió en recolectar información de la literatura y de estudios cualitativos y construir una ontología compuesta por 22 clases y sus relaciones. Esta fue validada por 12 expertos del área, quienes determinaron que: i) el nivel de comprensión del proceso de la terapia de estimulación multisensorial fue el adecuado, ii) la ontología propuesta es una buena representación de la misma, y iii) los usuarios no expertos del área podrían comprenderla de manera adecuada.

El segundo paso consistió en dar el modelo como base a un grupo de desarrolladores para crear prototipos que probaran el concepto. De este proceso resultaron tres dispositivos: Galaxy, ReminiScentia y el Cubo Interactivo, los que en conjunto pueden estimular la vista, el oído, el tacto y el olfato.

El tercer paso consistió en verificar con uno de los dispositivos (i.e. ReminiScentia) si los estímulos entregados a través del mismo eran claramente identificables y perceptibles a nivel cerebral por los participantes. Resultando que, los estímulos suministrados con ReminiScentia generan en los participantes una sensación de recompensa similar a la que se produce cuando los estímulos se suministran manualmente. Con lo que se pudo establecer que es un dispositivo fiable para la entrega de olores perceptibles y que éstos generan una activación cerebral significativa.

Los resultados obtenidos durante la investigación aportan evidencia de que, al seguir el modelo propuesto, los desarrolladores son capaces de construir prototipos de PS4MS que brindan servicios de estimulación sensorial adaptables a las necesidades de rehabilitación y características de cada paciente.

Con el modelo propuesto en esta tesis, se pretende coadyuvar al desarrollo de aplicaciones o herramientas de apoyo a la terapia de estimulación multisensorial centradas en el paciente, brindando a los desarrolladores una base teórica que les facilite el diseño de dichas aplicaciones, e incrementen la posibilidad de que estas herramientas sean adoptadas por los pacientes con discapacidad intelectual y sus terapeutas.

Palabras clave: *Discapacidad intelectual, terapia de estimulación multisensorial, aplicaciones para estimulación multisensorial, interfaces multimodales, experiencia de usuario.*

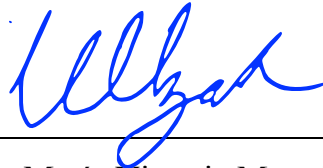
ABSTRACT of the thesis, presented by Raúl Casillas Figueroa, in order to obtain the DOCTOR of SCIENCE. Ensenada, Baja California, México. October, 2021.

**PERSONAL SPACES FOR MULTISENSORY STIMULATION AS
SUPPORT TO PREVENT OR DELAY THE OCCURRENCE OF
COGNITIVE DISABILITY**

Approved by:



Dr. Alberto Leopoldo Morán y
Solares
Thesis Advisor



Dra. María Victoria Meza Kubo
Thesis Co-Advisor

Recent advances in technology have allowed the development of tools to support rehabilitation programs for people with disabilities. In addition, computer-assisted rehabilitation has gained special attention due to the increasingly frequent and widespread use of computers and the Internet in medical offices and clinics.

However, designing support tools to provide multisensory stimulation therapy to patients with cognitive or intellectual disabilities is no easy task. Intellectual disability comprises conditions such as autism spectrum disorder, brain injuries, and cerebral palsy, among others, so it must be considered that each patient has specific needs (sensory profile) that must be taken into account when designing their therapy program (sensory diet).

This complicates the development of technological tools to support the rehabilitation of these patients, which must consider both the sensory profile and the sensory diet of each patient. Additionally, from a technological development viewpoint, it was not possible to identify in literature a knowledge base to understand multisensory stimulation therapy and the needs of patients who require it as part of their rehabilitation.

Thus, the main contribution of this thesis consists in the proposal of a *Model for the Delivery of Sensory Stimuli in a Personal Space for Multisensory Stimulation (DSS-PS4MS)*.

The model is integrated into 4 main elements:

1. The concept of a Personal Space for Multisensory Stimulation (PS4MS), that establishes the general structure and its objective.
2. A set of proposed design insights for the PS4MS, through which is possible to design and implement the software components and elements of the space.

3. Three design principles for setting and delivering a sensory diet to a patient with intellectual disabilities, allow customizing a sensory diet through the PS4MS.
4. A complimentary design space to the proposed design principles for implementation and customization of the sensory diet.

The model validation was conducted in a three-step process. The first step was to collect information from the literature and qualitative studies and build an ontology composed of 22 classes and their relationships. This was validated by 12 experts in the field, who determined that: i) the level of understanding of the multisensory stimulation therapy process was adequate, ii) the proposed ontology is a good representation of it, and iii) non-expert users in the domain could understand it adequately.

The second step consisted of giving the model as a basis to a group of developers to create prototypes to prove the concept. This process resulted in three devices: Galaxy, ReminiScentia and the Interactive Cube, which together can stimulate sight, hearing, touch, and smell.

The third step consisted in verifying using one of the devices (i.e. Reminiscentia) whether the stimuli provided through it were clearly identifiable and perceptible at the brain level by the participants. The result was that the stimuli provided with ReminiScentia cause participants a sensation of reward similar to those produced when the stimuli were provided manually. Thus, it could be established that it is a reliable device for the delivery of perceptible scents and that these generate a significant brain activation.

The results obtained during the research provide evidence that, by following the proposed model, developers are able to build PS4MS prototypes that provide sensory stimulation services adaptable to the rehabilitation needs and individual patient characteristics.

With the model proposed in this thesis, the aim is to contribute to the development of patient-centered multisensory stimulation therapy support applications or tools, providing developers with a theoretical basis that facilitates the design of such applications, which will increase the possibility that these tools will be adopted by patients with intellectual disabilities and their therapists.

Keywords: *Intellectual disability, multisensory stimulation therapy, multisensory stimulation applications, multimodal interfaces, user experience.*

Índice general

| | |
|---|------------|
| Índice de figuras | XIV |
| Índice de tablas | XIX |
| Introducción | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 1 |
| 1.2. Área de Oportunidad | 6 |
| 1.3. Preguntas de Investigación..... | 7 |
| 1.4. Objetivos de la Investigación | 8 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 8 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 8 |
| 1.5. Metodología | 8 |
| 1.6. Contribuciones | 12 |
| 1.7. Alcance y limitaciones | 14 |
| Entendimiento de la Terapia de Estimulación Multisensorial | 16 |
| 2.1. Discapacidad Intelectual | 16 |
| 2.2. Terapia de Rehabilitación Cognitiva..... | 19 |
| 2.2.1. Funciones cognitivas..... | 21 |
| 2.2.2. Percepciones | 22 |
| 2.3. Terapia de Estimulación Multisensorial..... | 24 |
| 2.4. Salas de Estimulación Multisensorial | 25 |
| 2.5. Metodologías Propuestas para TEM | 28 |
| 2.5.1. Principios de la Estimulación Multisensorial | 29 |
| 2.5.2. Dieta Sensorial..... | 30 |
| 2.5.3. Percepciones y su estimulación | 30 |
| Trabajo Relacionado | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1. Guías para el diseño de sistemas de apoyo a la TEM para pacientes con discapacidad intelectual | 36 |
| 3.2. Sistemas para rehabilitación del trastorno del espectro autista | 41 |
| 3.3. Sistemas para rehabilitación de lesiones cerebrales | 44 |
| 3.4. Sistemas útiles para rehabilitación de funciones cognitivas | 46 |
| Caracterización de la Terapia de Estimulación Multisensorial | 51 |
| 4.1. Metodología del estudio | 52 |
| 4.2. Datos para el estudio | 53 |
| 4.3. Muestra para el estudio | 53 |
| 4.4. Sitio del estudio | 54 |
| 4.5. Colecta de datos del estudio | 56 |
| 4.5.1. Entrevistas a especialistas en TEM | 56 |
| 4.5.2. Observación en sesiones de TEM | 58 |
| 4.6. Codificación y análisis de los datos colectados durante el estudio | 60 |
| 4.6.1. Codificación de los datos | 60 |
| 4.6.2. Análisis de los datos | 65 |
| 4.7. Resultados del estudio | 65 |
| Ontología sobre la Terapia de Estimulación Multisensorial | 71 |
| 5.1. Construcción | 72 |
| 5.1.1. Especificación | 74 |
| 5.1.2. Adquisición del conocimiento | 74 |
| 5.1.3. Conceptualización | 76 |
| 5.1.4. Formalización | 79 |
| 5.1.5. Implementación | 82 |
| 5.1.6. Mantenimiento | 86 |
| 5.2. Evaluación | 87 |
| 5.2.1. Resultados | 88 |
| Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial | 95 |
| 6.1. Características de Diseño para un PS4MS | 96 |
| 6.2. Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial | 99 |
| 6.2.1. Principios de diseño para personalizar una dieta sensorial | 102 |

| | | |
|---|--|------------|
| 6.2.2. | Espacio de diseño para personalizar una dieta sensorial | 103 |
| Entrega de estímulos personalizados a pacientes con discapacidad intelectual siguiendo el Modelo DSS-PS4MS – prueba de concepto..... | | 110 |
| 7.1. | Galaxy | 110 |
| 7.2. | ReminiScenia | 114 |
| 7.2.1. | ReminiScenia Versión 1.0 | 117 |
| 7.2.2. | ReminiScenia Versión 2.0 | 126 |
| 7.3. | Cubo Interactivo..... | 131 |
| 7.3.1. | Cubo Interactivo Versión 1.0..... | 132 |
| 7.3.2. | Cubo Interactivo Versión 2.0..... | 134 |
| 7.4. | Diseño arquitectónico de un PS4MS..... | 138 |
| Discusión | | 143 |
| 8.1. | Evaluaciones realizadas | 144 |
| 8.2. | Protocolo propuesto para evaluar el PS4MS con expertos en TEM | 145 |
| 8.2.1. | Objetivo. | 146 |
| 8.2.2. | Sistema de configuración propuesto | 146 |
| 8.2.3. | Participantes..... | 149 |
| 8.2.4. | Procedimiento | 150 |
| 8.2.5. | Hipótesis | 150 |
| 8.3. | Propuesta de evaluación del PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual | 151 |
| 8.3.1. | Espacio de diseño de interacción olfativa..... | 151 |
| 8.3.2. | Propuesta de evaluación..... | 154 |
| Aportaciones, conclusiones y trabajo futuro | | 156 |
| 9.1. | Aportaciones | 156 |
| 9.1.1. | Aportaciones adicionales | 157 |
| 9.2. | Conclusiones | 162 |
| 9.3. | Trabajo Futuro..... | 165 |
| 9.3.1. | Evaluar el Modelo DSS-PS4MS con desarrolladores expertos | 165 |
| 9.3.2. | Implementar un PS4MS..... | 165 |
| 9.3.3. | Evaluar el PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual | 166 |
| 9.3.4. | Redactar un artículo con la ontología propuesta para someterlo para su publicación | 166 |

| | |
|---|------------|
| Bibliografía | 167 |
| Apéndice A | 179 |
| Guion para entrevista a expertos en TEM..... | 179 |
| Apéndice B | 180 |
| Evaluación para validar la ontología propuesta sobre el proceso de la TEM | 180 |
| B.1. Protocolo de evaluación..... | 180 |
| B.2. Resultados de la evaluación | 181 |

Índice de figuras

| <u>Figura</u> | <u>Página</u> |
|--|----------------------|
| 1.1. Metodología empleada durante la realización de la investigación..... | 9 |
| 2.1. SEM tipo aventura, la más común que se puede hallar en centros de rehabilitación y algunos de los materiales más utilizados en ellas..... | 27 |
| 2.2. Mapa conceptual con conceptos centrales identificados en la revisión de la literatura..... | 34 |
| 3.1. Flujo de operación y una perspectiva de la implementación de Malha..... | 39 |
| 3.2. Diseño físico e implementación del dispositivo Ahù..... | 40 |
| 3.3. Diseño y prototipo en uso de BendableSound..... | 42 |
| 3.4. Configuración del ambiente virtual y un ambiente virtual implementado con SnoezelenCave..... | 43 |
| 3.5. Interacción de usuarios con FloraTouch y Grass..... | 43 |
| 3.6. Diseño del sistema Shape-Changing Robot y el prototipo funcionando..... | 44 |
| 3.7. StimuHat y su uso en una SEM con un paciente con daño cerebral..... | 45 |
| 3.8. Interfaz principal del RSS y un ejercicio con instrucciones habladas..... | 46 |
| 3.9. Digital Odor Memory en funcionamiento, interfaz de juego y el olfatómetro montado para liberar los aromas..... | 47 |
| 3.10. Interfaz de juego del sistema Scenter..... | 48 |
| 4.1. Metodología utilizada para conducir el estudio cualitativo..... | 53 |
| 4.2. SEM con que cuenta el CRI Ensenada..... | 54 |
| 4.3. SEM con que cuenta la UBR San Quintín..... | 55 |
| 4.4. SEM con que cuenta el CRI Tijuana..... | 56 |

| | |
|--|-----|
| 4.5. Entrevistas realizadas a especialistas en TEM..... | 57 |
| 4.6. Sesiones de estudio de sombra durante estimulación multisensorial..... | 59 |
| 4.7. Proceso e identificación de conceptos en entrevistas..... | 61 |
| 4.8. Proceso e identificación de conceptos en observaciones..... | 62 |
| 4.9. Fragmento de lista inicial y final de conceptos generada..... | 62 |
| 4.10. Sección de la lista final de conceptos y la lista de categorías generada..... | 63 |
| 4.11. Gráfica rica del proceso de la TEM construida con la información obtenida del estudio cualitativo..... | 66 |
| 4.12. Mapa conceptual construido con los resultados de la revisión de literatura y el estudio cualitativo en los centros de rehabilitación integral..... | 70 |
| 5.1. Representación gráfica de las fases de Methontology..... | 73 |
| 5.2. Taxonomía de la ontología, expresada como un árbol de clasificación de conceptos..... | 78 |
| 5.3. Ejemplos de algunas de las relaciones binarias de la ontología propuesta..... | 80 |
| 5.4. Modelo conceptual que muestra las principales clases de la ontología y sus relaciones..... | 81 |
| 5.5. Vista de la jerarquía de las clases de la ontología mostrada en Protègè..... | 83 |
| 5.6. Segmento de la vista de árbol vertical, generada en Protègè..... | 83 |
| 5.7. Ontología propuesta en notación de diagrama de clases UML..... | 84 |
| 5.8. Ontología corregida y refinada con los cambios sugeridos por los participantes durante la evaluación..... | 92 |
| 6.1. Diagrama con la esquematización de los roles y características de diseño de un PS4MS..... | 96 |
| 6.2. Esquema gráfico de los elementos que determinan la composición de una dieta sensorial..... | 100 |
| 6.3. Esquematización general del Modelo DSS-PS4MS propuesto..... | 102 |
| 6.4. Proceso general para determinar y configurar una dieta sensorial personalizada a las necesidades y características de un paciente..... | 104 |
| 6.5. Esquema gráfico de las variables que intervienen para poder determinar los procesos cognitivos que serán rehabilitados en una sesión de TEM..... | 105 |

| | |
|---|-----|
| 6.6. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para establecer las necesidades y restricciones de rehabilitación a través del PS4MS..... | 105 |
| 6.7. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para programar una dieta sensorial específica para un paciente a través del PS4MS..... | 106 |
| 6.8. Composición de los estímulos brindados a través del PS4MS..... | 107 |
| 6.9. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para diseñar/seleccionar un servicio de estimulación sensorial a través del PS4MS..... | 108 |
| 6.10. Esquema gráfico que muestra que un servicio de estimulación sensorial puede ser implementado por uno o varios dispositivos, de acuerdo a los parámetros que este permita..... | 108 |
| | |
| 7.1. Alberca de pelotas encontrada en la mayoría de las salas de estimulación multisensorial tradicionales. Imagen tomada de Internet..... | 111 |
| 7.2. Esquema general del prototipo Galaxy..... | 112 |
| 7.3. Paciente interactuando con la aplicación Galaxy y la retroalimentación que entrega al terapeuta..... | 112 |
| 7.4. Dispositivo Leap Motion, utilizado como medio de interacción entre el paciente y el juego Galaxy..... | 113 |
| 7.5. Pantalla ambiental implementada para Galaxy..... | 114 |
| 7.6. Esquema general del dispositivo ReminiScenia V1.0..... | 118 |
| 7.7. a) Circuito impreso de ReminiScenia V1.0. b) Circuito impreso ensamblado en el prototipo ReminiScenia V1.0..... | 119 |
| 7.8. a) Uno de los claromizadores utilizados en la construcción de ReminiScenia. b) Montaje de los 5 claromizadores en ReminiScenia..... | 119 |
| 7.9. a) vista frontal de ReminiScenia, donde se implementa el mecanismo de configuración del aroma; b) plano seccional del diseño de ReminiScenia, que muestra los tres roles implementados: (1) vaporización, (2) mezcla, y (3) entrega de la esencia..... | 120 |
| 7.10. a) Dispositivo NIRx NIRScout para espectroscopia del infrarrojo cercano. b) Disposición en 2D de las fuentes (rojo), los detectores (azul) y los canales | 122 |

| | |
|--|-----|
| ópticos (líneas moradas) utilizados para monitorizar las respuestas del córtex prefrontal. b) Colocación de la gorra fNIRS a un participante..... | |
| 7.11. a) Estructura completa de ReminiScenia 2.0 ensamblada; b) Corte lateral del dispositivo ReminiScenia 2.0 ensamblado..... | 127 |
| 7.12. a) Vista de uno de los 5 componentes individuales que integran el dispositivo completo; b) tapa del contenedor con el orificio para una tapadera de rosca..... | 128 |
| 7.13. Piezas individuales de ReminiScenia hechas en impresora 3D y su montaje inicial para formar el dispositivo..... | 128 |
| 7.14. Componente piezoeléctrico y su placa de control utilizados para el desarrollo de ReminiScenia..... | 129 |
| 7.15. Diagrama teórico del circuito de control de ReminiScenia..... | 130 |
| 7.16. Aplicación móvil desarrollada para el control de ReminiScenia..... | 130 |
| 7.17. Componentes principales utilizados para la implementación del Cubo Interactivo Versión 1.0..... | 132 |
| 7.18. Cubo Interactivo Versión 1.0 en funcionamiento y la interfaz de Simón Dice..... | 132 |
| 7.19. Ventana de configuración del nivel de dificultad de Simón Dice..... | 134 |
| 7.20. Diseño 3D de la estructura del Cubo Interactivo Versión 2.0..... | 135 |
| 7.21. a) Circuito integrado con el microcontrolador y los módulos MPU 6050, HC-05 instalados. b) LED DotStar RGB utilizados para iluminar los lados del dispositivo. c) LED montado sobre uno de los lados de dispositivo..... | 135 |
| 7.22. a) Zumbador e indicador piezoeléctrico, b) Mini motor vibrador de disco. Ambos utilizados en el Cubo Interactivo 2.0..... | 136 |
| 7.23. a) Caras del cubo con los imanes de neodimio instalados; b) caras del cubo instaladas en el dispositivo terminado..... | 136 |
| 7.24. Interfaz principal y configuración de la aplicación Buscando Caras..... | 137 |
| 7.25. Forma, dimensiones y mecanismo de extensión del PS4MS..... | 138 |
| 7.26. Vista lateral y aérea del PS4MS..... | 139 |
| 7.27. a) Pantalla de proyección curvada. b) Mesa curvada multiusos con que cuenta el PS4MS. c) Ductos de conducción y liberación de aromas..... | 140 |

| | |
|--|-----|
| 7.28. Sistema de sonido envolvente del PS4MS..... | 141 |
| 7.29. Espacios preparados para montar el sistema de iluminación del PS4MS..... | 142 |
| 8.1. Interfaz de inicio del sistema de configuración del PS4MS..... | 147 |
| 8.2. Interfaz para agregar y configurar los parámetros de un estímulo sensorial.... | 147 |
| 8.3. Interfaz que muestra la línea de tiempo construida con todos los estímulos que componen una dieta sensorial y que brinda la opción de iniciar la TEM..... | 148 |
| 8.4. Interfaz para elegir del repositorio una dieta previamente elaborada, ya sea para brindarla al paciente o editarla..... | 148 |
| 8.5. Interfaz para cargar un ambiente preestablecido y una vista de la escena que muestra un bosque..... | 149 |
| 8.6. Ilustración del mecanismo de retroalimentación por correspondencia mediante una pantalla olfativa..... | 152 |
| 8.7. Ilustración del mecanismo de retroalimentación por direccionalidad mediante una pantalla olfativa..... | 152 |
| 8.8. Ilustración del mecanismo de navegación guiada por el aroma mediante una pantalla olfativa..... | 153 |
| 8.9. Ilustración del mecanismo de selección basado en el aroma mediante una pantalla olfativa..... | 154 |
| B.1. Experiencia en TEM (en años) de los participantes en la evaluación..... | 183 |
| B.2. Nivel de importancia de cada una de las clases incluidas en la ontología..... | 183 |
| B.3. Número de participantes que sugirieron cambios para cada una de las clases..... | 184 |
| B.4. Respuesta a la pregunta ¿Considera que las relaciones entre las clases y sus atributos son adecuadas para describir el proceso de la TEM?..... | 185 |

Índice de tablas

| <u>Tabla</u> | <u>Página</u> |
|--|----------------------|
| 1.1. Monto y prevalencia de la discapacidad en México, 2014 y 2018..... | 3 |
| 1.2. Porcentaje de población con discapacidad, por actividad con dificultad 2014 y 2018..... | 4 |
| 2.1. Procedimiento y materiales sugeridos para estimular cada una de las percepciones..... | 32 |
| 3.1. Trabajos relacionados identificados y sus principales aportaciones..... | 37 |
| 4.1. Relación que guardan las distintas categorías generadas..... | 64 |
| 5.1. Especificación de requerimientos para la ontología propuesta..... | 75 |
| 5.2. Parte de la lista inicial de términos elaborada para la ontología propuesta..... | 77 |
| 5.3. Parte del glosario de términos utilizados para la construcción de la ontología propuesta..... | 77 |
| 5.4. Relaciones binarias de algunas de las clases de la ontología propuesta..... | 79 |
| 5.5. Clases y los cambios sugeridos por los participantes para cada una de ellas.... | 90 |
| 7.1. Resultados de la respuesta hemodinámica cerebral (OxyHb) en la modalidad ReminiScenia y manual para la estimulación olfativa de la limonada (H1) y chocolate con menta (H2)..... | 124 |
| 7.2. Resultados de la prueba de Wilcoxon ($p < 0,05$) en cuanto a la respuesta hemodinámica cerebral (OxyHb) en la modalidad ReminiScenia y manual para el estímulo olfativo de la limonada (H1) y chocolate con menta (H2)..... | 124 |
| 7.3. Preguntas del cuestionario de salida aplicado a los participantes..... | 125 |

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

En los últimos años la rehabilitación asistida por computadora ha cobrado un especial interés debido al cada vez más frecuente y generalizado uso de las computadoras e Internet (Adrián et al., 2006). En la actualidad es común encontrar en los consultorios de los especialistas de la salud equipo de cómputo con sistemas especializados instalados e incluso salas de tele consulta en las clínicas.

Inspirado en esto, cada día es mayor el número de sistemas que buscan dar soporte a la rehabilitación de personas con algún tipo de discapacidad, sin embargo, diseñar y desarrollar estas propuestas no es tarea fácil, pues cada tipo de discapacidad es compleja, multifactorial y abarca diferentes condiciones que pueden presentar los pacientes (World Health Organization & World Bank, 2011).

El término discapacidad inicialmente fue definido como una dificultad para funcionar a nivel corporal, personal o social, en uno o más ámbitos de la vida, que experimenta una persona con un problema de salud en interacción con factores contextuales (Leonardi et al., 2006). Sin embargo, en el año 2007, la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) definió la discapacidad como un término genérico que abarca deficiencias, limitaciones de la actividad y restricciones a la participación (World Health Organization, 2007).

De acuerdo con (World Health Organization & World Bank, 2011) existen diferentes tipos de discapacidad, tales como: motriz, sensorial, psicosocial e intelectual (o cognitiva).

Además, es necesario establecer que para que un sistema sea adecuado para apoyar la rehabilitación de un paciente con discapacidad, tanto el sistema como el tipo de interfaz del mismo deben ser acordes al tipo de usuario al que pretenden apoyar, para lo cual es adecuado utilizar el llamado diseño centrado en el usuario (Abrás et al., 2004). Donde el usuario final del sistema juega un papel preponderante en el establecimiento de los requerimientos del sistema.

Sin embargo, en el caso de la discapacidad intelectual esto toma un nivel más de complejidad, pues a menudo el paciente está impedido para comunicarse, razonar o tomar decisiones por sí mismo, para este caso, existe un enfoque basado en el diseño centrado en el usuario, su nombre es diseño centrado en el paciente (Cole, 2011). Este enfoque fue propuesto para el desarrollo de software personalizado para pacientes con discapacidad intelectual, aquí tanto el terapeuta como el paciente y la familia de este último son piezas fundamentales para obtener las características del prototipo y su evaluación.

Cabe mencionar que la discapacidad forma parte de la misma condición humana, la mayor parte de las personas presentará una discapacidad temporal o permanente en algún momento de sus vidas, y los sobrevivientes que lleguen a la vejez padecerán cada vez mayores dificultades de funcionamiento. En la mayoría de las familias existe algún integrante discapacitado, y las personas que no lo son, asumen la responsabilidad de apoyar y cuidar a sus parientes o amigos con discapacidad (Ferguson, 2001; Zola, 2005).

Si bien las personas con discapacidad son una minoría, estas representan uno de los grupos más marginados a nivel mundial. Estas personas presentan mayores dificultades para acceder a servicios de salud, obtienen resultados académicos inferiores, tienen una menor participación en la economía y registran las tasas de pobreza más altas, en comparación con las personas que no presentan discapacidad alguna (World Health Organization & World Bank, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2018), estima que en 2018 había más de mil millones de personas (15% de la población mundial) aquejadas por algún tipo de discapacidad. Entre 110 millones (2.2%) y 190 millones (3.8%) de personas mayores de 15 años tenían dificultades importantes para funcionar. Además, las tasas de

discapacidad están aumentando debido en parte al envejecimiento de la población y al aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas.

De acuerdo al Informe Regional sobre la Medición de la Discapacidad (CEPAL/NU, 2014), en el año 2012 en México se tenía registro de cerca de 7.77 millones (6.6% de la población total) de personas con discapacidad.

Adicionalmente, en el último reporte de la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018) se presentan datos comparativos sobre la prevalencia de la discapacidad en México entre los años 2014 y 2018, donde resalta un incremento considerable en tan sólo 4 años (ver Tabla 1.1); además, de la población con discapacidad, 45.9% son hombres y 54.1% mujeres; la mitad de las personas con discapacidad (49.9%), son personas adultas mayores (60 años o más). Cabe mencionar que, en el estudio no se muestran datos de la población de 0 a 4 años, debido a la complejidad en la captación de la condición de discapacidad en este grupo de edad, pero que, sin lugar a dudas, incrementarían los porcentajes resultantes.

Por otro lado, en el mismo estudio (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018) se identificaron las actividades en las que las personas con discapacidad presentan dificultades al realizarlas (ver Tabla 1.2), considerando que una misma persona puede presentar dificultad para realizar más de una actividad.

De la Tabla 1.2 tenemos que, la actividad que presenta mayores dificultades tanto en 2014 como en 2018 son las referentes a movilidad de extremidades (discapacidad motriz), seguido de actividades referentes a deterioro de los sentidos (discapacidad sensorial).

Tabla 1.1. Monto y prevalencia de la discapacidad en México, 2014 y 2018. Adaptada de (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

| Monto y prevalencia | 2014 | 2018 |
|---|-------------|-------------|
| Monto de Población con Discapacidad | 7 184 054 | 7 877 805 |
| Prevalencia de la Discapacidad (porcentaje) | 6.0 | 6.3 |

Tabla 1.2. Porcentaje de población con discapacidad, por actividad con dificultad 2014 y 2018. Tomada de (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

| Actividad con dificultad | 2014 (%) | 2018 (%) |
|---|-----------------|-----------------|
| Caminar, subir o bajar usando sus piernas | 50.2 | 52.7 |
| Ver (aunque use lentes) | 39.2 | 39.0 |
| Mover o usar brazos o manos | 17.0 | 17.8 |
| Aprender, recordar o concentrarse | 19.0 | 19.1 |
| Escuchar (aunque use aparato auditivo) | 19.0 | 18.4 |
| Bañarse, vestirse o comer | 14.0 | 13.8 |
| Hablar o comunicarse | 11.4 | 10.5 |
| Problemas emocionales o mentales | 11.7 | 11.9 |

También destacan aquellas que se agrupan en la discapacidad intelectual (aprender, recordar o concentrarse) y, por último, actividades que implican una discapacidad psicosocial (problemas emocionales o mentales).

En diferentes periodos se ha enfrentado cuestiones morales y políticas para encontrar una forma de incluir y apoyar a las personas con algún tipo de discapacidad. Las actividades dirigidas a lograrlo se han ido adecuando desde la década de los 70, impulsadas principalmente por la propia organización de las personas con discapacidad y la cada vez mayor tendencia a considerar la discapacidad como materia de derechos humanos (Charlton, 2000; World Health Organization & World Bank, 2011). Tradicionalmente se había tratado a las personas con discapacidad con medidas que las discriminaban, como internarlos en asilos y escuelas para gentes especiales (Parmenter, 2008). Pero actualmente, esto ha cambiado y se ha decidido por la inclusión de las personas discapacitadas en la sociedad y en la educación; además, las soluciones farmacológicas han sido desplazadas para dar lugar a enfoques proactivos, como la adopción de una estrategia de rehabilitación, igualdad de oportunidades, disminución de la pobreza e inclusión social para las personas con discapacidad (United Nations, 2004).

En este sentido, la rehabilitación potencia al máximo la capacidad de llevar una vida normal y fortalece la independencia de las personas para aumentar su calidad de vida, por lo

que una adecuada estrategia de rehabilitación puede ser la base para la integración de las personas con discapacidad en la sociedad de una manera activa y participativa.

Cada tipo de discapacidad tiene programas de rehabilitación especializados, los cuales emplean técnicas orientadas a alcanzar objetivos específicos con cada paciente (movimiento de extremidades superiores o inferiores, habla, aprendizaje, entre otros), así como el empleo de instalaciones y equipamiento adecuado para cada actividad que se deba desarrollar.

Este trabajo de tesis se enfoca específicamente en apoyar la terapia de rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual, la cual aglutina diferentes condiciones médicas tales como, el autismo, síndrome de Down, Alzheimer, parálisis cerebral, afasia, entre otras.

Sólo por poner un ejemplo, se estima que la prevalencia del autismo en México es de uno de cada 115-120 nacimientos, es decir, anualmente cerca de 22 mil niños tendrán un trastorno del espectro autista. Actualmente no está determinada la causa que explique la incidencia del autismo, pero se estima que su origen es genético. Su diagnóstico requiere de pruebas complejas y no existen datos oficiales que permitan saber cuántos son y dónde se ubican (Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2019).

La rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual se lleva a cabo con un conjunto de actividades diseñadas y organizadas para entrenar la capacidad del individuo para razonar, hacer uso de su juicio y tomar decisiones (Baillon et al., 2002). Una de las técnicas más utilizadas para rehabilitación intelectual es la Estimulación Multisensorial, la cual se lleva a cabo en las llamadas Salas de Estimulación Multisensorial (SEM) (Vlaskamp et al., 2003).

Una SEM consiste en un aula con materiales adecuados para que los usuarios sean expuestos a distintos estímulos (simples o combinados) controlados (intensidad, volumen, etc.), que se puedan adaptar a sus necesidades (Hope et al., 2004).

Sin embargo, la construcción de una SEM suele ser costosa, ya que las empresas que se dedican a su venta y construcción emplean dispositivos para estimulación comerciales y marcas registradas, además, requieren de espacios físicos con características específicas para

su construcción (dimensiones, tomas eléctricas, ventilación, entre otras); por lo que, aunque cada municipio del país cuente con una SEM, con el número de pacientes con discapacidad intelectual existente, se estima que serían insuficientes para rehabilitar la totalidad de aquellos que requieren de estimulación multisensorial.

Por lo anterior, se considera que, si se dispusiera de salas de rehabilitación multisensoriales personales (Espacio Personal de Estimulación Multisensorial) que implementen las características de las SEM a través de la tecnología multimodal, y que además fueran ligeras, transportables y de bajo costo, sería factible proporcionar la terapia de estimulación multisensorial (TEM) a una mayor cantidad de personas de manera eficiente.

1.2. Área de Oportunidad

Si bien existen diferentes propuestas para apoyar la rehabilitación de personas con algún tipo de discapacidad, las que cuentan con un mayor desarrollo tecnológico son la motriz y la intelectual.

En el caso de la discapacidad intelectual, han sido desarrolladas distintas propuestas, orientadas a algunas condiciones (afasia, autismo, parálisis cerebral, entre otras) o habilidades específicas (inteligencia, lenguaje o aprendizaje) que se perdieron, o se vieron disminuidas (Farreny et al., 2012; Mabutchi et al., 2015; Rego et al., 2011; Schultheis & Rizzo, 2001). En cuanto a la implementación de SEM empleando tecnología, la investigación ha sido menor pero no menos significativa, por un lado en (Perhakaran et al., 2015) desarrollaron SnoezelenCAVE, una SEM muy básica, la cual ayuda a estimular a niños con autismo, empleando sonido, colores y el movimiento de las manos. También se identificó el proyecto Malha (Castelhano & Roque, 2015), el cual propone el diseño de un juego que reproduce algunas de las características de una SEM para apoyar la terapia de rehabilitación de niños con discapacidad intelectual a través de estímulos visuales, auditivos y movimientos corporales.

Sin embargo, no se identificó una propuesta tecnológica con la cual sea posible apoyar el programa de TEM de un paciente sin importar la condición de discapacidad intelectual que éste presente, es decir, no se encontró una herramienta que brinde estímulos configurables y personalizables para cada tipo de paciente.

Si bien es cierto que un programa de terapia de rehabilitación asignado a un paciente debe ser individualizado y personalizado a las necesidades específicas que éste presenta de acuerdo a su condición, y que esto agrega complejidad al desarrollo de un sistema que sea adecuado para cualquier paciente, también es cierto que, otro aspecto a considerar y que lo hace más complejo aún, es que, no se encontró una metodología universalmente aceptada para brindar la TEM, dado que, cada terapeuta la adecúa de acuerdo a su experiencia y a los recursos materiales con que cuenta, quizá esta sea la razón por la que no se identificó desarrollo de propuestas en el área.

En este contexto, en este trabajo de investigación se propone el concepto de Espacio Personal de Estimulación Multisensorial (PS4MS, por sus siglas en inglés), así como un modelo que permite guiar su implementación, también se presenta el desarrollo de pruebas de concepto del mismo, las cuales implementaron siguiendo el modelo propuesto, de manera que pueda ser empleado como un apoyo para TEM para pacientes con discapacidad intelectual, sin importar la condición que presentan.

1.3. Preguntas de Investigación

Con base en lo anterior, se estableció la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué es y qué elementos de diseño se deben tomar en cuenta para el desarrollo de un espacio personal de estimulación multisensorial, que busque apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual?

Para ayudar a contestar esta pregunta, se estableció un conjunto de subpreguntas que guiaron las diferentes actividades necesarias para completar el trabajo de investigación:

- En primer lugar, fue necesario responder a la pregunta: ¿En qué consiste la terapia de estimulación multisensorial?, de manera que se pueda comprender a detalle este tipo de terapia.
- Posteriormente, se debe contestar: ¿Cuáles son las características y los elementos de diseño se deben tomar en cuenta para un espacio personal de estimulación multisensorial, que busque apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual?

- Así como también, ¿De qué manera se puede representar formalmente el conjunto de elementos de diseño del PS4MS para que sean apropiados para su uso tanto por los expertos en TEM, como por desarrolladores de software?
- Además, es importante conocer ¿Cuál es la experiencia de usuario que generan tanto el modelo propuesto como el PS4MS a los usuarios?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Proponer y evaluar un modelo para el diseño de Espacios Personales de Estimulación Multisensorial (PS4MS), que sean útiles para apoyar la terapia de pacientes con discapacidad intelectual, que sean eficientes, y generen experiencias de usuario satisfactorias.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Comprender qué es y cómo se lleva a cabo la terapia de estimulación multisensorial.
2. Establecer el concepto de PS4MS.
3. Proponer un modelo para el diseño de un PS4MS a través de interfaces multimodales.
4. Desarrollar un conjunto de prototipos de PS4MS que implementen el modelo de diseño propuesto.
5. Evaluar la eficacia de los prototipos desarrollados para generar actividad cerebral en los usuarios.
6. Evaluar la experiencia de usuario que generan los prototipos desarrollados.

1.5. Metodología

En la Figura 1.1 puede verse de manera esquemática la metodología utilizada para desarrollar esta investigación, la cual es una adaptación de las metodologías propuestas por (Gonzalez et al., 2004) para el desarrollo de sistemas de cómputo ubicuo orientados al área de la salud, y la de (Preece et al., 2015) para el desarrollo de sistemas de Interacción Humano-Computadora (HCI, por sus siglas en inglés). En la parte del desarrollo del prototipo y

evaluación, sirvió como base el modelo de ciclo de vida de estrella propuesto en (Hartson & Hix, 1989), el cual proporciona un marco para la realización de prototipos y permite iterar y evaluar avances constantemente incluso a nivel de análisis y diseño. La metodología propuesta consta de cuatro etapas: (1) entendimiento; (2) prueba de concepto; (3) evaluar/establecer modelo y; (4) escritura de tesis/artículo.

Tres de las cuatro etapas de la metodología se encuentran agrupadas en un proceso iterativo, en el cual se identifican necesidades, se desarrollan pruebas de concepto (prototipos), se evalúan los productos y se establece el modelo. A continuación, se describen cada una de las etapas de la metodología.

Entendimiento: en esta etapa se obtuvo el conocimiento necesario para conocer el contexto de la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual e identificar un proceso/actividad común en los programas de terapia de los pacientes con distintas condiciones (Síndrome de Down, hidrocefalia, autismo, entre otras), como lo es la TEM; en esta etapa se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Revisión de literatura.** Se realizó un análisis bibliográfico, con el fin de establecer el contexto de la terapia de rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual y, además, caracterizar la TEM, así como identificar trabajos que se realizaron previamente en el área de estimulación multisensorial, tanto sistemas como propuestas metodológicas para la TEM.

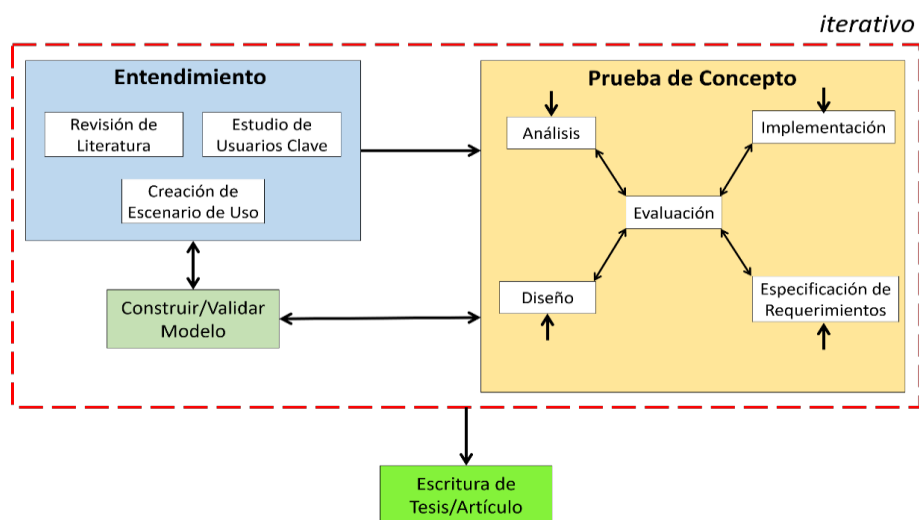


Figura 1.1. Metodología empleada durante la realización de la investigación.

- **Estudio de usuarios clave.** Se entrevistó a los especialistas en TEM, además, se condujeron estudios observacionales *in-situ* durante las terapias de estimulación multisensorial a pacientes con discapacidad intelectual. De esta actividad se generó un conjunto de datos que permitió construir una representación gráfica del proceso de la TEM, donde se pudo identificar cómo se lleva a cabo el proceso de la TEM, lo cual fue contrastado contra lo que establece la literatura.
- **Crear escenarios de uso.** Con el fin de obtener una caracterización de las terapias de rehabilitación y los materiales con los que se efectúan, se describieron escenarios de uso típicos de la aplicación de la TEM y se diseñaron escenarios donde se hace uso de un espacio personal de estimulación multisensorial, de manera que se pudiera proyectar la utilidad de la nuestra propuesta para la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual.

Como principales productos de esta etapa se tuvo, i) un mapa conceptual donde se pudieron identificar conceptos importantes que nos ayudaron a contestar preguntas como: ¿qué es? ¿para qué se usa? y ¿cómo se lleva a cabo? la TEM; ii) una gráfica rica describiendo el proceso de la TEM en un ambiente real; iii) se definió el concepto de un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial y; iv) se generó una serie de características de diseño iniciales que debe contener cualquier sistema que busque implementar un PS4MS.

Prueba de concepto: esta etapa se llevó a cabo de manera iterativa, siendo ejecutada en tres ocasiones generando en cada una de ellas un prototipo que se integra en la versión final del PS4MS, esta etapa inició la primera iteración en la actividad *analizar*, posteriormente en la que fuera necesario. Las actividades que comprende son presentadas a continuación.

- **Analizar.** En esta etapa se analizan los resultados de la etapa o actividad que la preceden, desde el entendimiento o los resultados de la evaluación del modelo, hasta los productos de cada una de las actividades de esta misma etapa. El objetivo es analizar situaciones críticas deben ser consideradas en un prototipo, o bien, que harían regresar el flujo a la presente etapa y rediseñar el producto en cuestión (prototipos, modelo o documento).

- **Especificación de requerimientos.** De acuerdo al producto de la actividad de análisis, en esta actividad se debe definir y especificar el conjunto de requerimientos que debe implementar el prototipo, de manera que este pueda formar parte del PS4MS.
- **Diseño.** Considerando las necesidades identificadas en la etapa anterior, los escenarios proyectados durante la identificación de necesidades y los requerimientos definidos en la actividad previa, se diseñaron diferentes prototipos (módulos) que deben formar parte de un PS4MS, además se hizo el diseño tanto de hardware como de software para los prototipos propuestos.
- **Implementación.** Se tomó el resultado de la actividad “diseñar prototipo” y se tradujo a un prototipo tecnológico apegado a dicho diseño, para ello se utilizaron diferentes lenguajes de programación y distintos componentes electrónicos que permiten la presentación de información de diferentes maneras (multimodal). Al término de cada iteración de esta actividad se tuvo un módulo que integra el PS4MS.
- **Evaluación.** En esta actividad se evaluaron y/o validaron los productos resultantes de cada una de las actividades que integran esta etapa (documento de análisis, documento de diseño y prototipos).

Como principales resultados de esta etapa se tiene tres prototipos funcionales que integran el PS4MS y que en conjunto cubren la totalidad de las características de diseño establecidas:

1. Galaxy, permite estimular la vista, el oído y para interactuar se emplean movimientos de las manos.
2. ReminiScentia, hace posible descomponer cinco diferentes fragancias líquidas en partículas volátiles, que pueden ser combinadas y liberadas para estimular el olfato de los usuarios.
3. Cubo Interactivo, es un dispositivo electrónico con sensores que permite interactuar con aplicaciones de escritorio, funcionando como un control remoto. El cubo cuenta con lados desmontables que pueden ser

intercambiados por figuras, texturas y despliegues en blanco para luces led, los lados funcionan como medio de interacción para realizar instrucciones que se reciben por medio de voz o pantalla (vista, oído, tacto y propiocepción).

Cada uno de los prototipos ayudaron a establecer y refinar tanto el concepto de PS4MS, como las características de diseño identificadas.

Construir / Validar modelo: en esta etapa se fueron integrando algunos de los resultados obtenidos en las etapas previas, con el objetivo de construir el modelo propuesto, validarlo y en caso de ser necesario refinarlo.

Del conocimiento emergido de la etapa de entendimiento y de las experiencias aprendidas al desarrollar los prototipos, como principal producto de esta etapa, se generó una propuesta de modelo, la cual está compuesta por: i) el concepto de PS4MS; ii) principios de diseño para un PS4MS; iii) un espacio de diseño y; iv) diseño arquitectónico de un PS4MS.

Escritura de tesis / artículo: el trabajo desarrollado en esta etapa se describe de manera detallada en estas tesis y parcialmente en dos publicaciones (Casillas-Figueroa et al., 2020; Casillas et al., 2017).

1.6. Contribuciones

Las contribuciones principales de este trabajo de investigación son:

- Un modelo que describe y representa el concepto de un PS4MS, está compuesto por los siguientes elementos: 1) el concepto de un PS4MS, que da una definición de lo que es este espacio y sus características principales; 2) una serie de características de diseño, los cuales se propone deben implementar un PS4MS, en ellos se delinear aspectos físicos y lógicos del espacio; 3) un conjunto de principios de diseño, los cuales se propone debe implementar un PS4MS, para permitir construir y proporcionar una dieta sensorial personalizada a cada paciente; 4) un espacio de diseño, que implementa los principios de diseño para personalizar las dietas sensoriales a las necesidades de cada paciente a través de servicios de estimulación sensorial

- Una ontología que describe el proceso que sigue la aplicación de la TEM en el campo clínico, y que fue evaluada por especialistas en TEM. La cual permitió estructurar el conocimiento adquirido de la revisión de literatura y del estudio cualitativo conducido durante la investigación.
- Una serie de características de diseño, las cuales se propone puedan considerar los desarrolladores que pretendan implementar aplicaciones y/o herramientas tecnológicas que busquen apoyar la TEM de pacientes con discapacidad intelectual a través de un PS4MS.
- Un grupo de aplicaciones (módulos del PS4MS) que pueden ser empleadas para brindar TEM a pacientes con discapacidad intelectual. Como parte de la prueba del concepto, se desarrollaron tres prototipos que integran el PS4MS y que en conjunto pueden estimular los sentidos de la vista, oído, olfato y tacto.
- Un conjunto de datos cualitativos y cuantitativos, resultado de las diferentes evaluaciones que se condujeron sobre algunos de los productos de la investigación, entre los que podemos mencionar: i) la evaluación de la ontología, donde se obtuvieron datos sobre el nivel de importancia de sus elementos y relaciones, la percepción de utilidad, facilidad de uso e intención de uso de la ontología; ii) la evaluación de ReminiScenia en cuanto a su capacidad para evocar recuerdos en los participantes, de la que se obtuvieron datos cuantitativos sobre la efectividad para evocar recuerdos a través de estímulos olfativos, así como datos cualitativos resultado de la percepción de los participantes con respecto al realismo de los estímulos que se les brindaron; y iii) la capacidad del dispositivo ReminiScenia para generar actividad cerebral en sujetos sanos, para ello se obtuvieron datos cuantitativos de la concentración de hemoglobina oxigenada (OxyHb) en el córtex prefrontal de los participantes al recibir un estímulo olfativo, además de datos cualitativos respecto a la experiencia de usuario que generó en los participantes al recibir los estímulos olfativos.
- El espacio de diseño de interacción olfativa, como parte de una de las evaluaciones del dispositivo ReminiScenia (actividad cerebral), se analizó la capacidad del mismo para guiar o retroalimentar actividades orientadas a entrenar

la memoria, la propiocepción y el aprendizaje. Este espacio de diseño permite integrar los diferentes prototipos desarrollados para desarrollar actividades orientadas a entrenar funciones cognitivas, las cuales usen como medio de interacción los servicios de estimulación sensorial brindados a través del PS4MS.

1.7. Alcance y limitaciones

El alcance de este trabajo de investigación es establecer el concepto de un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial, así como definir y evaluar un modelo que apoye a los desarrolladores que busquen implementar soluciones de apoyo para la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual. Tanto el concepto como el modelo fueron construidos con base en una revisión de literatura que nos ayudó a comprender la TEM, así como también de los resultados obtenidos de los estudios de usuarios clave y de las evaluaciones y/o validaciones del modelo.

Para realizar la prueba de concepto del modelo propuesto, se desarrollaron tres distintas aplicaciones que representan módulos del PS4MS completo: Galaxy, ReminiScentia y el Cubo Interactivo. Todas ellas fueron validadas con respecto a las funciones que debían implementar, además, ReminiScentia fue evaluada con respecto a los beneficios que aporta a los usuarios. Por seguridad, todas las evaluaciones se realizaron con pacientes sanos.

Si bien es aconsejable evaluar las aplicaciones con usuarios con discapacidad intelectual como participantes, será necesario considerar como trabajo futuro, la participación de especialistas que puedan realizar esta evaluación, una vez que nuestras propuestas hayan sido validadas, quedando esto fuera del alcance de este trabajo de investigación. Sin embargo, la efectividad y resultados de la TEM ha sido estudiada previamente (Baillon et al., 2004; Cheng et al., 2017; De Luca et al., 2014; Hotz et al., 2006; López-Almela & Gómez-Conesa, 2011; Ozdemir & Akdemir, 2009; Poza et al., 2013; Spector et al., 2003; Wijnen et al., 2006); además, la estimulación multisensorial también se emplea como un medio de relajación para personas sanas, por lo que, si el dispositivo es capaz de generar actividad cerebral (involuntaria) significativa al estimular el olfato de sujetos sanos, el resultado será el mismo con sujetos discapacitados, siempre y cuando no tengan problemas olfativos (anosmia o hiposmia).

Organización de la Tesis

El resto del documento está organizado en 7 capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación. En el capítulo 2 se presenta el entendimiento acerca de TEM, obtenido de una revisión bibliográfica, este sirve como un marco teórico en el que se describe la problemática y retos enfrentados tanto por los terapeutas como por los pacientes durante el proceso de la TEM. El capítulo 3 describe una serie de trabajos de distintas áreas de investigación que han hecho desarrollo o propuestas tecnológicas para apoyar la estimulación de los diferentes sentidos, centrandó la atención en aquellos orientados a la estimulación multisensorial para fines terapéuticos, lo que apoyó a definir un área de oportunidad para esta investigación. El capítulo 4 presenta los resultados de una serie de estudios contextuales llevados a cabo con el objetivo de complementar y contrastar el entendimiento obtenido de la literatura y hacer una caracterización del proceso de la TEM, lo que apoyó a identificar la problemática y las principales necesidades a atender para la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual a través aplicaciones para TEM. En el capítulo 5 se muestra una ontología construida con la información obtenida tanto del entendimiento de la TEM como de los estudios contextuales realizados como parte de la investigación, esta permitió estructurar el conocimiento adquirido hasta el momento y formalizarlo, de manera que el proceso de la TEM fuera comprensible tanto por expertos como no expertos del área, además, se presentan los resultados de una evaluación efectuada sobre la ontología desarrollada. El capítulo 6 se explica la creación del modelo para la entrega de estímulos sensoriales (DSS-PS4MS), el cual incluye el concepto de PS4MS, tres principios de diseño que son implementados a través de un espacio de diseño para entregar estímulos sensoriales adaptados a las necesidades de cada paciente y, un diseño del espacio físico de un PS4MS. En el capítulo 7 se describe una serie de dispositivos que se construyeron siguiendo el Modelo DSS-PS4MS propuesto, los cuales se encargan de brindar servicios de estimulación sensorial adaptados a las necesidades de cada paciente, también se presentan los resultados de evaluaciones efectuadas sobre uno de ellos. Por último, en el capítulo 8 se muestran las conclusiones, se discute sobre las principales aportaciones y limitaciones de la investigación, así como también se enmarcan algunas posibles direcciones para el trabajo futuro.

Capítulo 2

Entendimiento de la Terapia de Estimulación Multisensorial

2.1. Discapacidad Intelectual

La discapacidad humana es compleja, dinámica y multidimensional; en las últimas décadas, se ha identificado la función de barreras sociales y físicas presentes en la discapacidad. Investigadores de las ciencias de la salud y ciencias sociales, pasaron de una perspectiva individual y médica a una perspectiva estructural y social, en el cual las personas son consideradas discapacitadas por el trato que reciben de la sociedad más que por algún impedimento que presentan sus cuerpos (World Health Organization & World Bank, 2011).

Esta definición evolucionó de la previamente definida, donde la discapacidad es una dificultad para funcionar a nivel corporal, personal o social, en uno o más ámbitos de la vida, que experimenta una persona con un problema de salud en interacción con factores contextuales (Leonardi et al., 2006).

Cabe mencionar que la CIF al igual que la Clasificación Internacional de Enfermedades (World Health Organization (WHO/OMS) & Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), 1992) son una referencia importante para la Familia de Clasificaciones Internacionales (FCI), donde se ha publicado la lista de los tipos de discapacidad, las cuales son:

- **Física o Motriz.** Esta se refiere a la afectación o carencia de funciones motrices o físicas, que a su repercuten en la forma de desenvolverse o desempeñar ciertas actividades en un ambiente que le presenta serias barreras y limitaciones. Las personas con discapacidad física presentan una disminución importante en sus

capacidades de movimiento de una o varias partes del cuerpo. Esta puede deberse a una disminución o falta de coordinación de movimiento, alteraciones del tono muscular o del equilibrio.

- **Sensorial.** Se caracteriza por la afectación de uno o varios sentidos; esta puede ser auditiva, visual o multisensorial. Las personas que la presentan han visto disminuida su capacidad visual o auditiva, también pueden presentar problemas de comunicación o lenguaje.
- **Psicosocial.** Esta se relaciona con el comportamiento del individuo. Se puede diagnosticar a una persona con esta discapacidad cuando presenta trastornos en el comportamiento adaptativo. Esta discapacidad es la más compleja, pues tiene relación con enfermedades mentales tales como la depresión, la esquizofrenia, síndrome de Asperger, la bipolaridad entre otras.
- **Intelectual.** Es un estado individual, por lo general inicia durante el desarrollo del individuo, y que “se caracteriza por presentar limitaciones significativas tanto en el funcionamiento intelectual como en la conducta adaptativa, tal y como se manifiesta en las habilidades adaptativas conceptuales, sociales y prácticas” (Luckasson & Reeve, 2001). Las deficiencias intelectuales implican una amplia variación de memoria, percepción, resolución de problemas y desafíos de conceptualización.

Para esta investigación, es de especial interés la discapacidad intelectual, la cual es aquella en la que las personas presentan una serie de limitaciones en las habilidades diarias que una persona aprende y le sirven para responder a distintas situaciones en la vida.

De acuerdo con (Braddock et al., 2004), la discapacidad intelectual implica una limitación sustancial en la capacidad de pensar, incluyendo conceptualizar, planificar y secuenciar pensamientos y acciones, recordar, interpretar sutiles señales sociales y comprender números y símbolos.

Según (Crow, 2008) la discapacidad intelectual agrupa una importante cantidad de condiciones, tales como: Alzheimer, autismo, síndrome de Down, lesión cerebral, parálisis cerebral, epilepsia, retraso mental o deterioro neurológico. Éstas condiciones pueden tener diferentes causas, entre ellas el nacimiento, eventos vasculares, deterioro de algunos sentidos

o el envejecimiento (Baillon et al., 2004; Behrman et al., 2014; Gorelick et al., 2011; Wood et al., 2005).

La capacidad intelectual es fundamental para enfrentar y responder eficientemente a las demandas del entorno. De esta forma, las personas con una capacidad intelectual disminuida encontrarán dificultades para hacer frente a diversas situaciones que se presenten a lo largo de su vida.

De acuerdo con el manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (American Psychiatric Association, 2016), de acuerdo al nivel de dificultad que encuentren estas personas en su día a día y del coeficiente intelectual (CI) resultado de la aplicación de un test de inteligencia, se ha considerado la existencia de varios tipos o grados de discapacidad intelectual, los cuales están clasificados por niveles de deficiencia cognitiva, no por condición que los afecta, y son descritos a continuación:

- **Leve.** Usualmente la presentan pacientes con un CI entre 50 y 70, manifestando un retraso intelectual y un ligero daño del campo sensorio motor; estas personas tienen la capacidad para formar parte del sistema educativo e incluso desempeñarse de manera profesional, sin embargo, su aprendizaje lleva más tiempo que el de otras personas.
- **Moderada.** Los pacientes con este nivel de discapacidad poseen un CI por debajo de 50, lo cual genera la necesidad de una supervisión constante, tanto en lo educativo como en lo laboral, aunque es un tanto complicado, con una terapia adecuada pueden tener cierto grado de autonomía.
- **Grave.** En este nivel de discapacidad intelectual, el CI oscila entre 20 y 35, causando que quienes la padecen requieran de una constante supervisión, ya que por lo regular se presenta con afectaciones a nivel neurológico. Por lo anterior, los individuos que la presentan tienen capacidades reducidas, poca o nula comprensión lectora y numérica. Por lo regular estas personas se comunican con holofrases (unión de múltiples palabras en una sola) y legalmente se les considera incapaces de tomar sus propias decisiones.

- **Profunda.** Es el más infrecuente, pues quienes la padecen tienen un CI por debajo de 20; lo que obliga a un cuidado permanente del paciente, además, la tasa de supervivencia es muy baja, ya que normalmente su aparición es acompañada de problemas neurológicos. Las habilidades motrices son limitadas y su capacidad comunicativa es casi nula o inexistente.

Sin importar la razón o el nivel de su condición, los pacientes con discapacidad intelectual necesitan de terapia para mantener una calidad de vida adecuada e incluso recuperar su estado de salud óptima; es más sencillo de sobrellevar su condición si su entorno los apoya haciéndole las cosas más sencillas. Para este tipo de personas es más difícil aprender, comprender y comunicarse, ya que su condición afecta no sólo al individuo, sino también a toda su familia, que ellos presenten discapacidad intelectual no significa que sean enfermos, son personas que si se reúnen las condiciones adecuadas pueden progresar y lograr objetivos.

Los terapeutas utilizan diferentes técnicas para brindar terapia de rehabilitación a personas con discapacidad intelectual, las cuales son descritas en la siguiente sección.

2.2. Terapia de Rehabilitación Cognitiva

Habitualmente el deterioro cognitivo o intelectual requiere de intervenciones específicas para revertirla, disminuirla o retardarla, y con ello mejorar el rendimiento cognitivo. La rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual se lleva a cabo a través de un conjunto estructurado de actividades terapéuticas diseñadas para entrenar la capacidad del individuo para pensar, usar el juicio y tomar decisiones (Moreno & Aguilera, 2002). Este conjunto de actividades compone la llamada terapia de rehabilitación cognitiva, la cual tiene como objetivo mejorar los procesos o funciones cognitivas tales como la atención, la memoria, el lenguaje, entre otras, lo que tiene un impacto positivo en la vida de los pacientes.

La rehabilitación cognitiva se refiere a diferentes métodos o técnicas terapéuticas empleadas con el objetivo de reparar o mejorar el déficit intelectual, originado por lesiones o enfermedades que afectan al óptimo funcionamiento del cerebro (Sohlberg & Mateer, 2001).

El término rehabilitación, se refiere a la recuperación de funciones y/o habilidades cognitivas deterioradas como consecuencia de un suceso en un momento determinado y que, por lo tanto, anteriormente habían tenido un funcionamiento normal; esto lo diferencia de otros conceptos relacionados, tales como el entrenamiento cognitivo, el cual tiene como objetivo mejorar y potenciar las funciones cognitivas que no se han desarrollado o se encuentran disminuidas de nacimiento (Ashley & Hovda, 2018; Bahar-Fuchs et al., 2013).

Sin embargo, en la actualidad, los términos de rehabilitación cognitiva y entrenamiento cognitivo se emplean de manera indistinta la mayoría de las veces. Además, el término rehabilitación se usa en un ámbito más extenso, abarcando todas aquellas situaciones que suponen déficits intelectuales, hayan sido o no producidos después de un desarrollo normal (Bahar-Fuchs et al., 2013).

La rehabilitación de dichos déficits es factible debido a la capacidad cerebral de cambiar, lo que técnicamente se llama plasticidad neuronal, la cual se refiere a la capacidad del sistema nervioso central para adaptarse con el objetivo de minimizar los efectos causados por lesiones. Esto lo hace posible al modificando su organización estructural y funcional (Lehr Jr, 2018). Es decir, es la capacidad cerebral para aprender y potenciar acciones compensatorias que reemplacen a las que no pueden llevarse a cabo por las zonas cerebrales que se encuentran afectadas.

Un concepto adicional es la reserva cerebral, que consiste en la capacidad del cerebro para tolerar lesiones sin que presenten síntomas manifiestos, en otras palabras, el aumentar la reserva cerebral se origina un retraso en la aparición de los síntomas de déficits cognitivos (Staff et al., 2004). El desarrollo de la reserva cerebral se debe a aspectos neurobiológicos como el volumen cerebral y las experiencias de la vida del paciente, (i.e. la educación, la actividad física, la actividad cognitiva, entre otras).

Entonces, considerando como base la plasticidad neuronal, el objetivo de la rehabilitación cognitiva es enfrentar el deterioro cognitivo ya sea causado o bien por la edad o por una enfermedad, rehabilitando o entrenando las funciones cognitivas de los pacientes.

2.2.1. Funciones cognitivas

Hoy en día existen diferentes técnicas y estrategias para que los especialistas (terapeutas ocupacionales u otros profesionales) diseñen tratamientos de rehabilitación cognitiva que apoyen el incremento de las funciones cognitivas que se encuentran afectadas. Las funciones cognitivas son habilidades encargadas de procesar toda la información que el paciente recibe del ambiente, gracias a ellos tiene lugar la cognición, que posibilita conocer el mundo y obtener conocimiento. De acuerdo con diferentes autores (Calvert et al., 2004; Calvert & Thesen, 2004; Campillo Martínez et al., 2005; Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005), algunas de las funciones cognitivas más importantes son:

- **Percepción.** Proceso por el cual se captan, coordinan y codifican las diversas sensaciones que recibimos, tanto del medio externo como del interno, para darles un significado y formar una imagen de nuestro entorno.
- **Atención.** Se refiere a la capacidad para originar, orientar y mantener un estado de activación óptimo para hacer posible el procesamiento de la información relevante.
- **Comprensión.** Es la capacidad que permite a los individuos entender, analizar y reflexionar sobre alguna información que se ha percibido por diferentes medios.
- **Memoria.** Capacidad para registrar, codificar, almacenar y recuperar de manera efectiva información percibida y adquirida de distintas experiencias (ideas, imágenes, acontecimientos, etc.). Existen diferentes tipos de memoria; la sensorial, la de corto plazo y la de largo plazo.
- **Lenguaje.** Es la capacidad de relacionar un sistema de códigos lingüísticos con significados de objetos, acciones, cualidades, etc., que nos permite comunicarnos tanto de manera oral como escrita o gestual. Esta función está íntimamente ligada con la memoria.
- **Razonamiento.** Consisten en la capacidad que permite resolver problemas, obtener conclusiones y aprender de manera sólida de los eventos, de manera que se puedan establecer relaciones causales y lógicas.

- **Orientación.** Capacidad que permite ser conscientes de nosotros mismos y del espacio físico que ocupamos en el ambiente en el que nos encontramos. Esta se relaciona con la memoria, ya que los recuerdos y conocimientos permiten la orientación.

Se pueden mencionar otras funciones cognitivas, tales como las gnosias (capacidad cerebral para identificar información previamente adquirida) o las praxias (habilidades motrices aprendidas que realizan para lograr un objetivo).

La suma de todas funciones cognitivas da forma a las funciones ejecutivas, también identificadas como el sistema administrador del cerebro. Estas consisten en actividades cerebrales complejas que son utilizadas para organizar, dirigir, administrar y evaluar el comportamiento necesario para adaptarse a un entorno y lograr metas.

Diferentes autores (Calvert et al., 2004; Campillo Martínez et al., 2005; Quispe Pérez & Aronés Barreda, 2014; Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005) sugieren que, para entrenar cada uno de los procesos cognitivos hay una combinación o secuencia de percepciones que deben estimularse.

2.2.2. Percepciones

La percepción, es una de las funciones cognitivas, a través del cual los sujetos captan información del ambiente en forma de estímulos que recibe a través de los sentidos, para formar una impresión consciente de la realidad física de su entorno (Stein & Meredith, 1993). La rehabilitación de cada proceso cognitivo puede llevarse a cabo estimulando algunas percepciones específicas; empleando para ello diversas técnicas y herramientas disponibles para la sesión de terapia, las percepciones más comúnmente estimuladas son:

- **Somática.** Consiste en desarrollar la sensación de su propio cuerpo para posibilitar el contacto con el entorno y distinguir entre el medio interno y el externo.
- **Vibratoria.** Muy ligada al sentido auditivo, y consiste en la percepción corporal de oscilaciones rítmicas, originadas por la vibración que producen ciertos instrumentos.

- **Vestibular.** Funciona para bajar el tono muscular y promover la relajación en la persona. Consiste en ofrecer los máximos puntos de referencia de su propio cuerpo, percibir los movimientos en distintas direcciones y el sentido de aceleración y asociar las sensaciones visuales táctiles y propioceptivas.
- **Auditiva.** Es la capacidad para recibir e interpretar la información que llega a nuestros oídos; se debe monitorear si ante la emisión de un sonido o ruido, se produce algún cambio en el cuerpo de la persona.
- **Táctil.** Es la capacidad que nos permite percibir sensaciones del medio a través de las terminaciones nerviosas que se encuentran ubicadas en la totalidad de la piel.
- **Oral-gustativa.** Es la capacidad para detectar productos químicos (olores y sabores) a través de los receptores gustativos situados en la cavidad bucal y sus alrededores.
- **Olfativa.** Es un proceso que inicia en la nariz con la estimulación epitelio olfativo y culmina en los centros cerebrales superiores que, al activarse, hacen ser conscientes de que se percibió un olor.
- **Visual.** Se refiere a la capacidad del cerebro para dar sentido a lo que ven los ojos, consiste en reconocer los estímulos visuales como algo interesante, activar el rendimiento del nervio óptico y aprender a dirigir los movimientos visuales de forma coordinada.

La rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual se ha llevado a cabo a través de diferentes técnicas, entre éstas se encuentran la orientación factual, la inducción, el modelado, el entrenamiento del comportamiento y la estimulación multisensorial (Vlaskamp et al., 2003).

Para este trabajo de investigación nos hemos enfocado en la TEM, pues esta ha demostrado ser útil sin importar la condición que afecta a pacientes (Baillon et al., 2004; Cheng et al., 2017; De Luca et al., 2014; Lopez et al., 2016; Poza et al., 2013; Wijnen et al., 2006), la cual es descrita en la siguiente sección.

2.3. Terapia de Estimulación Multisensorial

De acuerdo con (Lázaro Lázaro, 2009), la estimulación multisensorial es una especialidad terapéutica que se basa en los principios de integración sensorial, mediante el uso de estímulos multisensoriales se estimula directamente al sistema nervioso favoreciendo el desarrollo de los procesos o funciones cognitivas.

La integración sensorial es descrita por (Ayres & Robbins, 2005), como un proceso neurológico que integra y organiza todas las sensaciones que experimentamos tanto de nuestro propio cuerpo como del exterior, y que recibimos de forma continua a través de los sentidos. A su vez, relaciona este proceso con la capacidad del ser humano para procesar esa información, que permite producir continuamente respuestas adaptadas a nuestro entorno y a las cosas que en él tienen lugar.

La TEM consiste en una intervención que proporciona estímulos sensoriales agradables, en un ambiente positivo y relajado, a los sentidos. Se trata de un medio que persigue lograr o mantener un estado de bienestar, sin necesidad de recurrir a grandes exigencias atencionales e intelectuales, ni a mayores procesos cognitivos como la memoria (López-Almela & Gómez-Conesa, 2011).

Según (Bauer et al., 2012) existen varios sinónimos para describir las intervenciones multisensoriales que incluye términos como: terapia multisensorial, terapia ecléctica, terapias complementarias y alternativas, entorno multisensorial, estimulación multisensorial, tratamientos psicosociales y Snoezelen. En este trabajo se adoptó el término estimulación multisensorial, siendo la terapia de este tipo de intervención en la que se centró a investigación.

Existe evidencia (Chan et al., 2005; Macaluso & Maravita, 2010; Russo et al., 2010) de que, si la TEM es proporcionada de manera adecuada, ésta puede fomentar en el paciente una mejora en la comunicación, interacción, comportamiento e integración sensorial.

De acuerdo con (Yuill & Hollis, 2011), la TEM se recomienda para pacientes con discapacidad intelectual y sensorial, que previamente han sido diagnosticados aplicando los criterios y evaluaciones de la CIF. Posterior a su diagnóstico, a cada paciente se le debe

asignar un programa de terapia, que contiene las funciones cognitivas a rehabilitar y un número de sesiones de TEM que requiere para lograrlo.

En (Cui et al., 2017; Finisguerra et al., 2015; Taffou et al., 2015) afirman que, dentro de la TEM los estímulos proporcionados deben ser de alta fidelidad y lo más reales posibles, esto con el objetivo de fomentar una integración sensorial adecuada.

Una de las principales herramientas para brindar la TEM, es una sala de estimulación multisensorial, las cuales son presentadas a continuación.

2.4. Salas de Estimulación Multisensorial

De acuerdo con (Cid Rodríguez & Camps Llauradó, 2010), desde hace algunas décadas, una aproximación novedosa ha cobrado gran importancia en la intervención terapéutica, en campos diversos de la psicología y otras disciplinas, y está generando en la comunidad científica un creciente número de investigaciones. Se trata de la intervención en Ambientes Multisensoriales, que apareció en Holanda a finales de los años setenta bajo el nombre de Snoezelen, y que se ha extendido por todo el mundo.

El origen de la palabra Snoezelen (Hulsegge & Verheul, 1987) proviene de la unión de dos palabras holandesas “snuffelen” (oler) y “doezelen” (relajarse). Por lo tanto, esta intervención tiene como objetivo brindar a las personas experiencias agradables, para fomentar su bienestar emocional y su nivel de relajación.

Snoezelen surgió del haber identificado que las personas con distintas discapacidades interactúan con su ambiente a través de los sentidos y del movimiento. Por lo que, a pesar de que la intervención en Snoezelen puede realizarse en cualquier espacio y momento del día, fue necesario diseñar espacios accesibles física e intelectualmente llamados salas de estimulación multisensorial (SEM).

Una SEM consiste en un espacio acondicionado con materiales adecuados para que los usuarios estén expuestos a estímulos controlados, los cuales pueden ser adaptados de acuerdo a la motivación, los intereses, el ocio, la relajación y las necesidades terapéuticas o educativas del usuario (Hope et al., 2004). Estas salas se basan en la idea de que el mundo en el que vivimos está repleto de sensaciones producidas por la luz, el sonido, el olor, el tacto,

etc., a los que tenemos acceso a través de nuestros órganos sensoriales, la SEM tiene como uno de sus objetivos potenciar todas estas entradas sensoriales (Burns et al., 2005).

De acuerdo con distintos autores (Haggard & Hutchinson, 1991; Heredero et al., 2013; Navarro, 2020; Schofield, 1996), existen varios tipos de SEM, entre los que se pueden mencionar:

- **Blanca:** en ellas prima el color blanco y se busca la relajación, la seguridad, el confort y la estimulación pasiva por medio del descubrimiento y la espontaneidad.
- **Negra:** esta posee un interior negro, luces ultravioleta y elementos que brillan bajo esta luz, lo que da una sensación de animación, en ellas se requiere de la participación activa del paciente para favorecer el aprendizaje, la activación motora y la búsqueda de la sorpresa.
- **Aventura:** para esta lo fundamental es contar con material perceptivo-motor (elementos con color, textura, olor, etc.). Busca favorecer el desarrollo sensorial, cognitivo y el desarrollo motor de manera paralela, fomentando la participación del sujeto.

Comúnmente, en una SEM se cuenta con estímulos regulados y controlables proporcionados a través de diferentes dispositivos o materiales que emiten: luces, sonidos, texturas, imágenes, aromas, vibración, etc. Las SEM hacen posible que los pacientes experimenten dichos estímulos empleando para ello de diferentes dispositivos como, por ejemplo: el tubo de burbujas, la fibra óptica, la piscina de bolas, los elementos vibro-acústicos o las proyecciones (ver Figura 2.1).

La SEM posibilita crear un ambiente acorde a las necesidades e intereses de cada paciente en todo momento, beneficiando siempre su bienestar, así como un grado de activación adecuado, el cual propicia la comunicación y la motivación para la realización de las actividades de su sesión de terapia, de su quehacer educativo e incluso lúdico. Es por ello que la estimulación sensorial es adecuada para ejercitar/estimular los sentidos y con ello lograr el desarrollo de otros aspectos intelectuales, emocionales o relacionales.



Figura 2.1. SEM tipo aventura del CRI Ensenada, la más común que se puede hallar en centros de rehabilitación y algunos de los materiales más utilizados en ellas.

Sin embargo, existe evidencia (Baker et al., 2003; Cui et al., 2017; Fava & Strauss, 2010; Martín et al., 1998) de que la TEM también se puede aplicar desde la cotidianidad. Teniendo siempre presente un objetivo claro, se pueden promover funciones cognitivas como: relajación, confianza, autocontrol, exploración y el desarrollo de capacidades creativas, toma de decisiones, concentración, atención, entre otras.

Para desarrollar estos objetivos tanto en una SEM como en un espacio distinto destinado para brindar TEM se pueden emplear diversas herramientas, que pueden ser muy sencillas o muy sofisticadas técnicamente. El objetivo debe ser siempre el mismo, brindar al paciente experiencias sensoriales y personales a las que, debido a su condición y características no tienen acceso o éste es limitado.

Tratar de definir los elementos que deben estar presentes en una sesión de TEM, no es tarea fácil, pues cada sesión es particular en cuanto a personal y recursos para equipamiento. De acuerdo con algunos autores (Baillon et al., 2002; Campillo Martínez et al., 2005; Castelhana et al., 2013), el uso de las SEM como herramienta de rehabilitación la hace cada terapeuta de acuerdo a su experiencia y capacitación.

Además, no se pudo identificar una metodología universalmente aceptada para la aplicación de la TEM, sin embargo, aunque no de manera formal, se encontraron algunas propuestas.

2.5. Metodologías Propuestas para TEM

Una metodología se refiere a un conjunto de procedimientos o pasos utilizados para alcanzar un objetivo determinado (Eyssautier de la Mora, 2002). En cuanto a la forma como se debe desarrollar la TEM, se identificaron algunos trabajos en los que se proponen metodologías y materiales para proporcionarla, donde el/la terapeuta o cuidador/a juega un rol muy importante dentro de la terapia. Es de notar que, de acuerdo a la literatura, España es uno de los países donde más experiencia y conocimiento se posee acerca de la TEM.

Entre las propuestas identificadas, en primer lugar en (Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005) se describe una metodología para aplicar TEM, bajo la premisa de que no puede realizarse una terapia exitosa sin captar la atención del paciente, de manera que este pueda atender las instrucciones que le da el/la terapeuta. Además, se detalla la forma como deben estimular cada sentido y los materiales que pueden emplearse para ello, sin necesidad de una SEM.

Por otra parte, en (Campillo Martínez et al., 2005) se presenta una metodología para TEM destacando el papel del terapeuta, pues es una fuente de información primordial para la configuración de las sesiones de terapia. Esto debido a que el terapeuta tiene: a) conocimientos sobre la patología/condición del paciente; b) experiencia y/o formación en TEM y; c) conocimiento sobre las posturas y ergonomía de cada paciente. Todo ese conocimiento abona a lograr el objetivo de la TEM y obtener mejores resultados en la rehabilitación.

Otro trabajo identificado, es la tesis titulada “Estimulación Multisensorial: Guía de Materiales y Actividades” (Sangrador Zarzuela, 2012), en este se dan pautas y orientación de tipo metodológico a nivel de espacios, materiales y actividades que sirven para encauzar una sesión de TEM. En este trabajo también definen y describen una SEM como el espacio físico o ambiente controlado donde se lleva a cabo la estimulación de los sentidos.

Por último, se cuenta con una guía para TEM elaborada en Perú con el apoyo del Ministerio de Salud (Quispe Pérez & Aronés Barreda, 2014). En esta guía se describe información teórica y práctica sobre la manera de abordar una sesión de terapia en una SEM. Para ello sugiere actividades y materiales útiles para estimular cada uno de los sentidos.

A pesar de ser propuestas metodológicas o guías diferentes, todas ellas tienen varios aspectos en común, los cuales son descritos a continuación.

2.5.1. Principios de la Estimulación Multisensorial

En (Fröhlich & Haupt, 1982) se presenta un conjunto de principios en los que se basa la TEM para ser exitosa, en las propuestas metodológicas descritas previamente se hace énfasis en que fueron tomadas en cuenta para su desarrollo las siguientes:

- **Naturalización:** el desarrollo de la terapia no contempla la segmentación del programa de terapia, por ello se debe realizar una intervención global. Se deben aprovechar las condiciones de espacio, materiales y de personal que existen para adaptar la TEM a cada institución y, atender de manera eficiente a cada paciente.
- **Individualización:** la necesidad de un trabajo individualizado y muy especializado con los pacientes, requiere por parte de todos los profesionales que lo atienden, un conocimiento de la problemática y las necesidades particulares de cada uno de ellos.
- **Latencia:** el tiempo de respuesta de estos pacientes en muchas ocasiones es más lento, por lo que se debe tener paciencia y la capacidad de saber esperar esas respuestas para ir adaptando los estímulos de acuerdo a las necesidades particulares del momento y las reacciones.
- **Relación personal:** la interacción con pacientes con discapacidad intelectual requiere de cierta actitud e implicación personal, que no es posible si el experto multisensorial no está lo suficientemente motivado, centrado y/o con una actitud favorable.

De acuerdo a estos principios, la sesiones de TEM deben adaptarse a un paciente particular y su comportamiento del día a día, para ello, cada una de la sesión de terapia debe contar con una dieta sensorial personalizada, orientada a rehabilitar una función cognitiva a través de un conjunto de percepciones estimuladas con diferentes materiales.

2.5.2. Dieta Sensorial

Una vez que se ha identificado y diagnosticado a un paciente con dificultades de procesamiento intelectual o sensorial, son los terapeutas quienes luego de haber identificado las dificultades en el procesamiento sensorial (alteraciones sensoriales) elaboran un plan de tratamiento integral individualizado (dieta sensorial) que cubre el programa de terapia que recomiende un médico.

Aunque la intervención terapéutica directa es un componente clave en el proceso, habitualmente se lleva a cabo la implementación de una dieta sensorial dirigida a las necesidades sensoriales del paciente a lo largo del día (Wilbarger, 1995).

La dieta sensorial permite al paciente la oportunidad para recibir estímulos sensoriales beneficiosos para él en intervalos frecuentes, permitiéndole así participar de lleno en las actividades que componen su horario diario. Para conseguir un efecto óptimo, la dieta sensorial debe ser diseñada únicamente para las necesidades de procesamiento sensorial de ese paciente (Wilbarger, 1995). De este modo, el paciente se beneficiará de estímulos sensoriales específicos que están en concordancia con el enfoque de tratamiento recomendado.

En las cuatro propuestas metodológicas analizadas pudo identificarse la presencia de una dieta sensorial, la cual dirige la aplicación de cada una de las sesiones de TEM que pueden diseñarse.

Para el diseño de cada una de las dietas sensoriales se deben considerar tanto las funciones cognitivas que deben de rehabilitarse, como las percepciones a través de las cuales se estimulará al paciente. Cada tipo de percepción tiene una forma y un conjunto de materiales con los que puede estimularse.

2.5.3. Percepciones y su estimulación

En la Tabla 2.1 se hace un compilado de las diferentes percepciones que abordan las metodologías analizadas, enfocada la forma como sugieren estimularla y los materiales que pueden servir para hacer una adecuada estimulación de cada una de ellas.

De acuerdo con la revisión de literatura presentada en este capítulo, fue posible estructurar la información de manera que permitiera contestar a las preguntas: ¿Qué es la

TEM? ¿Para qué sirve la TEM? Y, ¿Cómo se lleva a cabo la TEM? La respuesta a estas preguntas puede observarse gráficamente en la Figura 2.2. Además, el entendimiento obtenido de la respuesta a las preguntas, apoyó para identificar las características de un espacio donde puede brindarse TEM de manera eficiente, también permitió conocer los materiales de estimulación que se emplean para estimular cada percepción, así como cuáles de ellos pueden ser replicados o al menos el servicio de estimulación que brindan, empleando tecnología.

La información contenida en la Figura 2.2 nos ayudó también a delinear un área de oportunidad, para posteriormente enfocarnos en explorar la literatura en busca de modelos o guías que puedan ser aplicadas para el desarrollo de sistemas o dispositivos de apoyo a la estimulación multisensorial para la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual.

En el siguiente capítulo se describe una serie de trabajos relacionados, en los que proponen herramientas tecnológicas para estimular los diferentes sentidos (percepciones) con el objetivo de conseguir la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual.

Tabla 2.1. Procedimiento y materiales sugeridos por (Campillo Martínez et al., 2005; Quispe Pérez & Aronés Barreda, 2014; Sangrador Zarzuela, 2012; Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005) para estimular cada una de las percepciones.

| Percepción | Procedimiento | Materiales |
|-----------------------|--|--|
| Somática | Proporcionar sensaciones por todo el cuerpo, empezando por los elementos más suaves y terminar con aquellos más agresivos y que provocan mayor sensibilidad somática. | Piscina de pelotas, secador de cabello, ventilador, cremas, espumas o aceites, esponjas, objetos vibradores. |
| Vibratoria | Estimular suave y repetidamente por todo el cuerpo, primero con ritmo constante y luego con cambios de ritmo; la estímulos deben durar máximo 20 segundos. | Masajeadores con vibración, cepillo dental eléctrico, instrumentos musicales que producen vibración, juguetes con vibración, colchoneta de masaje. |
| Vestibular | Mecer al paciente, bailar, girar, voltear, juegos en círculo, todo lo que permite su afectación y su edad. Se pueden estimular otras percepciones a la vez. | Silla mecedora, hamaca, columpio, pelotas, entre otras. |
| Auditiva | Comprobar la captación de sonido por parte del paciente y después variar el lugar donde se coloca la fuente del ruido. Cada estímulo debe durar 20 segundos. | Instrumentos musicales, juguetes con sonido, equipo de sonido sonajas o voz humana. |
| Táctil | Habituarse al paciente a los estímulos, para hacerlos consciente de las partes sensibles de sus manos, ya se moviéndolas o manipulándolas. Posteriormente que puedan sujetar, mover o dejar caer voluntariamente objetos. | Saquitos de texturas, colchón multisensorial, bufandas o pañuelos de texturas, material de rociado, tablas de texturas, piso de texturas, entre otros. |
| Oral-Gustativa | Prueba directa de alimentos, para lograr la identificación de sabores y texturas. Se debe ir tocando el rostro con los alimentos y poco a poco acercarlos hacia la región bucal. Evitar interferencias de olores ajenos a los alimentos usados para la estimulación. | Objetos fríos (hielos, paletas heladas, etc.), pastas de sabores, jugos, pinceles, plumas, paletas de caramelo, entre otros. |

Tabla 2.1. Procedimiento y materiales sugeridos por (Campillo Martínez et al., 2005; Quispe Pérez & Aronés Barreda, 2014; Sangrador Zarzuela, 2012; Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005) para estimular cada una de las percepciones. (continuación).

| | | |
|-----------------|--|---|
| Olfativa | El espacio de trabajo debe estar delimitado por un olor específico agradable para el paciente, de acuerdo con sus preferencias de aromas. Se debe evitar la concentración de olores que puedan dar lugar a confusiones. Es importante usar esencias lo más naturales posible; además debe hacerse una pausa perceptible entre cada estímulo. | Contenedores de esencias, especias, inciensos, velas aromáticas, difusores de aromas. |
| Visual | El objetivo es la adquisición de una correcta fijación ocular, posteriormente un seguimiento ocular adecuado y, finalmente, la acomodación y la convergencia binocular. Esto se logra con estímulos generalmente cortos, que posteriormente van aumentando su duración e intensidad. | Lámparas de lava, lámparas luminosas, fibras ópticas, mangueras de luces led, proyectores, entre otras. |

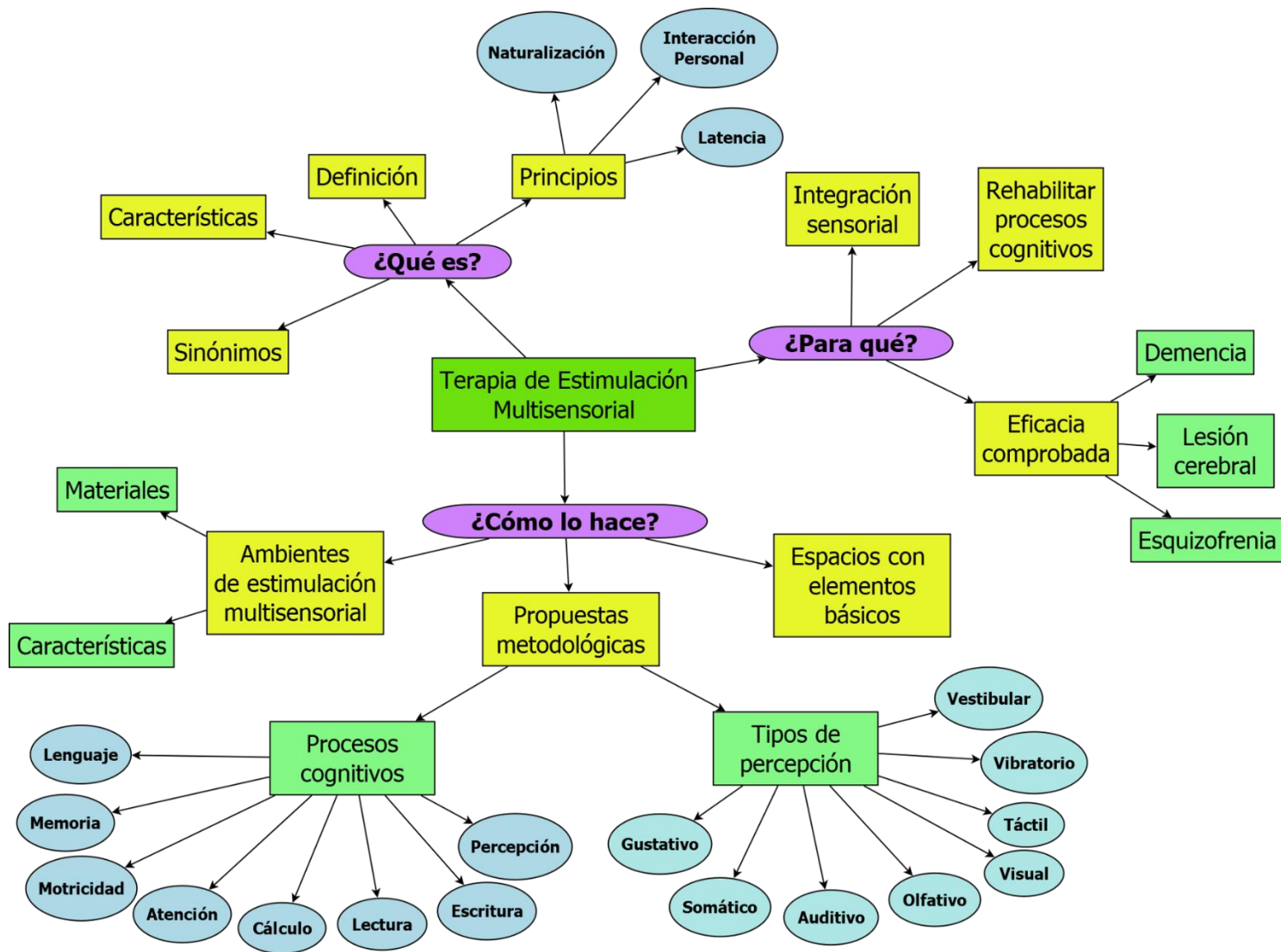


Figura 2.2. Mapa conceptual con conceptos centrales identificados en la revisión de la literatura.

Capítulo 3

Trabajo Relacionado

A través de los años los avances tecnológicos han ido poco a poco incorporándose y casi de manera automática en nuestro ambiente, ejemplo de ello son los videojuegos de realidad virtual, robots de cocina, teléfonos o relojes inteligentes, sin olvidar, los avances computacionales, como Internet.

Recientemente se han incrementado los avances tecnológicos, alguno de los cuales han podido ser implementados en los programas de rehabilitación de personas con discapacidad, tanto en desarrollo de productos, dispositivos como equipos para trabajar y mejorar la capacidad funcional de los pacientes.

Hoy en día la rehabilitación asistida por computadora ha cobrado un especial interés, debido al cada vez más frecuente y generalizado uso de las computadoras e Internet (Adrián et al., 2006). En la actualidad es común encontrar en los consultorios de los especialistas de la salud equipo de cómputo con sistemas especializados instalados e incluso salas de tele consulta en las clínicas.

En este capítulo se presentan una serie de sistemas y dispositivos identificados en la literatura, los cuales son propuestos como sistemas de estimulación sensorial o multisensorial creados con fines terapéuticos, y/o que presentan una guía para el diseño o desarrollo de sistemas de estimulación multisensorial para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual.

Si bien, cualquier sistema puede ser considerado como multisensorial al emplear al menos las dos modalidades de interacción tradicionales (audio y video), para este trabajo se

tomaron en cuenta aquellos que explícitamente fueron creados para estimulación multisensorial y aquellos que emplean modalidades de interacción no tradicionales (olfato y/o tacto) en conjunto con alguna de las modalidades tradicionales.

En la Tabla 3.1 se enlistan los diferentes trabajos identificados, haciendo énfasis en su aportación principal (sistema o referencia para el desarrollo de sistemas), el objetivo para el que fue desarrollado y el área de aplicación para la que está destinado. También, los trabajos en los que aplica, se destacan tanto la modalidad de interacción que emplean como los servicios de estimulación que implementa para alcanzar su objetivo.

A continuación, se describen los trabajos relacionados de acuerdo al tipo de su aportación principal.

3.1. Guías para el diseño de sistemas de apoyo a la TEM para pacientes con discapacidad intelectual

Durante la revisión de literatura se encontraron trabajos que brindan alguna referencia (modelos o guías de diseño) que orienta a los desarrolladores de software en cuanto a las características, elementos o servicios que deben incluir en un sistema que intente dar soporte a la TEM para pacientes con discapacidad intelectual a través del uso de interfaces multimodales.

El primero de ellos es el Proyecto Malha (Castelhano & Roque, 2015), en él se presenta una réplica en un ambiente virtual del juego tradicional portugués del mismo nombre (ver Figura 3.1), proporcionando retroalimentación audiovisual a los jugadores, este busca la integración del terapeuta y el paciente en un ambiente lúdico. Con base en el desarrollo hecho, proponen 6 guías de diseño para el desarrollo de juegos de computadora para pacientes con discapacidad intelectual, en un contexto de SEM:

1. El juego debe enviar señales lúdicas en modo pasivo, como invitaciones a jugar.
2. El juego funcionará en una proyección de vídeo, sin utilizar dispositivos periféricos.

Tabla 3.1. Trabajos relacionados identificados y sus principales aportaciones.

| Referencia | Aportación principal | Objetivo | Área de aplicación | Modalidad de interacción | Servicios de estimulación sensorial implementados | Estímulos Configurables |
|----------------------------|---|--|---------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|
| (Castelhano & Roque, 2015) | 6 guías de diseño Videojuego Malha | Integrar a paciente y terapeuta en un ambiente divertido | Rehabilitación Cognitiva | Audio Gráficos Gestual | Visual Auditivo | No |
| (Gelsomini et al., 2018) | 6 guías de diseño Dispositivo Ahù | Aprendizaje lúdico e integración de niños con discapacidad intelectual | Educación | Audio Voz Gráficos | Visual Auditivo | No |
| (Kortum, 2008) | Guías de diseño | Proponer las percepciones como un medio de interacción humano computadora no tradicionales | Cualquiera | N/A | N/A | N/A |
| (Jakob & Collier, 2017) | Recomendaciones de diseño para un espacio de EM | Apoyar el diseño de espacios de EM para pacientes con demencia | Rehabilitación Cognitiva | N/A | N/A | N/A |
| (Cibrian et al., 2017) | Sistema BendableSound | Promover la atención y el desarrollo motriz en niños con autismo severo | Rehabilitación Cognitiva | Audio Gráficos Gestual | Visual Auditivo Táctil | No |
| (Perhakaran et al., 2015) | Sistema SnoezelenCAVE | Entrenar la atención y la memoria de niños con autismo | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos Voz Gestual | Visual Auditivo | No |

Tabla 3.1. Trabajos relacionados identificados y sus principales aportaciones (continuación).

| | | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|----------------------------|------------------------|----|
| (Seo et al., 2015) | Sistema Touchology | Entrenar la memoria y atención de niños con autismo y adultos mayores | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos Audio Gestual | Visual Auditivo Táctil | Si |
| (Lee et al., 2014) | Sistema Shape-Changing Robot | Entrenar la atención y el desarrollo motriz de pacientes con accidente cerebro vascular | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos Gestual | Visual Táctil | No |
| (Hamidi et al., 2017) | Dispositivo StimuHat | Promover la atención de pacientes con daño cerebral mientras reciben TEM | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos | Visual | Si |
| (Mabutchi et al., 2015) | Sistema de Soporte a la Rehabilitación | Rehabilitar personas con dificultades del habla | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos Audio | Visual Auditivo | No |
| (Mauri et al., 2009) | Sistema ITSE | Permitir a pacientes con parálisis cerebral explorar, expresar, jugar y disfrutar actividades en una computadora | Rehabilitación Cognitiva | Gráficos Audio Gestual Voz | Visual Auditivo Táctil | No |
| (Olofsson et al., 2017) | Sistema Digital Odor Memory | Entrenar la memoria y atención de los usuarios | Cualquiera | Gráficos | Visual Olfativo | No |
| (Olofsson et al., 2017) | Sistema Scenter | Entrenar la memoria y atención de los usuarios | Sugerido para Rehabilitación Cognitiva | Gráficos | Visual Olfativo | No |

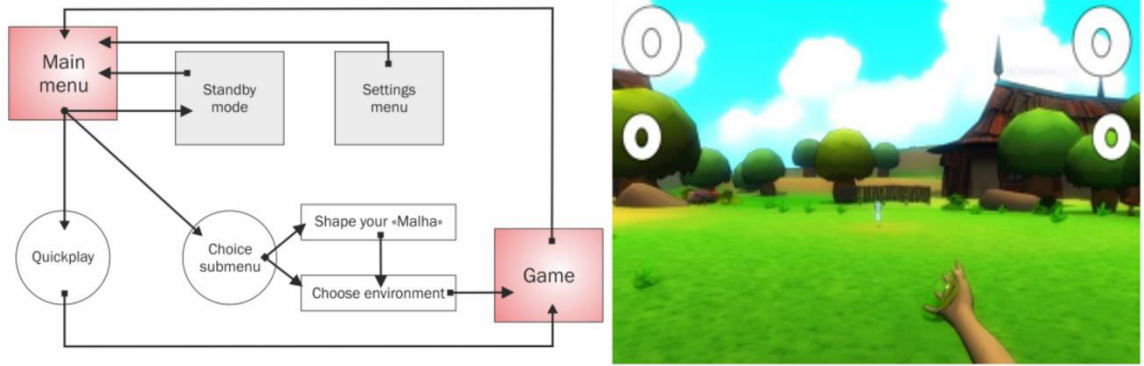


Figura 3.1. Flujo de operación y una perspectiva de la implementación de Malha (tomada de (Castelhano & Roque, 2015)).

3. El juego debe brindar una gratificación continua y coordinación de la estimulación sensorial como refuerzo positivo cuando se consigue el objetivo.
4. El juego debe contar con un módulo para la elección y configuración de la apariencia de los personajes.
5. Flexibilidad de desempeño, para equilibrar y tolerar los movimientos involuntarios de los jugadores.
6. Configuración de la dificultad para adaptarse a los diferentes niveles de habilidad de los jugadores.

Por otra parte, en el trabajo de (Gelsomini et al., 2018), se describe el diseño de Ahù (ver Figura 3.2) una solución multisensorial inteligente nómada para el aprendizaje lúdico de los niños que considera la inclusión de niños con discapacidad intelectual. Ahù tiene una combinación de características que lo hacen único respecto a las actuales tecnologías multisensoriales disponibles para el aprendizaje: tiene forma de tótem, admite estímulos multimedia comunicándose a través de la voz, las luces y los contenidos multimedia proyectados en dos campos diferentes en el suelo y permite juegos cooperativos y competitivos. Con la experiencia adquirirá en su construcción, proponen una serie de guías de diseño para este tipo de sistemas:

1. Establecimiento de objetivos claros y concisos para cada actividad,
2. Determinación de un conjunto correcto y exhaustivo de requisitos para el usuario

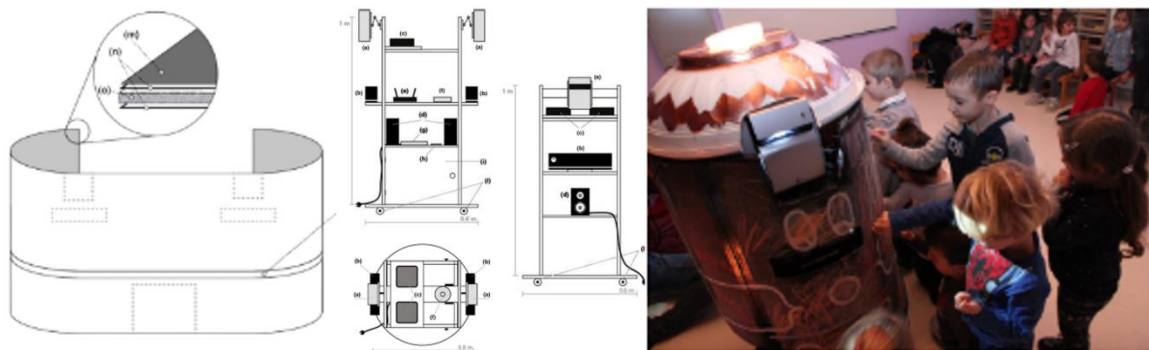


Figura 3.2. Diseño físico e implementación del dispositivo Ahù (tomada de (Gelsomini et al., 2018)).

3. Garantizar que la actividad satisface las expectativas del usuario.
4. Establecimiento de objetivos.
5. Suministro de contenidos útiles y motivadores.
6. Utilizar el enfoque de Diseño Universal para el Aprendizaje (Rose & Meyer, 2002).

De ambos trabajos analizados se puede concluir que, cualquier aplicación desarrollada para apoyar la TEM, debe ser totalmente personalizable a las necesidades y niveles de destreza del usuario, y buscar una estrategia para mantenerlo interesado en su terapia.

En el libro *HCI Beyond the GUI* (Kortum, 2008) brindan guías de diseño generales para diseñar interfaces que empleen las diferentes percepciones humanas como un medio de interacción humano-computadora. Este separa cada una de las percepciones como un medio de interacción y dan detalles sobre cómo debe implementarse una interfaz háptica, de voz, olfativa, y otras interfaces no tradicionales (audio y video). La desventaja de estas guías de diseño es, que no consideran usuarios con algún grado de discapacidad intelectual o ninguna otra. Por lo tanto, estas guías no se pueden utilizar de manera puntual para desarrollar sistemas de apoyo a la TEM, sino que se deben adaptar a las características que presentan los pacientes con discapacidad intelectual.

Por último, se identificó un trabajo ajeno al desarrollo tecnológico (Jakob & Collier, 2017), pero que se considera importante porque define una serie de recomendaciones para el diseño de espacios multisensoriales para pacientes con demencia (discapacidad intelectual),

los cuales enriquecen la experiencia sensorial de los usuarios. Las recomendaciones más relevantes son:

1. Mobiliario: se deben ofrecer tejidos suaves y táctiles en lugar de vinilo, proporcionar posiciones de asiento cómodas y relajantes pero estimulantes.
2. Proporcionar un clima agradable: temperatura confortable, buena calidad del aire, nivel de oxígeno suficiente.
3. Proporcionar un espacio visualmente tranquilo con un enfoque visual para evitar la sobre estimulación: eliminar la decoración innecesaria y limitación de los estímulos visuales.

Estas guías identificadas tanto para el desarrollo de tecnología, como para el diseño de espacios físicos, proporcionaron una primera idea del aspecto y características de que debe poseer un PS4MS para que sea una herramienta útil para apoyar la rehabilitación cognitiva de pacientes con discapacidad intelectual, empleando la TEM.

De manera adicional, se identificaron un conjunto de sistemas propuestos para la estimulación sensorial de pacientes con discapacidad intelectual, la mayoría de ellos fueron desarrollados con el objetivo de rehabilitar alguna función cognitiva específica a través de la estimulación de una o más percepciones.

3.2. Sistemas para rehabilitación del trastorno del espectro autista

En cuanto a sistemas de apoyo a la rehabilitación cognitiva de pacientes con trastorno del espectro autista, se pudieron identificar una serie de trabajos que explícitamente fueron diseñados para ello, entre los que podemos mencionar:

BendableSound (Cibrian et al., 2017), una superficie elástica formada por una tela de lycra táctil e interactiva que permite a los niños con autismo crear sonidos cuando tocan, golpean o pellizcan la tela (ver Figura 3.3). Los sonidos musicales están ordenados ascendentemente y tiene un fondo en 3D de color azul neón oscuro con una animación de nebulosas y elementos espaciales traslúcidos como cohetes o planetas. BendableSound cuenta con actividades abiertas y estructuradas de acuerdo a las características y preferencias del paciente.

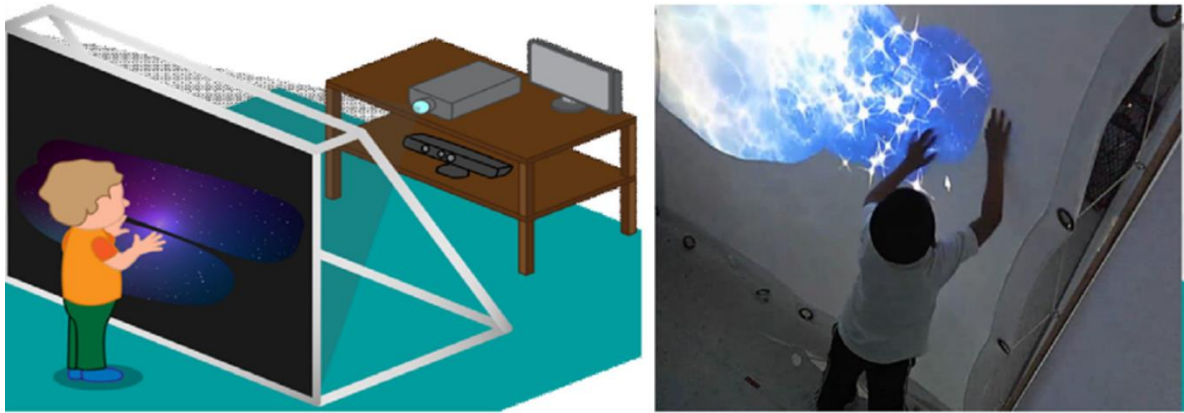


Figura 3.3. Diseño y prototipo en uso de BendableSound (tomada de (Cibrian et al., 2017)).

El sistema utiliza una estructura de PVC de 1,5 m³ donde se coloca la tela de lycra. Detrás de la tela se usa un Kinect para detectar las interacciones de los usuarios, un proyector de corto alcance para mostrar las animaciones y bocinas para reproducir los sonidos, este hardware está conectado a una computadora que ejecuta la dinámica de juego. Este sistema hace posible entrenar la atención y desarrollo motriz con estímulos auditivos, visuales y táctiles.

Por otra parte, en el trabajo de (Perhakaran et al., 2015) se presenta una propuesta de sistema bajo una nueva técnica llamada "SnoezelenCAVE" que se basa en la tecnología de realidad virtual inmersiva. En esta técnica, se desarrolla un ambiente multisensorial (por ejemplo, una SEM) de manera virtual (ver Figura 3.4), el cual incluye la integración de un dispositivo de movimiento de manos y un sistema de reconocimiento de voz. Esta propuesta de diseño se centra en entornos virtuales que estimulen el aprendizaje visual, las técnicas auditivas y el método de interacción natural con la mano libre en entornos virtuales relajantes. El objetivo de SnoezelenCAVE es mejorar tres aspectos de la capacidad intelectual que son las habilidades motoras, cognitivas y sociales en los niños con autismo. En cuanto a funciones cognitivas, promueve la atención y la memoria a través estímulos visuales, auditivos. Los autores mencionan que SnoezelenCAVE sigue los procedimientos estandarizados de un TEM, sin embargo, no aclaran si los estímulos son configurables de acuerdo a las necesidades o características del paciente.

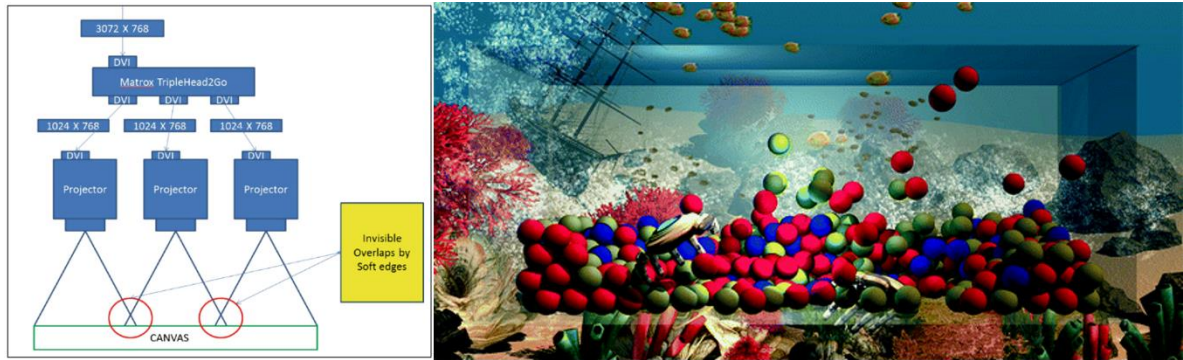


Figura 3.4. Configuración del ambiente virtual y un ambiente virtual implementado con SnoezelenCave (tomada de (Perhakaran et al., 2015)).

Otro de los trabajos identificados es Touchology (Seo et al., 2015), el cual consiste en una serie de dispositivos que evocan la serenidad explorando la cualidad meditativa del tacto con plantas (reales o artificiales) a las que se puede acceder en casa o en interiores. Los dispositivos que integran Touchology (ver Figura 3.5) guardan todos los componentes necesarios en un pequeño contenedor, por lo que este puede colocarse en cualquier lugar a gusto del usuario y ampliar su experiencia con la naturaleza:

- Flora Touch, utiliza una pequeña planta en maceta que genera un ambiente audiovisual que responde al suave toque de la planta por parte del ser humano.
- Grass, consiste en un campo de fibra óptica que parece hierba y componentes electrónicos que incluyen LEDs y altavoces en un contenedor base. Los usuarios pueden explorar diferentes sonidos de la naturaleza (agua, viento, pájaros y grillos) y patrones de iluminación LED proyectados en las puntas de las fibras ópticas mediante el tacto.

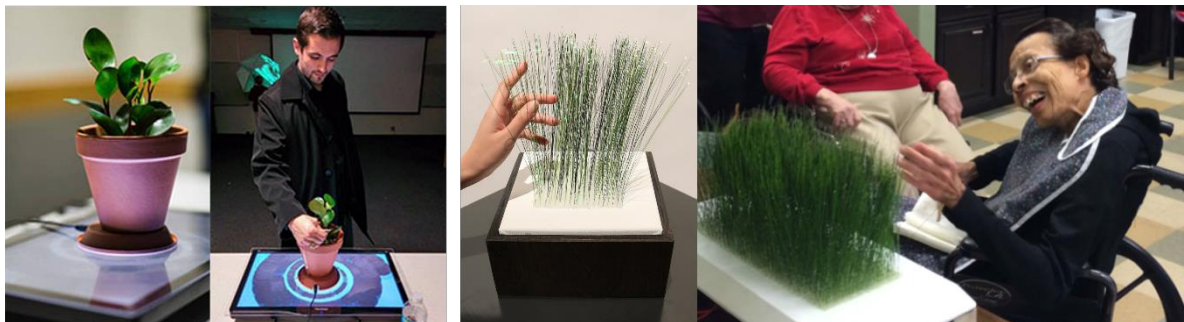


Figura 3.5. Interacción de usuarios con FloraTouch y Grass (tomada de (Seo et al., 2015)).

En general, Touchology pretende rehabilitar o entrenar las funciones cognitivas de memoria y atención a través del tacto, vista y oído. Sus estímulos visuales y auditivos son configurables de acuerdo a los estímulos táctiles que recibe la planta (fuerza, duración, etc.).

De acuerdo con las propuestas de sistema identificadas para apoyar la rehabilitación de pacientes con autismo, las funciones cognitivas que mayormente se intenta rehabilitar o entrenar son la atención y la memoria, sin embargo, a menudo este tipo de pacientes también presentan deficiencias en el lenguaje y las funciones ejecutivas (razonamiento, planeación, etc.), las cuales han sido dejadas de lado. Además, en cuanto a las percepciones que estimulan estos sistemas para lograr sus objetivos, estos dejan de lado el olfato y el gusto.

3.3. Sistemas para rehabilitación de lesiones cerebrales

En primer lugar, se describe el sistema Shape-Changing Robot (Lee et al., 2014), el cual tiene como objetivo la rehabilitación de personas que sufrieron un accidente cerebro vascular. Este es un sistema interactivo de sobremesa con una superficie deformable (ver Figura 3.6) que proporciona retroalimentación viso-táctil como retroalimentación multisensorial, en lugar de la retroalimentación unimodal típica. Además, en el trabajo muestran resultados que apoyan la premisa de que el sistema Shape-Changing ayuda a los pacientes a mantener su atención en el juego a través de una estimulación más fuerte que la interfaz virtual, y también induce de forma natural varios agarres debido a su forma física y a los elementos cinéticos de su forma.

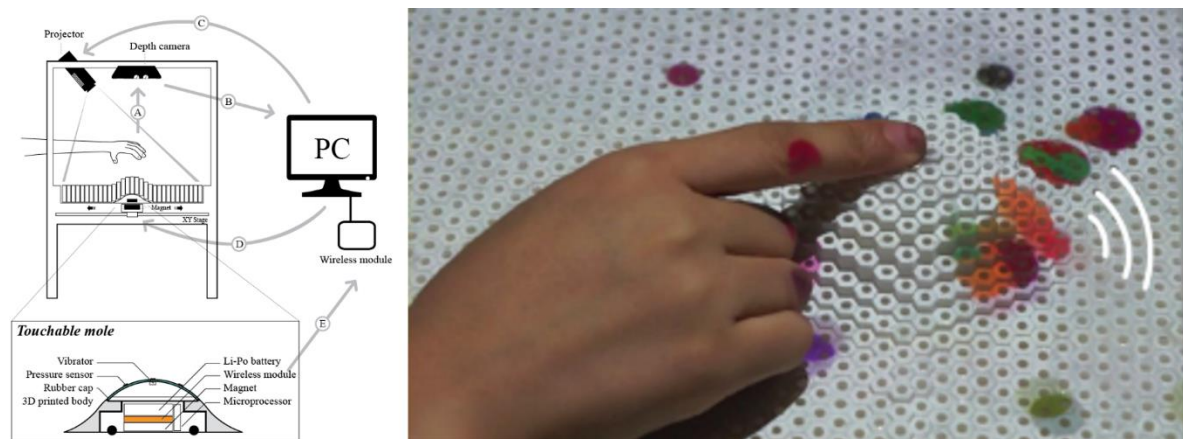


Figura 3.6. Diseño del sistema Shape-Changing Robot y el prototipo funcionando (tomada de (Lee et al., 2014)).

También se encontró StimuHat (Hamidi et al., 2017), un sistema vestible diseñado para que un terapeuta lo lleve puesto y proporcione estimulación visual a los pacientes con daño cerebral en una SEM. Consiste en un sombrero dotado de un microcontrolador y luces LED programables (ver Figura 3.7), y un guante sin dedos con botones de activación. Puede combinarse con sensores de bioseñal que detectan el estado afectivo del paciente durante la terapia y cambian el color, la intensidad y los patrones de movimiento de las luces incorporadas en función del estado afectivo del paciente.

StimuHat resultó eficiente para atraer la atención de los pacientes y mantenerlos interesados en su terapia a través de estímulos visuales atractivos, reactivos y personalizados.

En cuanto a los sistemas de apoyo a la rehabilitación de pacientes con daño cerebral, estos están aún más limitados en cuanto a las funciones cognitivas que entrenan, pues sólo reportan haber fomentado la atención de los pacientes durante sus sesiones de TEM. Y los estímulos que usan son el tacto y la vista. Sin embargo, al igual que los sistemas para apoyar la rehabilitación de pacientes con autismo, los estímulos se van configurando y personalizando de acuerdo a las acciones o comportamiento del paciente al hacer uso de los sistemas.



Figura 3.7. StimuHat y su uso en una SEM con un paciente con daño cerebral (tomada de (Hamidi et al., 2017)).

3.4. Sistemas útiles para rehabilitación de funciones cognitivas

También se pudo identificar otro grupo de sistemas que se pueden emplear para rehabilitar funciones cognitivas, sin mencionar si la afectación a dichas funciones es por alguna condición médica específica. Algunos de estos sistemas de estimulación multisensoriales no fueron desarrollados explícitamente para fines médicos o terapéuticos, sin embargo, sugieren su uso para entrenar funciones cognitivas. Entre estos sistemas podemos mencionar:

En (Mabutchi et al., 2015), se describe el Sistema de Soporte a la Rehabilitación (RSS por sus siglas en inglés) para pacientes con dificultades del habla. Con este sistema se estimula la vista y el oído, utilizando un iPad como dispositivo de interfaz multimodal, en lugar de tarjetas ilustradas, cronómetro, hojas de respuesta, hoja de registro, instrumentos de escritura y terapéuticos (ver Figura 3.8). Se desarrollan tres tareas de rehabilitación como información visual a información de texto (tarea de escritura), información de texto a información visual (tarea de lectura) e información de voz a información visual (tarea de audición). El sistema mide sus tiempos de respuesta a las tareas, y los datos medidos se envían a una base de datos en la nube para diagnosticar el progreso del paciente. Los ejercicios y actividades mostradas a los pacientes van modificando su nivel de dificultad de acuerdo con la evaluación y avance de cada paciente, de manera que este no se sienta abrumado y desista de su terapia.

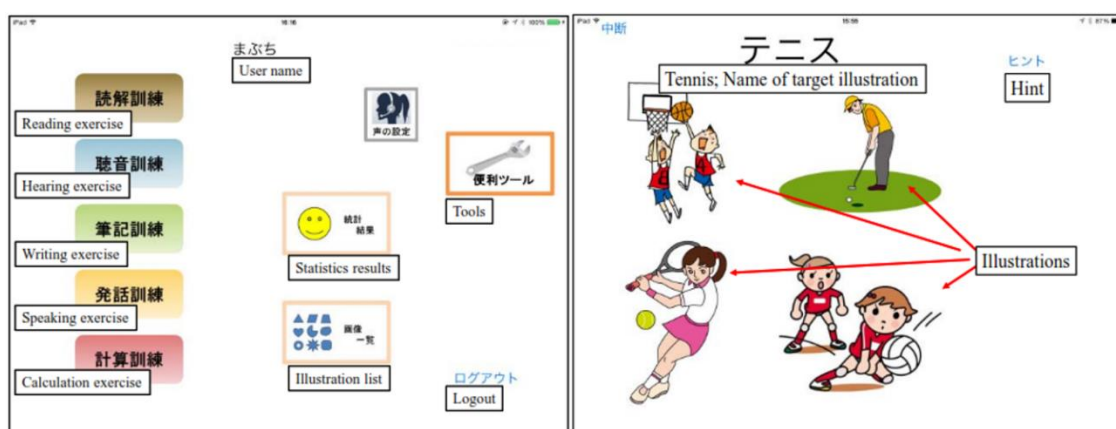


Figura 3.8. Interfaz principal del RSS y un ejercicio con instrucciones habladas (tomada de (Mabutchi et al., 2015)).

El Ambiente Sensorial Terapéutico Interactivo (ITSE, por sus siglas en inglés) es propuesto por (Mauri et al., 2009). Este permite captar los gestos de los usuarios y transformarlos en imágenes, sonidos y vibraciones. Está inspirado en la premisa de que, promover la participación de personas con discapacidades mentales graves (que normalmente permanecen pasivas) provocaría una serie de reacciones que favorecen su desarrollo. Estas personas suelen estar retraídas y aisladas de su entorno debido a su limitada capacidad de comunicación. Proporcionarles un canal que les permita comunicarse, expresar sentimientos e incluso crear, contribuirá a mejorar su calidad de vida. Para hacer frente a esta tarea, es necesario contar con las herramientas adecuadas que proporcionen una interacción multimodal de forma eficiente, sencilla y barata.

El sistema ITSE consta de dos módulos de software: (a) para la captura de movimiento, una aplicación que captura y procesa un flujo de vídeo en tiempo real. Extrae varios parámetros, como la dirección y la cantidad de movimiento; (b) la generación audiovisual, una aplicación que procesa la información del módulo de captura y genera imágenes y sonido con ella. De esta forma entrena la atención y promueve la socialización a través de estímulos visuales, auditivos y táctiles.

Durante la búsqueda de trabajos relacionados, hubo un par que destacó, pues hasta el momento las percepciones utilizadas por los sistemas eran la vista, el oído y el tacto. Los siguientes sistemas incluyen el estímulo del olfato como una forma de interacción, y fueron propuestos en (Olofsson et al., 2017).

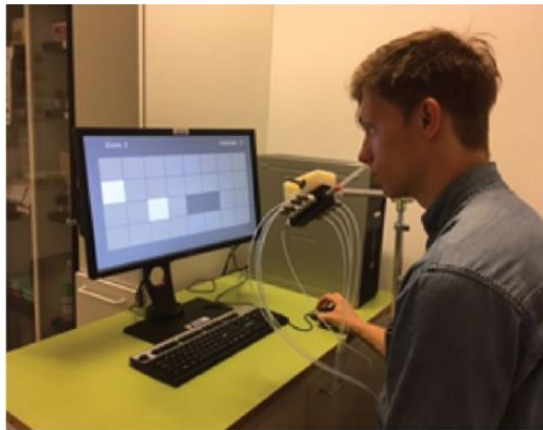


Figura 3.9. Digital Odor Memory en funcionamiento, interfaz de juego y el olfatómetro montado para liberar los aromas (tomada de (Olofsson et al., 2017)).

El primero de ellos es Digital Odor Memory, el cual implementa el juego de memoria tradicional, pero en lugar de localizar pares de figuras en un tablero, se localizan pares de olores. El juego está diseñado para evaluar los resultados del entrenamiento computarizado de la memoria olfativa. La interfaz del juego consiste en 32 cuadrados blancos que se presentan en forma de cuadrícula en la pantalla y que, cuando los usuarios hacen clic en ellos, desencadenan la liberación de uno de los ocho posibles olores de la salida del olfatómetro (ver Figura 3.9). Hay cuatro cuadrados desencadenan el mismo olor, y están distribuidos aleatoriamente en la cuadrícula. El objetivo de la tarea es desencadenar el mismo olor desde dos cuadrados diferentes en dos intentos consecutivos, constituyendo así una "coincidencia". Como las ubicaciones de los olores son desconocidas, esto requiere una exploración de la cuadrícula, y una memorización de las ubicaciones de los olores. Al igual que en el juego físico, las casillas se eliminan por parejas cuando se produce una coincidencia, y siempre se presenta en la pantalla una puntuación individual a modo de motivación. Este sistema es capaz de entrenar la memoria y la atención a través de estímulos olfativos.

Además, también proponen Scenter el cual es un juego en el que el jugador tiene que identificar y recordar lugares de un bosque basándose en los olores; el concepto es hacer que el jugador se mueva por el espacio, se acerque a esferas luminosas que emiten olores y encuentre olores que coincidan con los de otros lugares del bosque (ver Figura 3.10), con el fin de subir de nivel. Al igual que Digital Odor Memory, este sistema utiliza el dispositivo olfatómetro, que vaporiza las esencias y las entrega con un flujo de aire a través de mangueras.

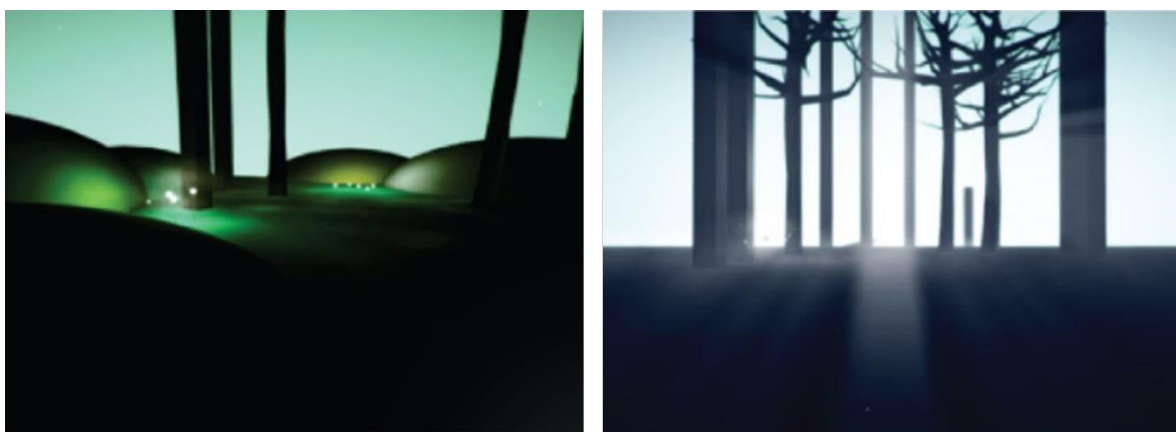


Figura 3.10. Interfaz de juego del sistema Scenter (tomada de (Olofsson et al., 2017)).

En ambos sistemas propuestos, el objetivo principal es entrenar la memoria y la atención a través de estímulos olfativos.

Los trabajos descritos en este capítulo son tan sólo algunos de los que se analizaron, y que su objetivo primordial fue el apoyo a la rehabilitación cognitiva de personas con discapacidad intelectual. Sin embargo, hay una lista mayor de trabajos que emplean interfaces multimodales para interactuar con los usuarios, los cuales tienen su área de aplicación fuera del ámbito clínico o de rehabilitación.

Entre los trabajos analizados no fue posible identificar alguno que propusiera un modelo o guías de diseño para desarrollo de sistemas orientados a brindar soporte a la rehabilitación integral de pacientes con discapacidad intelectual a través de la TEM. Es decir, las propuestas descritas están orientadas a una condición específica (autismo, afasia, accidente cerebrovascular, etc.). Además, a pesar de estar orientadas a dicha condición, no atienden las diferentes funciones cognitivas que usualmente tienen disminuidas los pacientes con determinada condición. Por poner un ejemplo, las personas con autismo a menudo tienen afectadas las funciones cognitivas de atención y memoria, pero en ocasiones pueden presentar problemas para razonar, hablar y socializar.

Cada uno de los sistemas descritos, fue desarrollado con sus propias especificaciones, requerimientos y conocimientos. No hubo ninguno que mencionara el uso como base el trabajo de algún otro autor.

Con los sistemas propuestos no es posible realizar una rehabilitación cognitiva completa, pues están limitados en cuanto al tipo de estímulos que brindan y a las actividades que incluyen para ser realizadas por los usuarios. Las diferentes funciones cognitivas pueden ser rehabilitadas o entrenadas a través de un conjunto de actividades adecuadas para ello, las cuales pueden ser guiadas o retroalimentadas por estímulos que activen las diferentes percepciones del paciente.

De esta forma, mientras más percepciones sea posible estimular con un sistema, más diversa será la cantidad y tipo de actividades que puede implementar. Lo que puede traducirse en una mayor cantidad de percepciones que es posible entrenar o rehabilitar con él.

En este contexto, al no identificar una propuesta similar, se procedió a realizar estudios contextuales en centros de rehabilitación disponibles, los cuales brindan TEM como parte de la rehabilitación cognitiva de pacientes con discapacidad intelectual. Con el objetivo de comprender de primera mano el proceso que sigue la TEM y las particularidades de las diferentes condiciones que abarca la discapacidad intelectual.

El contar con información teórica y práctica sobre el proceso de la TEM, apoyará a la propuesta de un modelo que guíe a los desarrolladores a diseñar aplicaciones o sistemas que apoyen la TEM en pacientes con discapacidad intelectual.

Capítulo 4

Caracterización de la Terapia de Estimulación Multisensorial

En este capítulo se presentan los resultados de un estudio cualitativo realizado con el objetivo de obtener las características, roles y elementos que intervienen en el proceso de la TEM, brindada a pacientes con discapacidad intelectual en diferentes centros de rehabilitación de la región.

La razón por la que se decidió efectuar un estudio cualitativo, es que este permite estudiar la realidad de un fenómeno en su contexto natural, tal y como sucede, intentando darle sentido o interpretarlos de acuerdo con los significados que tienen para las personas involucradas (Rodriguez Gomez et al., 1996).

Un estudio cualitativo implica la utilización y colecta de una variedad de materiales (entrevista, experiencia personal, historias de vida, observaciones, textos históricos, imágenes, sonidos, etc.) que describen la rutina, las situaciones problemáticas y los significados en la vida de las personas, lo cual puede brindar contexto a los resultados obtenidos del estudio.

En el Capítulo 2 se estableció, con base en una revisión de literatura, la manera en que debe aplicarse la TEM a pacientes con discapacidad intelectual, sin embargo, cada centro de rehabilitación es único, ya que tienen recursos distintos y sus terapeutas (especialistas en TEM) difieren en sus niveles de experiencia en el tema.

Por otro lado, desarrollar una herramienta tecnológica basándose únicamente en la literatura, dará como resultado una propuesta que probablemente no cumplirá con todas las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

Por lo anterior, en este trabajo se utilizó el diseño centrado en el paciente (Cole, 2011), en el cual se establece que se debe considerar tanto a los pacientes como a sus cuidadores o terapeutas en su ambiente de trabajo habitual para el desarrollo de herramientas tecnológicas que busquen brindar apoyo para la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual, esto con el objetivo de crear herramientas que sean efectivas para su propósito y que brinden experiencias de usuario satisfactorias a los pacientes. De acuerdo con lo expuesto en las propuestas metodológicas identificadas (Campillo Martínez et al., 2005; Quispe Pérez & Aronés Barreda, 2014; Sangrador Zarzuela, 2012; Yagüe Sebastián & Yagüe Sebastián, 2005), se considera adecuado el uso de este enfoque, pues en estos trabajos se resalta la importancia del cuidador o terapeuta en el proceso de la TEM de un paciente.

El objetivo principal de esta tesis es, proponer un modelo para el diseño de Espacios Personales de Estimulación Multisensorial (PS4MS), que sean útiles para apoyar la terapia de pacientes con discapacidad intelectual, que sean eficientes, y generen experiencias de usuario satisfactorias, para lo cual se requiere caracterizar el proceso de la TEM en un ambiente real.

Adicionalmente, en este capítulo se buscó comparar lo que establece la literatura identificada contra lo observado en el estudio cualitativo en cuanto al proceso de la TEM. El proceso fue analizado desde el diagnóstico de un paciente hasta su reevaluación y/o alta. Para conducir el estudio cualitativo, se siguió la metodología que se presenta a continuación.

4.1. Metodología del estudio

Con el fin de comprender la forma en que se aplica la TEM en los centros destinados a rehabilitar pacientes con discapacidad intelectual, se realizó un estudio en centros de rehabilitación públicos del Estado de Baja California, México. Para entender a profundidad el proceso de la TEM y estructurar los resultados de una manera coherente y comprensible, primero fue necesario establecer cuáles datos son de especial interés en conocer, con el objetivo de identificar dónde y de quiénes se debían recolectar. Después, se recolectaron los datos con los usuarios elegidos, para posteriormente analizarlos y generar el entendimiento pertinente que apoyara en la caracterización de la TEM.



Figura 4.1. Metodología utilizada para conducir el estudio cualitativo.

Para conducir el estudio se siguió la metodología presentada en la Figura 4.1, que consta de las etapas: 1) identificar datos a obtener, 2) definir grupo de estudio, 3) determinar sitio del estudio, 4) recolectar datos, 5) analizar datos y, 6) generar y estructurar conocimiento.

En las siguientes secciones se detalla cómo se llevó a cabo cada una de las etapas de la metodología.

4.2. Datos para el estudio

De acuerdo con los objetivos y las preguntas de investigación de este trabajo, los datos más relevantes para el estudio son aquellos que ayudan a comprender cómo se lleva a cabo el proceso, tales como, qué roles intervienen y qué elementos son necesarios durante la aplicación de la TEM y/o el diagnóstico de un paciente con discapacidad intelectual.

4.3. Muestra para el estudio

De acuerdo a la literatura, en el proceso de la TEM intervienen tres roles principales: i) médico, ii) terapeuta y, iii) paciente. Por lo anterior, se determinó que los participantes en el estudio deben cumplir con los siguientes perfiles.

- a) **Médico en rehabilitación.** Es el responsable de evaluar al paciente al momento de llegar a un centro de rehabilitación, y lo reevalúa al concluir un programa de terapia. Es el responsable de crear un diagnóstico, un perfil sensorial y determinar los procesos cognitivos que requieren ser rehabilitados.

- b) **Especialista en TEM.** Es el encargado de diseñar la serie de estímulos que se brindarán a los pacientes en cada una de las sesiones de estimulación multisensorial, y quien suministrará esos estímulos durante cada sesión.
- c) **Paciente con discapacidad intelectual.** Es una persona con discapacidad, a la cual se le brinda TEM para rehabilitar uno o varios de sus procesos cognitivos.

La muestra estuvo compuesta por un médico en rehabilitación, 4 especialistas en TEM y 12 pacientes con distintas condiciones (i.e. autismo, afasia, parálisis cerebral leve, síndrome de Down, entre otras) que abarcan la discapacidad intelectual, todos ellos pertenecientes a centros de rehabilitación públicos de la localidad.

4.4. Sitio del estudio

El estudio se llevó a cabo en los Centros de Rehabilitación Integral (CRI) de las ciudades de Tijuana y Ensenada, y en la Unidad Básica de Rehabilitación (UBR) San Quintín, todos ellos dependientes del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) del Estado de Baja California, México.

Los tres sitios cuentan con salas de estimulación multisensorial con diferentes características, pero con los elementos necesarios para brindar TEM a los pacientes con discapacidad intelectual que la requieren.

En la Figura 4.2 se muestra la SEM con que cuenta el CRI Ensenada, y los elementos con que cuenta esta en su interior. En la Figura 4.3 se presenta la de la UBR San Quintín, cabe mencionar que ambas salas son espacios de tamaño reducido y los elementos con que cuenta son los básicos necesarios para estimular los diferentes sentidos.

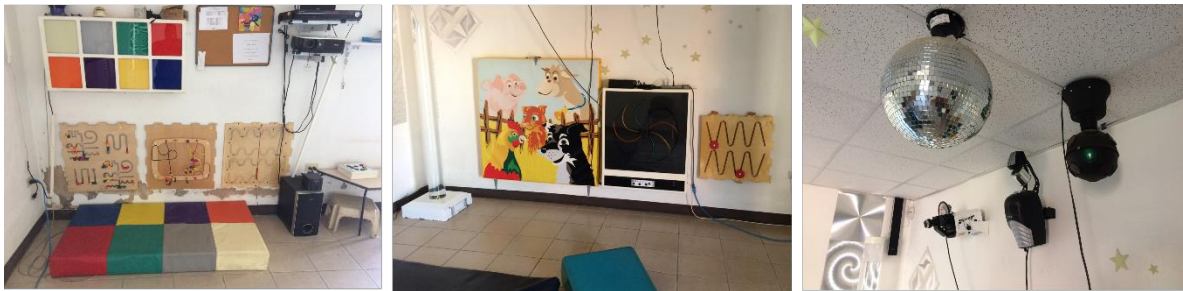


Figura 4.2. SEM con que cuenta el CRI Ensenada.



Figura 4.3. SEM con que cuenta la UBR San Quintín.

Dada la extensión del municipio de Ensenada, el CRI recibe pacientes provenientes desde las delegaciones de El Porvenir, Francisco Zarco y La Misión al norte hasta la de Santo Tomás al sur. Por su parte la UBR San Quintín atiende de las delegaciones de San Vicente hasta el Paralelo 28, y en ocasiones recibe pacientes de Vizcaíno y Guerrero Negro, Baja California Sur.

La SEM del CRI Ensenada y la de la UBR San Quintín son espacios acondicionados que no fueron construidos con el objetivo de albergarlas desde un principio, por lo que ambas cuentan con los elementos o herramientas de estimulación que fue posible introducir en la sala sin que ésta perdiera funcionalidad, tal es el caso de luces láser, fibras ópticas, colchonetas de colores, paneles interactivos, dispositivos de sonido y proyección, entre otros.

Por otro lado, la sala del CRI Tijuana es un espacio que fue diseñado para ello desde la construcción del edificio que la alberga, por lo que cumple con especificaciones en cuanto a dimensiones, formas y elementos que integra en su entorno, esta se muestra en la Figura 4.4.

En la Figura 4.4 lo primero que se evidencia es el tamaño de la sala y la amplitud de la misma, donde integran elementos que no se tienen en las del CRI Ensenada y la UBR San Quintín, por ejemplo, la alberca de pelotas, la hamaca, los túneles de ganeo y el mismo piso de la sala, el cual es adecuado para que los pacientes caminen descalzos.

Además, la arquitectura del espacio permite introducir a más de un paciente a la vez, lo cual es necesario en ocasiones, pues en ella se atienden pacientes de todo el municipio de Tijuana y en caso necesario de Tecate, Baja California.



Figura 4.4. SEM con que cuenta el CRI Tijuana.

En estas tres salas de estimulación multisensorial mostradas y su personal, fue con quién se desarrolló el estudio cualitativo, la colecta de datos se describe a continuación.

4.5. Colecta de datos del estudio

El objetivo del estudio es entender a fondo el proceso de la TEM, por lo que, los roles más indicados para obtener la información son los especialistas en TEM y los pacientes quienes la reciben, para ello se emplearon entrevistas semiestructuradas y observaciones no participativas, las cuales son descritas a detalle a continuación.

4.5.1. Entrevistas a especialistas en TEM

Las entrevistas semiestructuradas fueron aplicadas únicamente a especialistas en TEM, de los cuales, uno fue un médico en rehabilitación y cuatro terapeutas encargadas de

diseñar y/o brindar las sesiones de TEM a los pacientes con discapacidad intelectual. Es importante mencionar que los especialistas en TEM no tienen una formación específica en TEM, sino que han aprendido por su cuenta de manera autodidacta y algunos han asistido a cursos y diplomados ya sea pagados por sus empleadores o por ellos mismos. Entre las formaciones que tienen estos especialistas se encuentran: psicología, fisioterapia, y terapia ocupacional.

Procedimiento

Se acudió personalmente a las unidades de trabajo de los 5 especialistas en TEM (ver Figura 4.5), ahí se tuvo una plática inicial donde se les explicó el objetivo de la investigación y los resultados esperados del estudio de manera que se familiarizaran con el tema, posteriormente se aplicaron entrevistas semiestructuradas, en sesiones con una duración promedio de 37 minutos cada una.

Durante la entrevista se buscó obtener respuesta a 18 preguntas elaboradas previamente (ver Apéndice A), las cuales están orientadas a obtener información sobre las bases de la TEM, a qué tipo de pacientes se aplica, identificar una metodología de aplicación y qué tipo de problemáticas enfrentan durante las sesiones. Las entrevistas fueron documentadas empleando grabadora de voz, cámara de video, lápiz y papel.

En el CRI Ensenada los dos psicólogos responsables del área de Estimulación Multisensorial aceptaron participar en el estudio. En la UBR San Quintín únicamente hay una fisioterapeuta responsable del espacio y de brindar las sesiones de TEM, la cual aceptó participar en el estudio.



Figura 4.5. Entrevistas realizadas a especialistas en TEM.

En el caso del CRI Tijuana, a pesar de ser el centro con un mayor número de personal disponible, solamente aceptaron participar un médico en rehabilitación y una terapeuta ocupacional, quien es responsable de la SEM y una de 8 terapeutas que imparten TEM a los pacientes.

En el caso del CRI Ensenada, hay un médico en rehabilitación que recibe y diagnostica a los pacientes y, en caso de ser necesario, los canaliza hacia los especialistas en TEM, dos psicólogos son quienes evalúan los procesos cognitivos de los pacientes y determinan la dieta sensorial (secuencia y duración de estímulos) que se brindará a cada paciente en determinado día, y las terapeutas son quienes conducen la sesión de terapia con las indicaciones del psicólogo.

En el CRI Tijuana, un médico en rehabilitación recibe a los pacientes que acuden por primera vez al centro, los evalúa y les diseña un programa de terapia que incluye TEM, posteriormente los remite a los especialistas en TEM, quienes diseñan la dieta sensorial para cada una de las sesiones de TEM y se la brindan al paciente.

En la UBR San Quintín, es la misma terapeuta quien recibe a los pacientes con un programa de terapia prescrito por un médico en rehabilitación que acude periódicamente a la unidad, y les diseña la secuencia de estímulos que les brindará en cada sesión.

4.5.2. Observación en sesiones de TEM

El estudio de observación se llevó a cabo en las SEM de cada uno de los sitios participantes en el estudio, durante 13 sesiones de TEM de 12 diferentes pacientes con discapacidad cognitiva. Si bien los pacientes son una fuente confiable de información acerca de la forma en que se aplica la TEM, algunos de ellos tienen dificultades para comunicar y razonar sus respuestas, por lo que se determinó utilizar una técnica diferente que permitiera recolectar la mayor cantidad de datos posibles sobre la forma en que se les aplica la TEM y la forma como reaccionan a ella.

Procedimiento

Para esta parte del estudio se utilizó la técnica de observación indirecta llamada estudio de sombra (Flick, 2018), la cual tiene la finalidad de lograr un detallado

entendimiento de las actividades que llevan a cabo los individuos observados dentro de su ambiente de trabajo cotidiano y la manera como las documentan.

Un estudio de sombra consiste en el seguimiento de los individuos por parte de un observador durante su día de trabajo, el cual registra todas las acciones, movimientos e interacciones que realiza el individuo estudiado.

En este caso, el observador fue presentado con el paciente y la persona que lo acompaña a sus terapias, de manera que una vez iniciado el estudio el paciente no se importunara o distrajera con la presencia de alguien diferente en la sala.

En total, se realizaron estudios de sombra en 13 sesiones de TEM (ver Figura 4.6) distribuidas en 8 días con pacientes que presentan diferentes condiciones que abarca la discapacidad cognitiva (síndrome de Cockayne, autismo, microcefalia, parálisis cerebral, síndrome de Down, entre otras), los datos obtenidos fueron registrados empleando lápiz, papel y cámara fotográfica.



Figura 4.6. Sesiones de estudio de sombra durante estimulación multisensorial.

Para el estudio de observación, 12 padres de pacientes con discapacidad intelectual aceptaron que su hijo formara parte del estudio, 6 de ellos estuvieron presentes durante las sesiones observadas y pudieron constatar que el flujo de sus sesiones de terapia no fue alterado, por lo que no hubo ninguna afectación al progreso del paciente.

El objetivo fue presenciar las sesiones de TEM y registrar todo lo observado, pero pasando desapercibidos tanto para el paciente como para el terapeuta, de forma que se pudiera registrar la dinámica de la sesión de la manera habitual, y con esto poder determinar qué tanto convergen las prácticas indicadas en la literatura con lo que realmente se hace en cada centro con sus particularidades y personal específicos.

A los datos colectados durante las entrevistas y observaciones, se les aplicó teoría fundamentada para organizarlos y analizarlos. Este proceso es desarrollado en la siguiente sección.

4.6. Codificación y análisis de los datos colectados durante el estudio

Para la codificación y análisis de los datos obtenidos del estudio cualitativo, se emplearon dos técnicas de teoría fundamentada, denominadas codificación abierta y codificación axial.

Teoría fundamentada (Charmaz, 2014; Flick, 2018; Strauss & Corbin, 1998), se refiere a la teoría derivada de datos recopilados de manera sistemática y analizados por medio de un proceso de investigación que involucra las siguientes etapas: a) diseño de la investigación, b) colecta de datos, c) codificación de los datos, d) análisis de los datos, e) comparación de resultados contra la teoría y, f) construcción de la teoría.

Las etapas de codificación y análisis son las que interesa describir en esta sección y a continuación se desarrollan las actividades que se realizaron en cada una de ellas.

4.6.1. Codificación de los datos

En esta etapa, lo primero que se hizo fue transcribir tanto las entrevistas como la información generada durante los estudios de sombra, Posteriormente se aplicó codificación abierta para tratar de expresar los datos del fenómeno estudiado en forma de conceptos, y por último se llevó a cabo una codificación axial para depurar los resultados obtenidos en la

codificación abierta y quedarse con las categorías de conceptos más significativos, para por último relacionarlas entre sí.

Codificación abierta

Es el proceso analítico por medio del cual se identifican los conceptos y se descubren en los datos sus propiedades y dimensiones (Strauss & Corbin, 1998). En otras palabras, durante la codificación abierta, los datos se descomponen en partes discretas, se examinan minuciosamente y se comparan en busca de similitudes y diferencias. Los acontecimientos, sucesos, objetos y acciones o interacciones que se consideran conceptualmente similares en su naturaleza o relacionados en el significado se agrupan.

Para llevar a cabo la codificación abierta, primero se revisó cada uno de los párrafos de las entrevistas y de las transcripciones de las observaciones en busca de conceptos, enunciados y acciones, que ayuden a describir el proceso de la TEM. Posteriormente, a esos conceptos se les asignó un código en el mismo texto que pudiera describirlo, en la Figura 4.7 se muestra el proceso seguido para las entrevistas.

Entrevistador: me podría explicar el flujo que sigue un paciente para recibir su terapia, cómo llega aquí, quién lo envía, quién lo atiende primero, si le aplican un test, cómo preparan sus sesiones, etc.

Informante 1: El paciente llega a la institución por referencia o recomendación de algún **[médico remitente]** médico de las instituciones de salud públicas o privadas, pero también por personas que conocen el trabajo que se hace en el CRI y que consideran puede ayudarlos; posteriormente, cuando llega el paciente, debe agendar una pre-consulta con un **[médico en rehabilitación]** médico del CRI, el cual revisa el diagnóstico del médico externo y agenda una consulta para hacerle un revisión general, para posteriormente dar su propio **[evaluación y expediente]** diagnóstico y canalizarlo con el o los **[especialista en TEM]** especialistas correspondientes. Además de su diagnóstico, el médico anexa al expediente un tarjetón de asistencia y una hoja de notas donde nos indica **[programa de terapia]** qué debemos trabajar con el paciente. Desconozco que **[test sensorial]** evaluaciones o test hace el médico para dar su diagnóstico, pero en el área ocupacional si hay evaluaciones para determinar **[perfil sensorial]** cómo está el paciente sensorialmente, si es hipersensible o hiposensible, de acuerdo con las pruebas; aunque sinceramente la experiencia te da la capacidad de reconocer cuando un paciente viene o muy bajo o muy alto en sensibilidad, y esto puede variar sesión a sesión, y poder darle los **[dieta sensorial]** estímulos de la manera adecuada.

Figura 4.7. Proceso e identificación de conceptos en entrevistas.

En la Figura 4.8 se muestra el mismo proceso, pero ahora para la transcripción de las observaciones realizadas.

Los conceptos fueron agrupados de acuerdo a si tenían características afines, si eran del mismo tipo, si servían para realizar acciones similares, entre otras, resultando así una serie de conceptos abstractos que representan algún componente especial del fenómeno estudiado.

| Qué están haciendo | Lugar | Artefactos utilizados | Sentidos que estimulan | Función Cognitiva Ejercitada | Participantes |
|---|-----------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| El PCT tiene 11 años de edad y su condición es ciega; con él trabajan con terapia de juego, relajación y percepción de sí mismo. En esta ocasión lo atenderán dos TPAs a la vez: Karen (TPA 1) e Itzel (TPA 2) | | | | | |
| Reciben al paciente y lo lleva a la sala Snoezelen | Pasillo | Voz | | | Terapeuta 1, Paciente y Madre |
| Preparan todo y empiezan a jugar "Caricaturas Presenta", un juego que le gusta al Paciente | Snoezelen | Colchón, Voz y Tacto | Oído y Tacto | Relajación y Percepción de sí mismo | Terapeuta 1, Terapeuta 2 y Paciente |
| Continúan jugando | Snoezelen | Colchón, Voz y Tacto | Oído y Tacto | Relajación y Percepción de sí mismo | Terapeuta 1, Terapeuta 2 y Paciente |
| Qué están haciendo | Lugar | Artefactos utilizados | Sentidos que estimulan | Función Cognitiva Ejercitada | Participantes |
| El PCT tiene 11 años de edad y su condición es ciega; con él trabajan con terapia de juego, relajación y percepción de sí mismo. En esta ocasión lo atenderán dos TPAs a la vez: Karen (TPA 1) e Itzel (TPA 2) | | | | | |
| Reciben al PCT y lo lleva a la sala SEM | Pasillo | VERB | | | TPA 1, PCT y PAD |
| Preparan todo y empiezan a jugar "Caricaturas Presenta", un juego que le gusta al PCT | SEM | COLCH, VERB | Oído y Tacto | Relajación y Percepción de sí mismo | TPA 1, TPA 2 y PCT |
| Continúan jugando | SEM | COLCH, VERB | Oído y Tacto | Relajación y Percepción de sí mismo | TPA 1, TPA 2 y PCT |

Figura 4.8. Proceso e identificación de conceptos en observaciones.

| Lista Inicial de Conceptos | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| TP | Terapeuta |
| PC | Paciente |
| PA | Padre |
| PS | Psicólogo Responsable |
| INV | Psicólogo Invitado |
| SEM | Sala de Estimulación Multisensorial |
| SC | Sala de Cómputo |
| PJ | Patio de Juegos |
| RES | Resbaladilla |
| COL | Columpio |
| PAS | Pasamanos |
| PUEN | Puente |
| RAM | Rampa |
| TOB | Tobogán |
| COM | Computadora |
| SW | Programa de Cómputo |
| VZ | Voz |
| TFI | Tarjetas con Figuras Impresas |
| FCOL | Figuras de Colores |

| Lista Final de Conceptos | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| TPA | Terapeuta |
| PCT | Paciente |
| PAD | Padre/Madre |
| PSI | Psicólogo Responsable |
| SEM | Sala de Estimulación Multisensorial |
| SALCOM | Sala de Cómputo |
| COMP | Computadora |
| SWR | Programa de Cómputo |
| VERB | Comunicación de Voz |
| TARFIG | Tarjetas con Figuras |
| TARCOL | Tarjetas con Colores |

Figura 4.9. Fragmento de lista inicial y final de conceptos generada.

Además, se fueron agregando a una lista que al terminar de codificar todas las entrevistas fue depurada, dejando solo aquellos con una fuerte relación con el proceso de la TEM. En la Figura 4.9 se muestran algunos de los elementos que forman parte de la lista inicial y cómo ésta queda constituida después de realizar el filtrado.

Como resultado de la aplicación de la codificación abierta, se generó una lista inicial de 23 actividades, 39 artefactos, 4 roles y 3 ubicaciones, empleados durante las sesiones de TEM, a todos estos conceptos les fue asignado un código para identificarlos.

Una vez que se tuvo este primer grupo de conceptos, estos son la entrada para iniciar la siguiente etapa llamada codificación axial, en el que empiezan a emerger propiedades y dimensiones para cada uno de los conceptos. Las actividades realizadas en este procedimiento se describen a continuación.

Codificación axial

El propósito de esta es comenzar el proceso de reagrupar los datos que se fracturaron durante la codificación abierta. En la codificación axial, las categorías se relacionan con sus subcategorías para formar explicaciones más precisas y completas sobre los fenómenos (Strauss & Corbin, 1998). Estas no son pasos analíticos secuenciales, sin embargo, la codificación axial sí requiere que el analista tenga algunas categorías, pero a menudo comienza a surgir un sentido de cómo se relacionan las categorías durante la codificación abierta.

Primero, a partir de la lista final de conceptos generada en la codificación abierta, se generó la lista de categorías (ver Figura 4.10).

| Lista Final de Conceptos | | Categorías identificadas | |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| TPA | Terapeuta | MREHAB | Médico en Rehabilitación |
| MESP | Médico Especialista | PSI | Psicólogo Responsable |
| MGRAL | Médico General | TPA | Terapeuta |
| CIF | Clasificación Internacional del | PCT | Paciente |
| CIE | Clasificación Internacional de | TSEN | Test Sensorial |
| TSEN | Test Sensorial | CIF | Clasificación Internacional del |
| MEM | Memoria | CIE | Clasificación Internacional de la |
| APRE | Aprendizaje | PRCOG | Proceso Cognitivo |
| RAZ | Razonamiento | PERC | Percepción |
| PCT | Paciente | DSEN | Dieta Sensorial |
| PAD | Padre/Madre | LUG | Lugar para TEM |
| PSI | Psicólogo Responsable | EXPPCT | Expediente Paciente |
| BURJAB | Burbujas de Jabón | MATEST | Materiales de Estimulación |
| ELEMEXT | Elementos Externos a la Sala | EST | Estímulos |
| PLAST | Plastilina | | |
| EXPPCT | Expediente Paciente | | |
| DIESEN | Dieta Sensorial | | |

Figura 4.10. Sección de la lista final de conceptos y la lista de categorías generada.

Tabla 4.1. Relación que guardan las distintas categorías generadas

| Categoría 1 | Relación | Categoría 2 |
|--------------------|-----------------|--------------------------------|
| MREHAB | Genera | EXPPCT |
| | Evalúa/Reevalúa | PCT |
| | Diagnostica | PCT |
| | Emplea | EXPPCT CIE CIF |
| PSI | Considera | EXPPCT PRCOG PERC |
| | Determina | DSEN LUG EST MATEST |
| | Aplica | TSEN |
| TPT | Considera | EXPPCT EST MATEST LUG |
| | Brinda | DSEN |

Algunas de las categorías finales agrupan varios conceptos, por ejemplo, los diferentes elementos que sirven para estimular los sentidos de los pacientes, tales como luces de colores, tarjetas con texturas, torres de burbujas, etc., se agruparon en la categoría materiales de estimulación, reduciendo de manera drástica el tamaño de la lista.

Posteriormente, se establecieron las relaciones que guardan las distintas categorías entre ellas (ver Tabla 4.1), de manera que sea más sencillo explicar el proceso y que este sea comprensible tanto para los participantes del estudio, como para quien desee conocer sobre la TEM.

Como resultado del estudio cualitativo se obtuvieron un total de 14 categorías y 9 relaciones que apoyan en la descripción del proceso de la TEM, a las cuales se les aplicó un análisis más detallado, mismo que es descrito a continuación.

4.6.2. Análisis de los datos

Esta etapa busca analizar y comprender el significado de las declaraciones hechas en las entrevistas, tomando en cuenta el contexto en el que suceden, por ello, en las entrevistas se hacen preguntas abiertas para que el entrevistado pueda expresarse de una manera más relajada y completa, de manera que el investigador tenga material para ser analizado en función de consideraciones contextuales.

Durante las observaciones se pone énfasis en capturar las reacciones de los participantes, de manera que sea posible captar sus sensaciones y preocupaciones durante la misma. Para la investigación en cuestión, se analizaron las categorías creadas y se establecieron sus relaciones, de acuerdo al contexto en el que eran usadas. Los resultados de este análisis son descritos en la siguiente sección.

4.7. Resultados del estudio

Del análisis de los datos obtenidos del estudio, se pudo generar entendimiento acerca del proceso que se sigue para brindar la TEM a pacientes con discapacidad intelectual en los centros de rehabilitación con los que se colaboró, este conocimiento está resumido en 14 categorías y 9 relaciones que explican dicho proceso. Además, se obtuvo otra fuente de información, como son las opiniones personales vertidas por los informantes en forma de comentarios adicionales a las preguntas que se les plantearon, así como a las notas de incidentes que pudo registrar el observador durante las sesiones de terapia.

Como principal resultado, el conocimiento obtenido se estructuró en una gráfica rica (ver Figura 4.11) que describe el proceso de un paciente con discapacidad cognitiva, desde que es diagnosticado por primera vez, hasta que es reevaluado después de un programa de estimulación multisensorial. Dicha gráfica rica fue validada por los expertos en TEM, obteniendo retroalimentación para su posterior refinamiento.

En la Figura 4.11 se muestra que el proceso inicia cuando un paciente con discapacidad intelectual llega a un centro de rehabilitación, remitido por un médico de una institución pública o privada, dando inicio a un proceso iterativo.

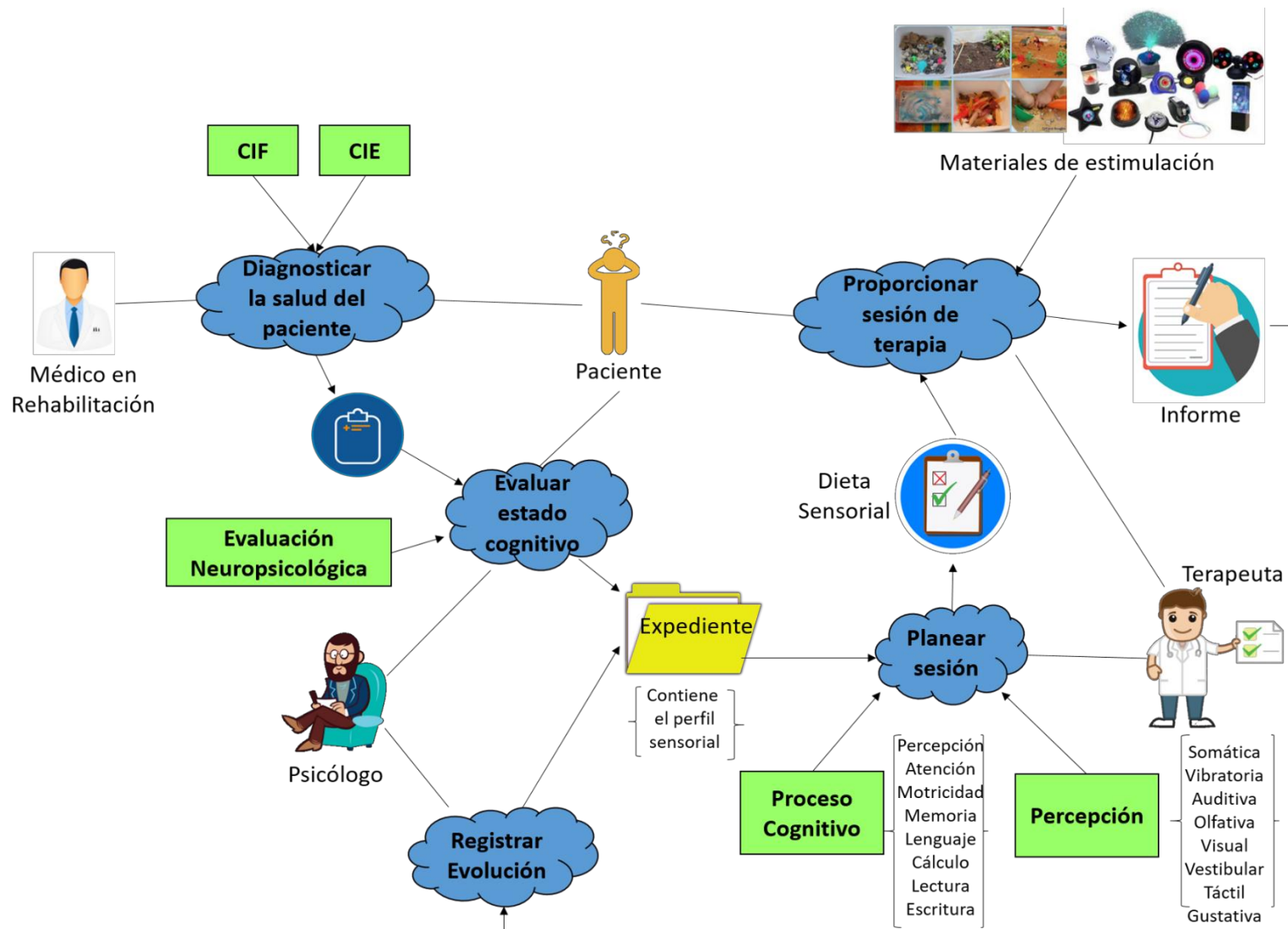


Figura 4.11. Gráfica rica del proceso de la TEM construida con la información obtenida del estudio cualitativo.

Como primera acción, el médico en rehabilitación responsable debe diagnosticar la salud del paciente, para ello debe realizar un análisis y tomar como referencia tanto la Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF), como la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), para determinar la condición que sufre el paciente y con ello generar un expediente donde recomienda un programa de TEM que incluye determinada cantidad de sesiones.

Posteriormente, un psicólogo aplica una evaluación neuropsicológica para conocer el estado intelectual del paciente, para ello emplea un test sensorial como la Evaluación Neuropsicológica (Lezak et al., 2004), Perfil Sensorial Winnie Dunn (Tomchek & Dunn, 2007), entre otras. Los resultados del test son registrados en el expediente del paciente en forma de un programa de terapia detallado, orientado a rehabilitar los procesos cognitivos que el paciente tiene afectados (memoria, aprendizaje, razonamiento, etc.). En dicho programa se hace una planeación de las percepciones (sentidos) que se estimularán cada día, esta planeación es llamada dieta sensorial, y está sujeta a las reacciones y avances del paciente durante cada sesión, es decir, puede modificarse según resultados y necesidades del paciente.

En la dieta sensorial se establece qué estímulos se le brindarán al paciente, en qué orden y en qué lugar (en caso de no estar disponible la SEM) se llevará a cabo la sesión, de acuerdo con el lugar donde se realice los materiales pueden variar, pero aun sin la sala especializada, la TEM puede desarrollarse sin problemas. Una vez que concluye la sesión, el terapeuta debe notificar los resultados del paciente al psicólogo en forma de una nota de avance, para que éste los registre en el expediente.

Cuando el programa de terapia recomendado por el médico en rehabilitación ha concluido, el paciente debe ser reevaluado para verificar avances y ser dado de alta o remitido a un nuevo programa de terapia, este proceso se repite las veces que sea necesario por la condición del paciente.

Otro de los resultados obtenidos es que, si bien la literatura sugiere un procedimiento para aplicar la TEM, cada centro tiene sus particularidades en cuanto a recursos y personal, además, no existe una propuesta metodológica universalmente aceptada para brindar este tipo de terapia, por lo que los terapeutas en su mayoría han aprendido de forma autodidacta la

manera de brindarla. Las principales diferencias del proceso identificado en el estudio cualitativo con lo expresado en la literatura son:

1. En la literatura se describe que todo paciente debe ser diagnosticado y evaluado sensorialmente por un médico en rehabilitación, quien debe determinar su condición y crear un perfil sensorial para el paciente, donde se expresa si tiene alguna dificultad para recibir algún tipo de estímulo (hipersensibilidad o hiposensibilidad) que pudiera alterarlo. En el estudio realizado, se detectó que no en todos los centros visitados existe un médico de planta, por lo que la evaluación y perfil sensorial lo realizan los psicólogos del centro, o bien, un terapeuta con conocimientos al respecto.
2. En el estudio, se identificó que un elemento siempre presente es el expediente del paciente, pues en varias situaciones se requiere tenerlo a la mano, sin embargo, en la literatura se describe con más detalle el contenido del mismo, pues debe haber una hoja de diagnóstico donde se describe la condición del paciente, un perfil sensorial para conocer el tipo e intensidad de estímulos que el paciente puede recibir, y una nota de avance donde se registran todas las incidencias de cada una de las sesiones de terapia que recibe el paciente.
3. En la literatura se hace énfasis en que cada paciente es único y sus necesidades de estimulación también, por lo que las sesiones de TEM deben ser individualizadas y brindarse en un ambiente de tranquilidad para el paciente. Sin embargo, algunos de los informantes manifestaron que en ocasiones deben introducir a más de un paciente a la SEM, esto debido a la cantidad de pacientes que la requieren y que sólo se tiene una sala disponible.
4. En la literatura se identificaron distintas propuestas metodológicas para describir la manera como debe llevarse a cabo la TEM, incluso proponen la duración de cada sesión, los materiales que pueden emplearse y los lugares donde debe desarrollarse. A pesar de ello, cada especialista entrevistado expresó que sus conocimientos en cuanto a la aplicación de la TEM, fueron adquiridos de manera autodidacta, y una vez que fueron adentrándose, tomaron cursos y diplomados especializados, los cuales les dieron conocimientos para incorporar a sus terapias.

De manera adicional, durante el estudio de observación ocurrieron algunos eventos interesantes que fueron en cuenta al momento de diseñar la herramienta propuesta para apoyar la TEM, uno de ellos es que, inicialmente se planeó documentar lo observado en 16 sesiones de TEM, sin embargo, 3 de ellas se cancelaron al no presentarse el paciente, la razón en todas ellas fue la dificultad para trasladarse, pues habitan en comunidades alejadas del centro a donde acude a sus terapias y no existe uno más cercano.

Como una forma de integrar el conocimiento adquirido con el estudio cualitativo con el obtenido de la literatura, se construyó un mapa conceptual con roles, conceptos y relaciones emergidos al unir ambos conocimientos, el cual puede verse en la Figura 4.12.

En este mapa conceptual se agregaron elementos como los estímulos, las definiciones y teoría detrás de la TEM, los principios bajo los cuales se rige la integración sensorial, entre otros, además, se modificaron, completaron o agregaron algunas relaciones entre los elementos.

Una vez que se tuvo el conocimiento estructurado en este mapa conceptual, se realizó una búsqueda en bancos de información especializada para conocer el estado del arte en cuanto a conocimiento formal acerca de la TEM, identificando una carencia de este, por lo que se decidió realizar una representación formal del conocimiento, de manera que sea más fácilmente accesible y entendible, para lo cual se desarrolló una ontología que describe el proceso de la TEM tanto de manera teórica como práctica, dicha ontología se describe en el próximo capítulo.

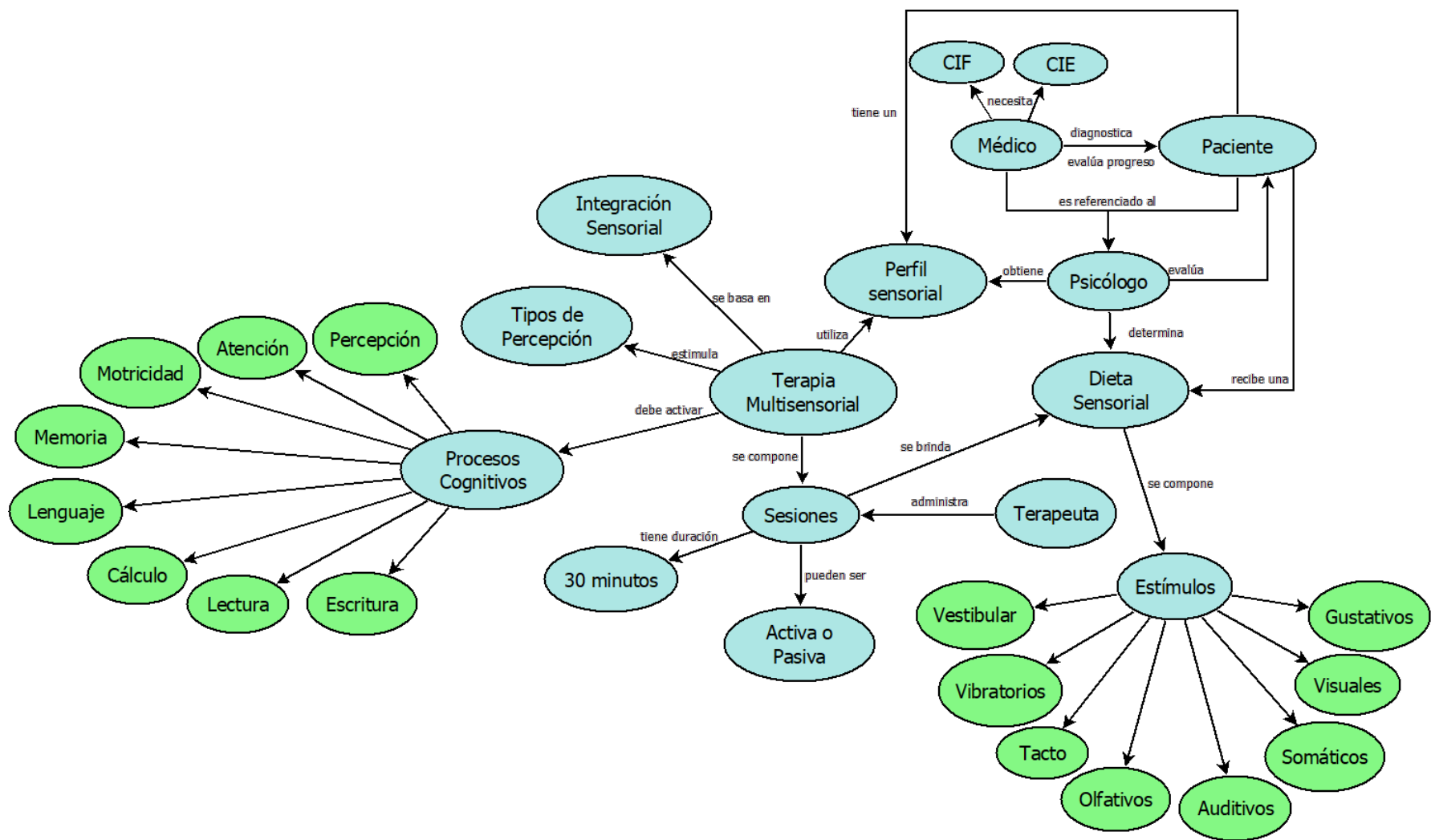


Figura 4.12. Mapa conceptual construido con los resultados de la revisión de literatura y el estudio cualitativo en los centros de rehabilitación integral.

Capítulo 5

Ontología sobre la Terapia de Estimulación Multisensorial

En este capítulo se describen la construcción y evaluación de una representación del entendimiento emergido en los capítulos 2 y 4 del presente documento. En el capítulo 4 se compararon los conceptos y relaciones obtenidas de la codificación abierta y axial efectuada sobre los datos colectados durante el estudio cualitativo, contra las identificadas en la revisión de literatura conducida acerca de la TEM en el capítulo 2. Esto ayudó a generalizar aún más algunas categorías, eliminar otras y crear aquellas que no fueron consideradas en la práctica, pero si en la teoría y viceversa.

Para estructurar el entendimiento generado tanto en la revisión de literatura como en el estudio cualitativo, se decidió construir una ontología. El objetivo fue formalizar la mayor cantidad posible de información para caracterizar la TEM, de manera que fuera más fácil comprender cómo se lleva a cabo, e identificar la manera cómo se podría brindar soporte o extender el uso de este tipo de terapia a través de la aplicación de tecnología.

Entre las cualidades de las ontologías podemos destacar: i) su objetivo es captar el conocimiento, consensuarlo y estructurarlo de manera genérica y formal, y ii) estas pueden ser reutilizadas y compartidas entre aplicaciones (software) y por grupos de gente (Corcho et al., 2003).

Una ontología define modelos base que tendrán una definición semántica que representa una clase (tipo) de objetos en la ontología, en ella se definen un conjunto de términos representativos llamados clases. Las clases son las unidades fundamentales para la especificación y proveen una base para la descripción de información. Los principales

elementos que se pueden identificar en una ontología son las clases, relaciones y axiomas (Studer et al., 1998).

- **Clases.** Son las ideas básicas que intentan formalizar, estas clases pueden agrupar conceptos, objetos del mismo tipo, métodos, planes, etc.
- **Relaciones.** Representan la interacción y el vínculo entre los conceptos del dominio, éstas suelen dar forma a la taxonomía.
- **Axiomas o restricciones.** Son teoremas que se declaran como reglas y restricciones a los conceptos y estructura de las relaciones.

Además, una ontología permite definir un vocabulario común para investigadores que necesitan compartir información en un dominio (Noy & McGuinness, 2001), lo cual es útil para:

- Compartir conocimiento común entre personas o agentes de software.
- Permitir la reutilización de conocimiento de un dominio.
- Explicitar suposiciones de un dominio
- Separar el conocimiento del dominio del conocimiento operacional.
- Analizar el conocimiento de un dominio.

La construcción y evaluación de dicha ontología son descritas en las próximas secciones.

5.1. Construcción

Como primer paso se hizo una búsqueda para identificar ontologías existentes referentes a la TEM, para ello se procedió a localizar repositorios o bases de datos de ontologías, encontrando algunos enfocados específicamente al área médica, biomédica o de medio ambiente, tal es el caso de *Dumontier Lab*, *OBO Foundry* o *NCBO BioPortal*; además, se localizaron repositorios de temática general los cuales son los que se exploraron, entre ellos se encuentran *Swoogle*, *Linked Open Vocabularies (LOV)*, *Protège Ontology Library* y *TONES Ontology Repository*.

Las cadenas de búsqueda empleadas para la exploración fueron usadas tanto en idioma inglés como español en los mismos repositorios, y estas son:

- a) Cognitive impairment/disability.
- b) Intellectual impairment/disability.
- c) Sensory integration.
- d) Multisensory stimulation.
- e) Snoezelen room.
- f) Multisensory stimulation therapy.
- g) Intellectual/cognitive impairment rehabilitation.
- h) Intellectual/cognitive disability rehabilitation.

En la búsqueda no hubo resultados positivos, por lo que se procedió a construir la ontología desde cero. Para lo cual se utilizó METHONTOLOGY (Fernández-López et al., 1997), una metodología para crear ontologías desde cero, o bien, reutilizando parte de una ontología previa o de otros autores. Ésta propone 6 fases (ver Figura 5.1) para la creación de la ontología.



Figura 5.1. Representación gráfica de las fases de Methontology (imagen adaptada de (Fernández-López et al., 1997)).

El desarrollo de las actividades y productos obtenidos en cada una de las fases de desarrollo de la ontología, son descritos a continuación.

5.1.1. Especificación

En esta fase se definen el objetivo y alcance de la ontología, qué uso se le dará y a quién va dirigida, el documento generado puede ser informal, semi-formal o formal, y como mínimo debe contestar las preguntas ¿Por qué se construyó?, ¿Cuál será el uso que se le dará? y ¿Quiénes serán sus usuarios finales?.

El conocimiento generado en la revisión de literatura del capítulo 2 y en el estudio cualitativo desarrollado en el capítulo 4, fue estructurado en una ontología que busca describir el proceso de la terapia de estimulación multisensorial en el ámbito de la rehabilitación, el cual ha cobrado un especial interés entre los especialistas de la rehabilitación, al mostrar resultados satisfactorios en pacientes con distintas condiciones que aglutina la discapacidad intelectual.

La ontología propuesta busca tomar el conocimiento del dominio clínico y expresarlo en un lenguaje genérico, el cual pueda ser comprendido por los no especialistas en TEM, por ejemplo, desarrolladores de software, que podrían aplicarlo en futuras propuestas de sistemas de apoyo a la terapia de estimulación multisensorial. La especificación de los requerimientos de la ontología se muestra en la Tabla. 5.1.

Una vez completa la especificación de la ontología, se procedió con la fase de adquisición del conocimiento como se describe a continuación.

5.1.2. Adquisición del conocimiento

Se debe establecer cuáles serán las fuentes y técnicas para adquirir información que se integrará en la ontología propuesta.

En este caso, como se puede ver en la Tabla 5.1, las fuentes utilizadas fueron tanto la revisión de literatura de la investigación como las entrevistas con expertos en TEM y la observación directa de sesiones de TEM realizadas durante el estudio cualitativo efectuado en tres centros de rehabilitación locales.

Tabla 5.1. Especificación de requerimientos para la ontología propuesta.

| | |
|---|---|
| Dominio: Terapia de estimulación multisensorial en el ámbito de rehabilitación | |
| Fecha: Febrero 5, 2018 | |
| Desarrollada por: | Raúl Casillas, Alberto L. Morán, Victoria Meza-Kubo, Cristina Ramírez-Fernández |
| Propósito: | Tomar el conocimiento del dominio clínico y expresarlo en términos genéricos, el cual pueda ser tomado por los desarrolladores de software y aplicado en futuras propuestas de sistemas de apoyo a la terapia de estimulación multisensorial. |
| Nivel de Formalidad: Semi-formal | |
| Alcance: | Información acerca de cómo se diagnostica la discapacidad intelectual, cómo se evalúa sensorialmente a un paciente, cómo lleva a cabo la terapia de EM, los aspectos que deben tomarse en cuenta y los materiales que sirven de apoyo a los expertos para brindar la TEM. |
| Fuentes de conocimiento: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Entrevista con 4 expertos en EM 2. Observación directa en 13 sesiones de terapia de EM 3. Revisión de literatura (libros, manuales, artículos científicos) |

Del estudio cualitativo se obtuvieron diversos resultados, entre los que se pueden destacar un total de 181 minutos de grabación de las entrevistas a los expertos, descripción de las actividades realizadas durante 420 minutos de sesiones individuales de TEM, efectuadas a 12 pacientes con discapacidad cognitiva.

Toda esta información fue transcrita y codificada, obteniendo una lista inicial de 23 actividades, 39 artefactos, 4 roles y 3 ubicaciones, empleados durante las sesiones de TEM, a todos estos conceptos les fue asignado un código para identificarlos. Posteriormente se analizó el contexto en que fueron empleados los conceptos, pudiendo con esto agrupar

algunos y generar otros, resultando 20 categorías y 36 relaciones, las cuales permitían darle sentido y contexto a la información identificada.

Por otro lado, los hallazgos obtenidos tras un análisis formal de literatura permitieron contrastar lo que dice la teoría contra la manera como se lleva a la práctica la TEM, emergiendo nuevas categorías, integrando algunas y eliminando otras. Con estos resultados se generó una gráfica rica (ver Figura 4.11) que describe el proceso de un paciente con discapacidad cognitiva, desde que es diagnosticado por primera vez, hasta que es reevaluado después de un programa de TEM. Dicha gráfica fue validada por los expertos, obteniendo retroalimentación para su refinamiento, lo que permitió crear la presente ontología propuesta.

En la siguiente subsección se presentan los diferentes productos elaborados durante la fase de conceptualización de la ontología propuesta.

5.1.3. Conceptualización

En esta fase se estructura el conocimiento del dominio en un modelo conceptual que describa el problema y su solución, en términos del vocabulario identificado en el dominio del problema.

En este caso, lo primero que se elaboró fue la lista de términos, de la cual se muestra un segmento en la Tabla 5.2. Para construirla se retomó la lista inicial de conceptos emergidos tanto del estudio cualitativo como de la revisión de literatura. El objetivo fue realizar una categorización considerando la totalidad de términos identificados, sin correr el riesgo de ignorar o colocar en una categoría equivocada a alguno de ellos, de esta forma se asegura la creación de categorías pertinentes con conceptos correspondientes.

Una vez que los términos fueron agrupados en categorías, se procedió a efectuar la conceptualización donde se construyeron representaciones intermedias de la ontología, tales como un glosario de términos, el cual contiene los conceptos más importantes identificados en las fuentes de información y que se transformaron en clases de la ontología. En la Tabla 5.3 se muestra parte del glosario de términos construido para la ontología.

Tabla 5.2. Parte de la lista inicial de términos elaborada para la ontología propuesta.

| | | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| Terapeuta | Puente | Fichas de Colores | Torre de Burbujas |
| Médico | Rampa | Tarjetas con Patrones Impresos | Luces Láser |
| Estímulo | Tobogán | Bolitas de Papel | Luces de Colores |
| Paciente | Computadora | Tarjetas con Respuestas | Fibras Ópticas |
| Padre | Programa de Cómputo | Colchón de Piso | Espiral de LED |
| Psicólogo Responsable | Percepciones | Reproductor de Audio | Espejo |

Tabla 5.3. Parte del glosario de términos utilizados para la construcción de la ontología propuesta.

Especialista: Puede ser un médico externo, el cual canaliza al paciente a un centro de rehabilitación para su atención, o un médico en rehabilitación, que asigna un programa de terapia a un paciente, de acuerdo con el diagnóstico del médico y al perfil sensorial que determina él mismo; o bien, el experto multisensorial que lleva a la práctica el programa de terapia apegado a las características particulares de dicho paciente.

Paciente: Es la persona que fue diagnosticada con afectación en sus procesos cognitivos, y requiere recibir un programa de terapia para su rehabilitación; las actividades a desarrollar durante las sesiones de terapia necesitan ser adaptadas a las condiciones físicas, cognitivas y al estado de ánimo del paciente.

Percepción: Es uno de los procesos cognitivos, a través del cual los sujetos captan información del ambiente en forma de estímulos que reciben a través de los sentidos, para formar una impresión consciente de la realidad física de su entorno. La rehabilitación de cada proceso cognitivo puede llevarse a cabo estimulando algunas percepciones específicas, por ejemplo, la visual, auditiva, olfativa, somática, vestibular, entre otras.

Dentro de la definición de cada uno de los términos o clases se especifica cuáles conceptos agrupa, por ejemplo, en el caso del médico, este puede ser un médico general o bien, un médico especialista en rehabilitación; la percepción sustituye el término “sentidos” y lo amplía, pues ahora incluye la forma en que el cerebro percibe e interpreta un estímulo. De esta manera la lista de conceptos se redujo a 22 clases que fueron integradas en la ontología resultante.

Otra representación intermedia utilizada es una taxonomía de las clases que integran ontología, es una estructura en forma de un árbol jerárquico, en el que se muestra cada una de las clases, así como los distintos conceptos que se agruparon en cada una de ellas. En la Figura 5.2 se muestra parte de esta representación con alguna de las clases más relevantes de la ontología propuesta. Cabe mencionar que únicamente los nodos padre o raíz son los que obligatoriamente formaron parte de la ontología, siendo integrados sólo aquellos nodos hijo que se consideró pertinente su presentación explícita dentro de la ontología propuesta, tal es el caso del médico familiar y el médico en rehabilitación.

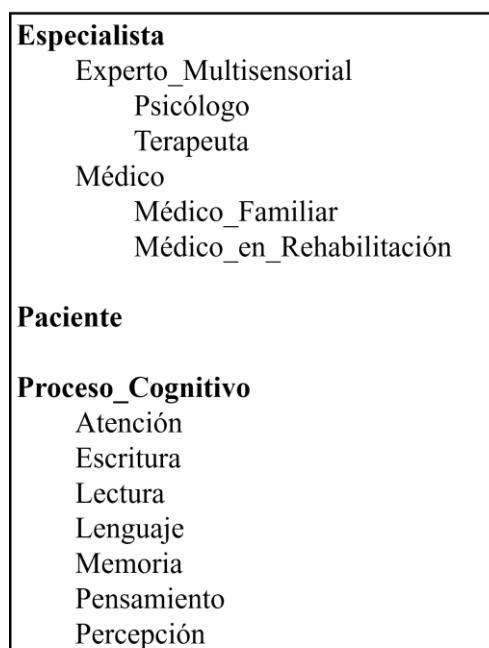


Figura 5.2. Taxonomía de la ontología, expresada como un árbol de clasificación de conceptos.

Una vez que las clases fueron identificadas y seleccionadas aquellas que formarían parte de la propuesta se procedió a formalizar la ontología, el desarrollo de esta fase es descrito en la siguiente subsección.

5.1.4. Formalización

En la fase de formalización se debe transformar el modelo conceptual generado en la fase anterior en un modelo formal o semi-computable para posteriormente ser implementado en algún lenguaje para construir ontologías.

Para ello, se tomaron las diferentes representaciones intermedias generadas previamente y se crearon nuevas representaciones, la primera de ellas es la mostrada en la Tabla 5.4.

En la Tabla 5.4, podemos ver parte de las clases de la ontología expresada como “Dominio”, además cada uno de los elementos de la columna “Atributo” corresponde a una relación Dominio - Rango, donde el “Rango” es otra de las clases de la ontología sobre la cual incide una relación dentro del proceso de la TEM, entonces, cada una de las filas de la tabla se puede leer como: Dominio + Atributo + Rango; y de forma inversa: Rango + Inversa + Dominio.

Tabla 5.4. Relaciones binarias de algunas de las clases de la ontología propuesta.

| Atributo | Dominio | Rango | Inversa |
|------------------|--------------------------|---|-----------------|
| considera | Experto_Multisensorial | Perfil Sensorial Ubicación Percepciones Proceso_Cognitivo Programa_de_Terapia | esConsiderado |
| debeDiagnosticar | Médico_Familiar | Paciente | esDiagnosticado |
| debeEvaluar | Médico_en_Rehabilitación | Paciente | esEvaluado |
| dirige | Experto_Multisensorial | Sesión_de_Terapia | esDirigida |

En la primera de las filas de la Tabla 5.4 se pueden construir 10 diferentes enunciados que muestran una relación entre el dominio y los rangos de la misma, por ejemplo: el Experto_Multisensorial considera el Perfil Sensorial, o bien, el Perfil Sensorial esConsiderado por el Experto_Multisensorial; esto representa una relación bidireccional que se identificó cuando un especialista en TEM debe construir o programar la serie de estímulos (dieta sensorial) que se le brindarán a un paciente durante una sesión específica de TEM. De la misma forma se pueden construir los enunciados para cada una de las clases de la ontología propuesta.

Otra manera de representar estas mismas relaciones se muestra en la Figura 5.3, donde se pueden ver algunas de ellas, pero ahora en forma de un diagrama. Estos diagramas pueden leerse de la misma forma que la Tabla 5.4, donde el lado izquierdo representa el Dominio y el derecho el Rango, la flecha superior corresponde al Atributo y la inferior a la Inversa.

Una primera aproximación a la estructura de la ontología propuesta se puede ver en la Figura 5.4, donde se muestra un modelo construido con base en el árbol de clasificación de conceptos y las relaciones binarias de la ontología, el cual muestra las clases principales identificadas para construir la ontología, para posteriormente implementarla usando una herramienta de software especializada para creación de ontologías; para construir este modelo se empleó la notación de diagrama de casos de uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

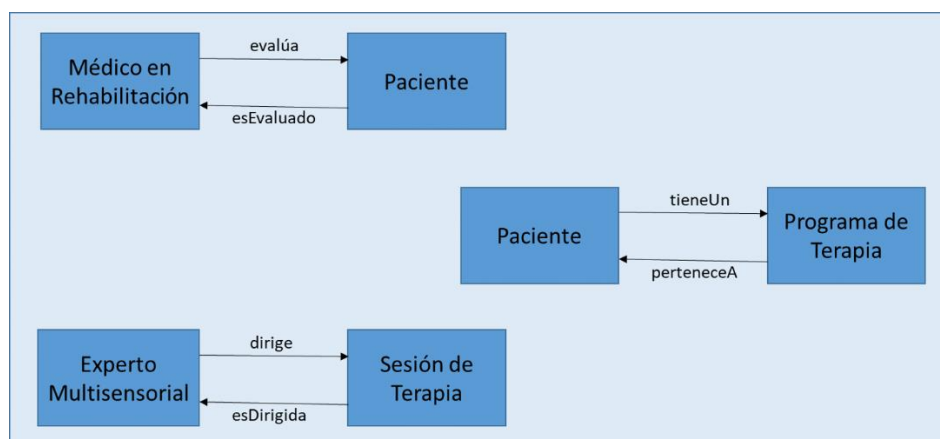


Figura 5.3. Ejemplos de algunas de las relaciones binarias de la ontología propuesta.

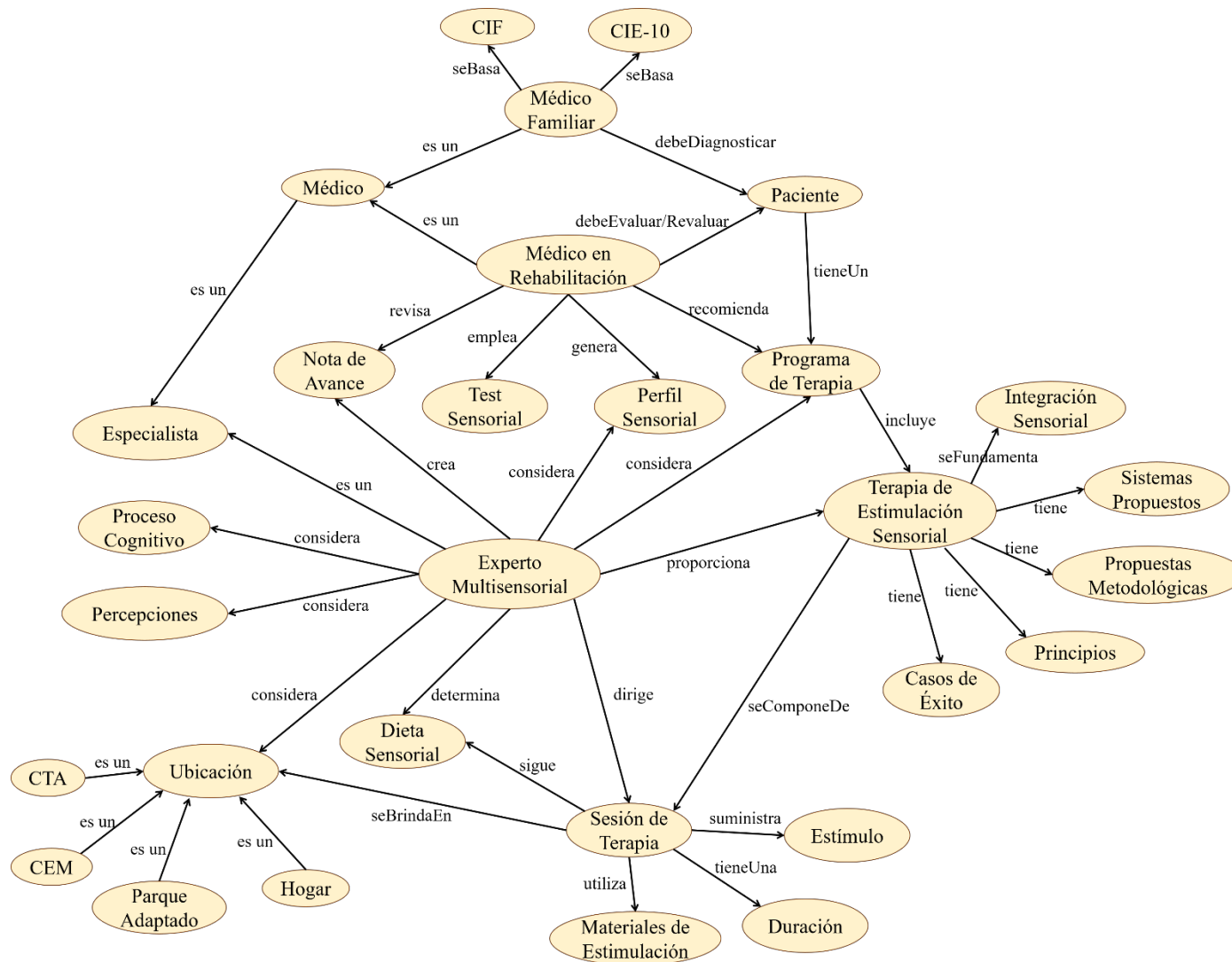


Figura 5.4. Modelo conceptual que muestra las principales clases de la ontología y sus relaciones.

Una vez que se completó el modelo semi-computable correspondiente a la formalización de la ontología, se procede a implementar la ontología propuesta.

5.1.5. Implementación

En esta fase se debe generar un modelo computable, que integre lo más posible información de ontologías existentes, dicho modelo debe expresarse en un lenguaje formal de ontologías. Como se mencionó al inicio del capítulo, no se identificaron ontologías referentes a la TEM, por lo que únicamente se tomó el conocimiento generado durante la investigación.

La implementación de la ontología propuesta fue llevada a cabo utilizando la herramienta para creación de ontologías Protégè (Noy et al., 2003) y el Lenguaje Web para Ontologías (OWL) (Dean et al., 2004).

- Protégè es un software que facilita la creación y representación de ontologías con OWL, pues posee un marco de trabajo de bases del conocimiento, en el cual se puede definir la estructura completa de una ontología.
- OWL es un lenguaje diseñado para representar conocimientos ricos y complejos sobre objetos y sus relaciones. Está basado en lógica computacional, de tal manera que el conocimiento expresado en OWL puede ser usado por programas de cómputo, ya sea para verificar la consistencia de ese conocimiento o para hacer explícito el conocimiento implícito.

Para implementar la ontología, se tomaron los modelos semi-computables generados en la fase de formalización y se introdujeron al programa de software con el lenguaje para ontologías seleccionado. En la Figura 5.5 se muestra la jerarquía de las principales clases de la ontología, desplegada en el visor de jerarquía de clases de Protégè. En la Figura 5.6 se muestra una porción de la vista de árbol vertical de la ontología. Por último, en la Figura 5.7 se cuenta con una representación completa de la ontología empleando un diagrama de clases en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), en ella se pueden ver las propiedades y tipos de datos de cada una de las clases principales. En total, la ontología creada consta de 22 clases principales, 30 propiedades y 58 restricciones empleando lógica descriptiva.

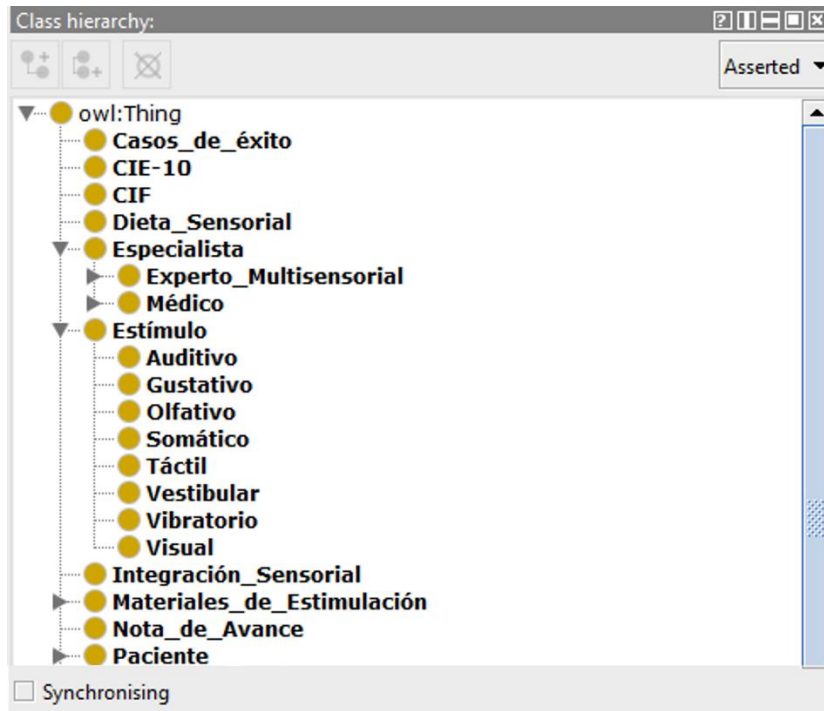


Figura 5.5. Vista de la jerarquía de las clases de la ontología mostrada en Protégé.

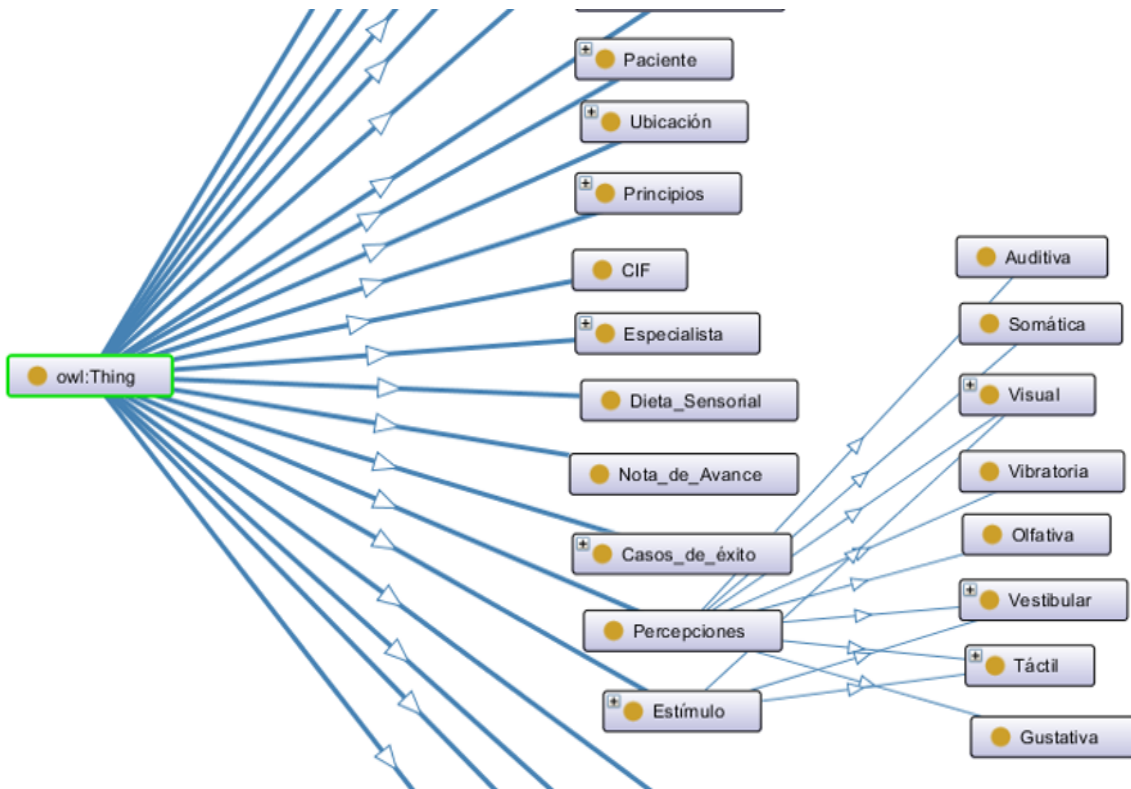


Figura 5.6. Segmento de la vista de árbol vertical, generada en Protégé.

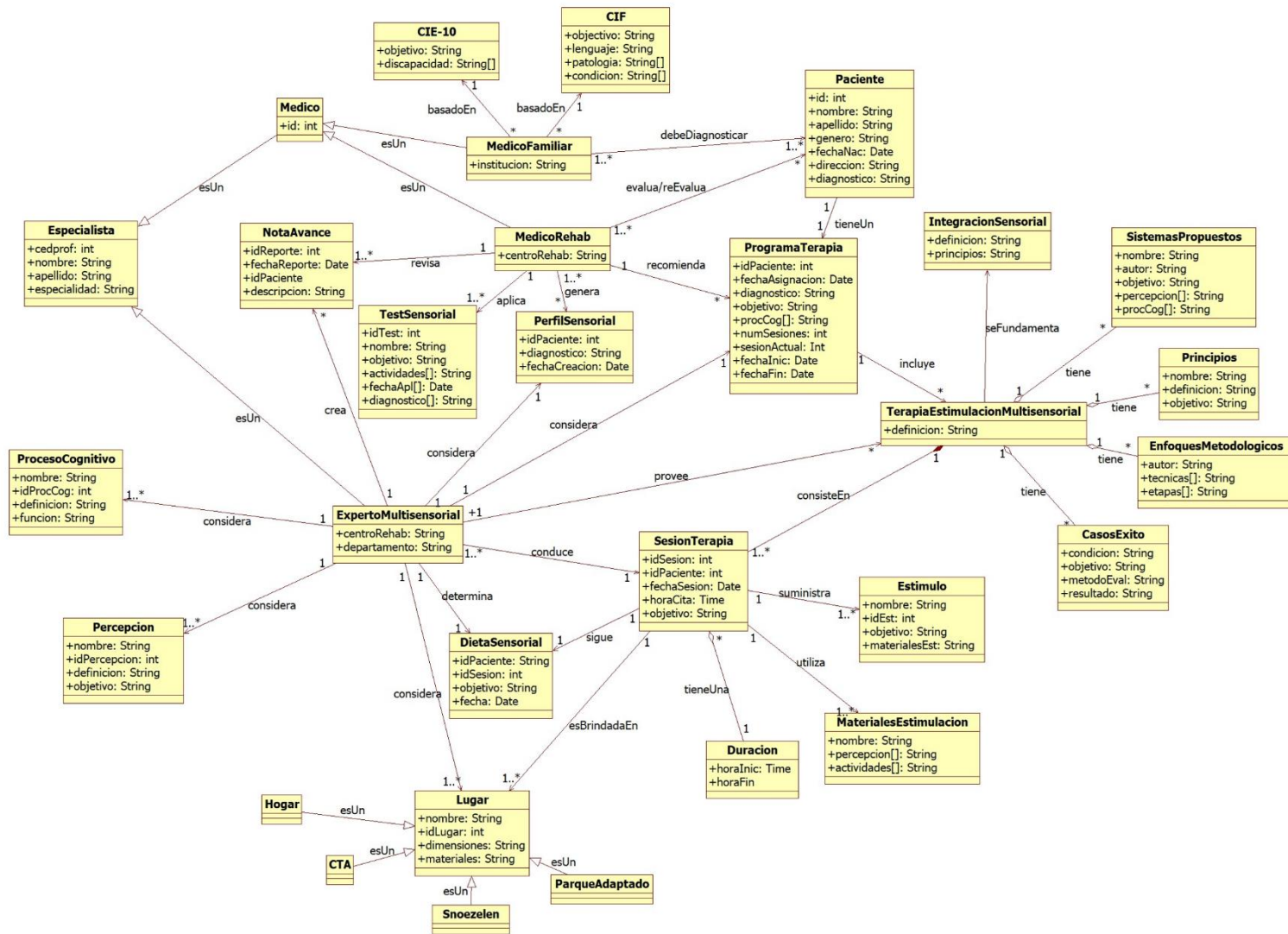


Figura 5.7. Ontología propuesta en notación de diagrama de clases UML.

De acuerdo con el análisis efectuado sobre la información mostrada en la ontología, se identificó que es posible agrupar las clases en tres etapas:

Pre-TEM. Se desarrolla antes de iniciar con un *Programa de Terapia*. Esta corresponde al primer acercamiento del *Paciente* con un *Médico*, su diagnóstico, canalización a un centro de rehabilitación, así como su evaluación y asignación del programa.

Durante-TEM. Esta inicia cuando un *Paciente* recibe la asignación de un *Programa de Terapia* y se le agenda una *Sesión de Terapia*, la cual será brindada por el *Experto Multisensorial*, siempre guiada por el *Perfil Sensorial del Paciente* para diseñar la *Dieta Sensorial* de cada sesión, los *Procesos Cognitivos* que se entrenan, así como la *Ubicación* y los *Materiales de Estimulación* que se emplearán.

Post-TEM. Esta inicia en el momento que se concluye cada *Sesión de Terapia* y se llena la *Nota de Avance* reportando las incidencias de la sesión, y termina cuando el *Paciente* es revaluado al completar su *Programa de Terapia* asignado.

De acuerdo con estas tres etapas, es la segunda (Durante-TEM) en la que nos enfocamos para buscar dar soporte a través de tecnología. Además, se identificó que los roles que deben considerarse para el desarrollo de cualquier herramienta de índole tecnológica que pretenda desarrollarse para apoyar la TEM, son el *Paciente* y del *Experto Multisensorial*, pues son quienes participan activamente recibiendo y suministrando los diferentes estímulos que integran la *Dieta Sensorial* de cada *Sesión de Terapia*. El primero de los roles es quien obtiene los beneficios de la TEM y el *Experto Multisensorial* es el responsable de que cada uno de los *Estímulos* sea brindado de manera correcta para que active la *Percepción* del *Paciente* y se genere un entrenamiento significativo a sus *Procesos Cognitivos*.

Una primera aplicación del conocimiento generado con la ontología mostrada en la Figura 5.8, puede ser la descripción genérica de los procesos que intervienen en la TEM, la cual se presenta a continuación.

Normalmente un *Paciente* llega a un centro de rehabilitación porque es canalizado por un *Especialista* externo al centro, el cual hace un diagnóstico apoyándose en la *CIE-10* y la *CIF*. Cuando llega al centro de rehabilitación por primera vez, debe ser evaluado por un

Médico en Rehabilitación interno y, a través de la aplicación de un *Test Sensorial* identificar los *Procesos Cognitivos* que se deben rehabilitar, el *Perfil Sensorial del Paciente* y un plan de acción para su rehabilitación, el cual debe plasmarse en un *Programa de Terapia*. En este último, se estipula la cantidad de sesiones de terapia que debe recibir y una fecha para ser reevaluado por el mismo *Médico en Rehabilitación*.

Cuando un *Paciente* llega a su *Sesión de Terapia*, el *Experto Multisensorial* debe estar preparado con la *Dieta Sensorial* que le proporcionará. Para ello debe revisar el *Programa de Terapia* asignado y el *Perfil Sensorial del Paciente*, con la finalidad de establecer el o los *Procesos Cognitivos* que se ejercitarán durante la sesión y el tipo de *Estímulos* que pueden emplearse para ello, de acuerdo con la *Percepción* que se pretende activar. Además, se decidirá la *Ubicación* donde se brindará la *Sesión de Terapia*, ya que puede utilizarse el parque adaptado, la sala de estimulación multisensorial, la sala de tecnología adaptada o bien, se le puede brindar al paciente una serie de actividades a realizar en su hogar.

Un aspecto por demás interesante es, que la *Dieta Sensorial* que el *Experto Multisensorial* aplica es totalmente personalizada de acuerdo a las necesidades del paciente y la experiencia del experto, pues si bien ellos reciben capacitación para brindar la *Terapia de Estimulación Multisensorial* y tienen espacios adaptados para ello, no existe un protocolo o metodología universalmente aceptado para la aplicación de la TEM. Existen algunas *Propuestas Metodológicas* que orientan sobre la manera como debe aplicarse la TEM, además de brindar información en cuanto a las características que deben cumplir los *Estímulos* para ser efectivos, así como una lista de *Materiales de Estimulación* que pueden ser empleados.

Una vez que se tuvo completa la primera versión de la ontología propuesta, se procedió a la etapa de mantenimiento de la misma.

5.1.6. Mantenimiento

En esta fase se realiza la actualización y/o corrección de la ontología, en caso de ser necesario, para ello se conduce una validación o evaluación de la información contenida en la ontología. Para este trabajo se realizó una evaluación de la ontología con un grupo de expertos del dominio de la TEM, la cual se presenta a continuación.

5.2. Evaluación

Para realizar la evaluación de la ontología propuesta, primero se llevó a cabo una exploración bibliográfica con el objetivo de identificar alguna metodología que pudiera ser utilizada; sin embargo, no se identificó una propuesta única para evaluar ontologías, por lo que se adaptó una basada en 41 criterios de diseño y evaluación descritos por diferentes autores (Brank et al., 2005; Brewster et al., 2004; Burton-Jones et al., 2005; Gangemi et al., 2005, 2006; Gomez-Perez, 1995; Ramírez-Fernández et al., 2017; Ramos et al., 2009; Senso et al., 2011; Vrandečić et al., 2004). De esos 41 criterios se tomaron aquellos que pudieron ser agrupados en los siguientes tres aspectos de evaluación:

Vocabulario, se valida que los términos codificados en la ontología existan y sean significativos en otras fuentes de conocimiento independientes. Los criterios de diseño que agrupa son: congruencia y precisión.

Estructura, se revisa que las relaciones sean adecuadas, que la jerarquía sea correcta y que la ontología sea clara y entendible. Los criterios que toma en cuenta son: relaciones, jerarquía, completitud y exactitud.

Semántica, se comprueba que cada concepto esté documentado y comunique de manera eficaz su significado, y que las definiciones posean sentido para los expertos. Sus criterios son: interpretabilidad, consistencia y claridad.

Un punto importante a tomar en cuenta es la manera como se llevará a cabo la evaluación. Brank y sus colegas (Brank et al., 2005), presentan un resumen acerca de diferentes técnicas de evaluación de ontologías, la mayoría se apegan a uno de los siguientes cuatro enfoques:

1. Comparar la ontología contra un ‘estándar de oro’, ésta es útil cuando se cuenta con ontologías del dominio que se está investigando que pueden servir de guía para la propuesta.
2. Aplicar la ontología y evaluar los resultados, para lo cual se necesita contar con un grupo de participantes con conocimientos adecuados sobre el dominio en cuestión y sobre ontologías.

3. Comparar la ontología contra una fuente de datos acerca del dominio, esto puede ser con una base de datos especializada, donde se deben buscar las distintas clases y sus definiciones para ver si se están empleando de manera correcta.
4. Evaluar la ontología con humanos, los cuales son expertos en el dominio y tratan de medir qué tanto se apega la propuesta a una serie de criterios, estándares y requerimientos que son parte de su formación y experiencia en el dominio.

El objetivo de esta evaluación fue validar la ontología propuesta, en cuanto a estos tres aspectos, de manera que ésta pueda ser mejorada y refinada para su posterior aplicación en el desarrollo de un PS4MS, el cual apoye en las sesiones de TEM de pacientes con discapacidad cognitiva. El enfoque utilizado para esta evaluación fue el número 4, utilizando expertos en TEM como participantes.

El detalle acerca de cómo se condujo la evaluación y las gráficas con los datos obtenidos puede ser consultado en el Apéndice B. Los resultados más relevantes son presentados en la siguiente subsección.

5.2.1. Resultados

En total se tuvieron 12 participantes, de los cuales el 91.6% (11/12) fueron mujeres, y el 8.4% (1/12) hombres, con una edad promedio de 37 años y una desviación estándar de 10.39 años. En cuanto a su formación profesional, ésta fue un tanto diversa, el 75% (9/12) son psicólogos, el 8.4% (1/12) son médicos en rehabilitación, el 8.4% (1/12) licenciados en educación especial y el 8.4% (1/12) restante, licenciados en fisioterapia.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación, separados por cada uno de los 3 aspectos.

Vocabulario

En este aspecto, se buscó validar que las clases que fueron incluidas en la ontología y sus atributos existan, y sean significativos para los participantes, siendo ellos los expertos en TEM y quienes fungen como una fuente de conocimiento independiente.

Para evaluar el vocabulario, se les pidió que calificaran la importancia percibida de cada una de las clases de la ontología usando una escala Likert de 5 puntos, obteniéndose un

promedio general de importancia de 4.67 de 5 puntos posibles, lo que sugiere que las clases consideradas son adecuadas e importantes.

Cabe destacar que, a pesar de que las clases fueron significativas e importantes, el 83.3% (10/12) de los participantes sugirieron modificar el nombre de la clase **Nota de Avance**, la cual se renombró a **Nota de Evolución**. Salvo ese cambio, el vocabulario fue bien evaluado.

Estructura

En este aspecto, se analizó que las relaciones fueran adecuadas, que la jerarquía fuera correcta y que la ontología fuera lo suficientemente clara y entendible. Para ello, además de que los participantes calificaran el nivel de importancia de cada clase, se les pidió que si lo consideraban prudente sugirieran algún cambio a las clases, ya sea en sus atributos o relaciones.

Como resultado se tuvo la sugerencia para cambiar el nombre a la clase Nota de Avance. Además, e debe notar que la sección para sugerir cambios del formato de evaluación, era en general, es decir, podían sugerir cambios ya sea de nomenclatura, atributos o relaciones de las clases, así como de estructura y definición del concepto de cada una de ellas.

Los participantes coincidieron en que, los perfiles sensoriales pueden ser hechos tanto por el médico en rehabilitación como por los expertos multisensoriales, por lo tanto, las relaciones que tenían las clases **Experto Multisensorial** y **Médico en Rehabilitación** con la clase **Perfil Sensorial**, fueron modificadas.

Semántica

En este aspecto, se comprobó que cada concepto esté documentado y comunique de manera eficaz su significado, y que estos posean sentido para los expertos. Para ello se les brindó una lista con la definición de cada una de las clases, se pidió que las leyeran detenidamente antes de evaluar cada clase (para la evaluación de vocabulario) y que posteriormente sugirieran algún cambio que creyeran conveniente. En la Tabla 5.5 se resumen los cambios sugeridos para 4 de las clases de la ontología.

Los participantes consideraron que las definiciones de las otras 20 clases eran suficientemente claras y completas, por lo que únicamente se tuvo que refinar la definición de estas 4 clases. Sin embargo, la corrección del **Médico en Rehabilitación**, sugirió que se debía modificar la de **Experto Multisensorial**, pues hay actividades que puede realizar uno o el otro.

Tabla 5.5. Clases y los cambios sugeridos por los participantes para cada una de ellas.

| Clase | Sugerencia | Cambio realizado |
|-------------------|--|--|
| MedicoRehab | Él no es necesariamente quien realiza los Perfiles Sensoriales y Programas de Terapia | La definición de la clase y sus relaciones con las clases Perfil Sensorial y Programa de Terapia |
| Dieta Sensorial | La Dieta Sensorial no es únicamente para la Sesión de Terapia, sino para todo el día. | La definición de la clase |
| TEM | Es aconsejable usar el término ‘vestibular’ en lugar de ‘equilibrio’ en su definición | La definición de la clase |
| | Se sugiere emplear ‘técnica’ o ‘modalidad’ en lugar de ‘especialidad’ en su definición | La definición de la clase |
| Proceso Cognitivo | Se sugiere utilizar el término ‘actividad intelectual’ en lugar de ‘inteligencia’ en su definición | La definición de la clase |

El cambio sugerido para la clase **MédicoRehab**, involucra la corrección de la definición de otra de ellas, pues el **Experto Multisensorial** también puede realizar el **Perfil Sensorial** o un **Programa de Terapia**.

Se hicieron todos los cambios surgidos de la evaluación de la ontología, por lo que se considera que ahora es viable emplearla para describir la TEM y que usuarios no expertos en el área puedan comprenderla, ya sea para adquirir conocimiento teórico sobre ella o bien, en el caso de desarrolladores de software, para proponer maneras de llevarla a cabo utilizando prototipos tecnológicos.

En la Figura 5.8 se muestra la ontología con los cambios de vocabulario y estructura que sugirieron los participantes.

Discusión

La evaluación de la ontología sirvió para conocer el nivel de comprensión que se tuvo acerca de la TEM a través de la revisión de literatura y el estudio cualitativo, y con ello intentar capturar de la mejor manera el proceso que implica la TEM en los centros de rehabilitación, si bien se logró una comprensión adecuada, había algunas cosas que corregir, lo cual se hizo después de analizar los resultados de esta evaluación.

De los resultados obtenidos hay varios puntos que merecen atención, sobre todo al comparar los hallazgos de la literatura con los de las entrevistas y observaciones. Si bien, al conjuntar toda esta información se pudo generar una ontología robusta y que fue validada por los expertos, es de notar que la teoría y la práctica en cuanto a la forma de aplicar la TEM difieren un poco; mientras que en la teoría se asumen pacientes ideales, en la práctica un paciente posee características únicas, además de que su estado de ánimo y disposición no son las mismas en cada sesión de terapia. Además, la TEM es llevada de manera distinta en ámbitos como la rehabilitación y la educación.

A menudo, los pacientes de los centros de rehabilitación que formaron parte del estudio se ausentaron de sus terapias, esto debido a que provienen de comunidades alejadas y su única forma de acudir es en transporte público o bien, en el transporte del propio centro, cuando está disponible.

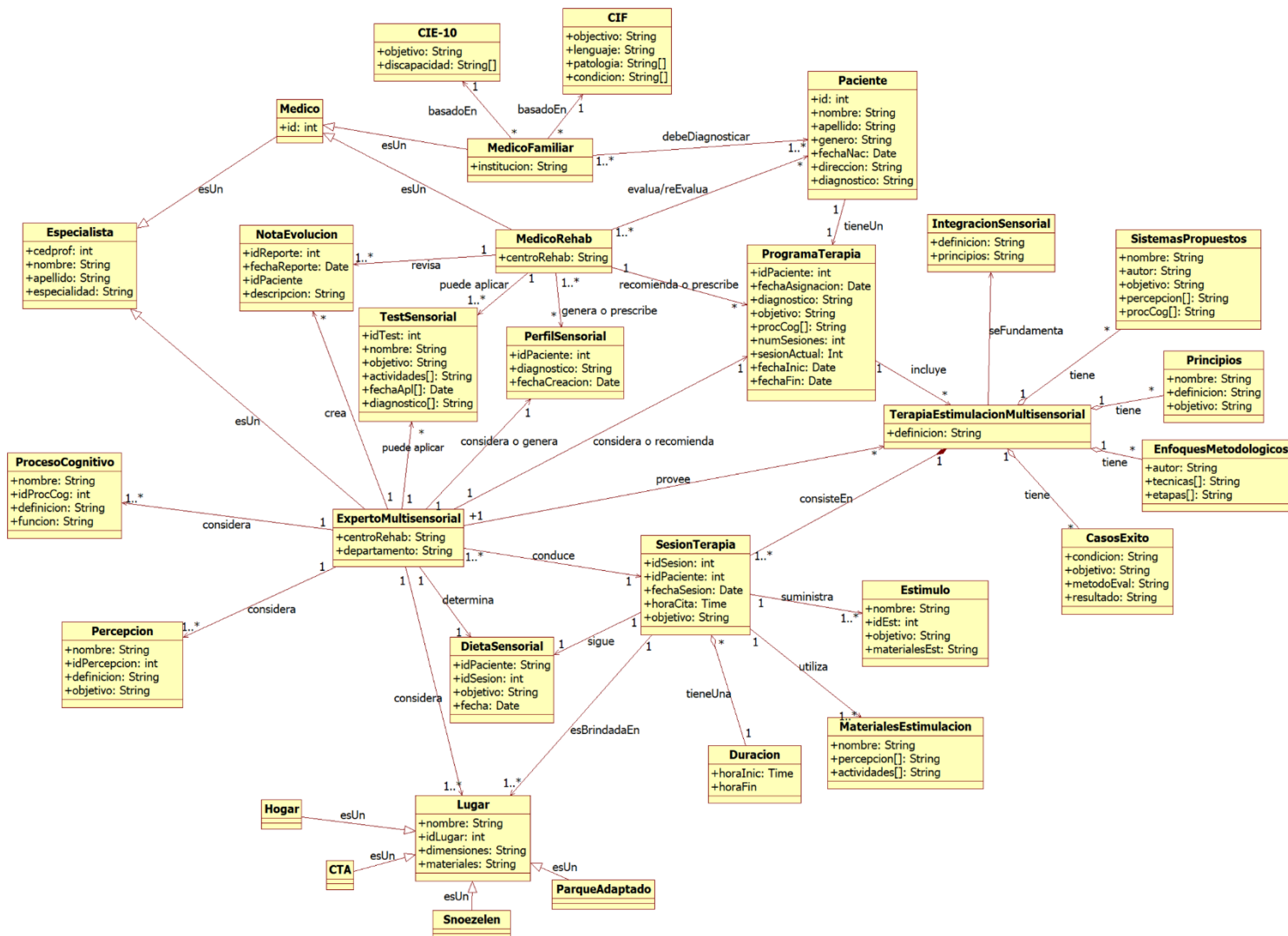


Figura 5.8. Ontología corregida y refinada con los cambios sugeridos por los participantes durante la evaluación.

Para este tipo de pacientes es común que se les brinde una lista de actividades y materiales que pueden utilizar para realizar sesiones de TEM en su hogar y, se les programan citas en lapsos de tiempo mayores que a los pacientes locales.

El tipo y características de los estímulos brindados en cada sesión deben ir adaptándose a la respuesta del paciente y esto depende de las respuestas que puede captar el experto multisensorial en el comportamiento del paciente.

En cuanto a los sistemas de apoyo a la TEM identificados, la totalidad de ellos dejan de lado los procesos cognitivos como lectura, escritura, cálculo; esto debido probablemente a que para ejercitarlos se requiere de una serie de actividades diseñadas cuidadosamente por expertos multisensoriales, y una serie de motivadores para mantener enfocados a los pacientes en sus ejercicios. Por otro lado, estos sistemas no consideraron incluir percepciones tan importantes como la olfativa y la gustativa, quizá por la complejidad que pudiera englobar la diseminación de olores y la reproducción de sabores de manera automatizada. Sin embargo, es comprensible que no incluyeran la percepción vestibular, por el tipo de actividades que se deben realizar, pues son más físicas que cognitivas.

Con el entendimiento generado tanto en la revisión de literatura como en el estudio cualitativo, además de poder construir la ontología propuesta, fue posible identificar un conjunto de requerimientos que se propone deben cumplir los estímulos brindados a través de un PS4MS a pacientes con discapacidad intelectual. Para ello, se buscó responder a la pregunta ¿cómo deben ser los estímulos brindados a través del PS4MS? La respuesta se presenta a continuación:

- R1. Configurable, el experto multisensorial debe poder configurar cada estímulo con respecto a su duración, orden, intensidad y demás parámetros, de manera que puedan agruparse en una línea de tiempo que integra una dieta sensorial.
- R2. Flexibilidad, los estímulos pueden ser brindados de manera automática siguiendo el orden y parámetros establecidos, o bien, el experto multisensorial puede tomar el control y brindarlos en el momento que lo crea conveniente con los parámetros adecuados.

- R3. Individualidad, los estímulos deben ser personales y claramente perceptibles únicamente para el paciente para quien fueron diseñados, esto de acuerdo al principio de individualidad de la TEM.
- R4. Objetivo, debe ser posible programar y/o emplear un conjunto de estímulos para apoyar a la rehabilitación o entrenamiento de uno o varios procesos cognitivos, con actividades adecuadas para cada una de ellas, validadas por expertos multisensoriales.
- R5. Método de interacción, los estímulos pueden funcionar como un método de interacción, ya sea para dar instrucciones o retroalimentación a los pacientes sobre una tarea realizada o por realizar.

Además, también fue posible establecer la siguiente definición para el concepto de PS4MS:

“Es una herramienta tecnológica de bajo costo que se asemeja a una sala de estimulación sensorial de tipo aventura, la cual permite entrenar los procesos cognitivos, empleando diferentes estímulos para activar las percepciones del ser humano que no requieren actividad física compleja ni por parte del paciente ni del terapeuta. Además, los estímulos son totalmente configurables por el terapeuta (intensidad, velocidad, frecuencia, etc.) y las fuentes de los estímulos están dispuestas a una distancia de entre 30 y 90 cm del paciente, las cuales son montadas y desmontadas sin necesidad de un experto en tecnología, de forma que puedan ser transportados de manera segura”.

De acuerdo con la definición anterior y los requerimientos listados arriba, se pudo establecer un conjunto de características de diseño para un PS4MS, así como un Modelo para la entrega de estímulos sensoriales a través de un PS4MS, el cual es presentado en el siguiente capítulo.

Capítulo 6

Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial

Del entendimiento obtenido sobre el proceso de la TEM, también fue posible identificar las necesidades de rehabilitación de los pacientes con discapacidad intelectual y los beneficios que los terapeutas esperan obtener al utilizar un PS4MS.

Cada paciente es único y con características y necesidades de estimulación específicas, estas se reflejan en el programa de terapia que se le asigna. Un experto en TEM es el responsable de planear y proporcionar la dieta sensorial en cada una de las sesiones de terapia, para ello debe de considerar tanto los procesos cognitivos afectados, como el perfil sensorial del paciente. Esto con el objetivo de personalizar cada uno de los estímulos que integran la dieta sensorial.

Los requerimientos para los estímulos sensoriales brindados a través de un PS4MS presentados en el capítulo anterior, permitieron primeramente establecer una serie de características de diseño para el PS4MS en su conjunto (hardware y software), de manera que cumpla con su definición y sea útil para proporcionar TEM a pacientes con discapacidad intelectual de manera eficiente.

En este capítulo, además de las características de diseño, se presenta la propuesta del Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial (Modelo DSS-PS4MS, por sus siglas en inglés). El cual surgió de la necesidad identificada de contar con una referencia para los desarrolladores que permita la construcción de un PS4MS que sea útil para estimular las percepciones de pacientes con discapacidad

intelectual. El modelo propone un conjunto de principios de diseño que hacen posible personalizar cada estímulo o conjunto de estímulos a las características específicas de cada paciente.

6.1. Características de Diseño para un PS4MS

Si bien se cuenta con una propuesta acerca de cómo deben ser los estímulos sensoriales entregados a través de un PS4MS, es necesario establecer las características de diseño para un PS4MS, de manera que éste cumpla tanto con los requerimientos de los estímulos como con la definición del mismo. Por lo que, se propone un conjunto de características de diseño que debe considerar una herramienta tecnológica que busque implementar un PS4MS. Estas características se presentan en la Figura 6.1.

El PS4MS está diseñado para que un Experto Multisensorial pueda programar y brindar una sesión de terapia a un paciente a la vez, construyendo para ello una dieta sensorial basada en las necesidades y particularidades del paciente, las cuales están registradas en el expediente y perfil sensorial.

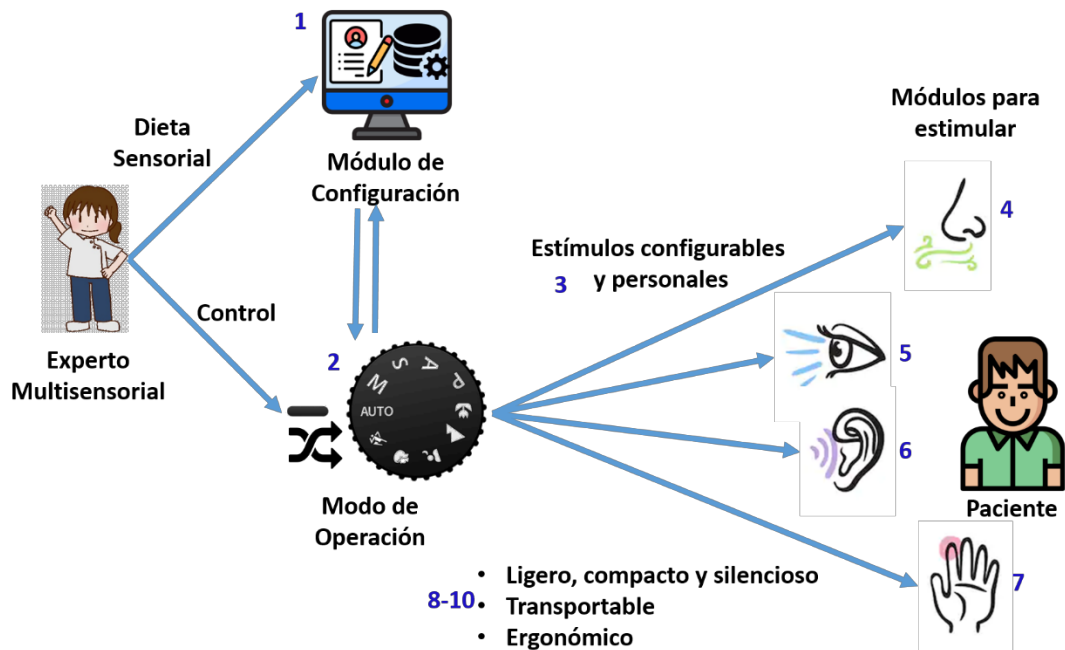


Figura 6.1. Diagrama con la esquematización de los roles y características de diseño de un PS4MS.

Durante una sesión de terapia brindada a través del PS4MS, los roles que intervienen son dos, el Experto Multisensorial, quien programa y brinda una dieta sensorial, y el paciente, quien puede recibir estímulos de forma pasiva sin tener que realizar actividad alguna, o bien, completar actividades que requieren su interacción con los diferentes módulos del PS4MS. Las características de diseño mostradas en la Figura 6.1 son:

1. El PS4MS debe contar con un *módulo de configuración*. En este módulo es donde el Experto Multisensorial podrá configurar la dieta sensorial de cada paciente, guardarla o editarla para brindarla en el momento en que se requiera. De esta manera, será posible agilizar el proceso de recepción y egreso de los pacientes a su sesión de TEM. Este módulo tiene la capacidad de configurar estímulos auditivos, visuales, olfativos y táctiles con una intensidad, frecuencia y volumen personalizables, dichos estímulos se dispondrán en una línea de tiempo que determinará el orden y el momento en que se brindará cada uno de ellos.
2. El PS4MS debe de disponer de dos *modos de operación*. El sistema podrá operar en modo manual y automático; es decir, pasar de un modo donde los estímulos se brindan de manera automática al dar inicio a una dieta sensorial precargada, a uno manual, donde el Experto Multisensorial pueda tomar el control e ir dando los estímulos uno a uno en el orden que considere adecuado. Esto debido a que cada paciente es único y no siempre se tendrá la misma respuesta ante un mismo estímulo, por lo que puede alterarse y no aprovechar su sesión de TEM, por lo que el experto que monitorea sus reacciones ante los estímulos podrá detener, reconfigurar y reiniciar la dieta sensorial, o bien, aplicarla manualmente.
3. En el PS4MS, los *estímulos* deben ser *personales y configurables*. Cada uno de los diferentes estímulos deben ser configurables en sus posibles variables: tiempo de inicio, duración, intensidad, frecuencia, volumen, etc.; de manera que, los estímulos sean adecuados al perfil sensorial del paciente, y que, además, el espacio debe cumplir con características adecuadas de ventilación, acústica y aislamiento para que los estímulos de un paciente no interfieran en la terapia que pudiera estar recibiendo otro paciente en algún lugar cercano.

4. El PS4MS debe contar con un módulo que permita estimular la *percepción olfativa* de los pacientes. El sistema debe contar con un mecanismo para liberar aromas de manera controlada y que puedan ser percibidos por el paciente. Los aromas deben ser configurables en cuanto al tipo de aroma (individuales o combinados), la intensidad, la direccionalidad (izquierda, derecha o ambiental) y el tiempo de duración del estímulo. Los contenedores de las fragancias para generar los aromas deben ser recargables e intercambiables, de manera que, se puedan generar o reproducir aromas que sean significativos y adecuados para cada paciente.
5. El PS4MS debe contar con un módulo que permita estimular la *percepción visual* de los pacientes. El sistema debe contar con un sistema de proyección de imágenes, elementos visuales de colores, patrones de luces, etc. Los estímulos visuales pueden ser de un tipo determinado (una imagen, video o patrón de luces), provenir de una fuente específica (proyección, objeto, luces led, etc.), además de poder configurar su intensidad (lúmenes), dirección (izquierda, derecha o ambiental) y duración.
6. El PS4MS debe contar con un módulo que permita estimular la *percepción auditiva* de los pacientes. En este módulo debe ser posible seleccionar el tipo de sonido a reproducir de acuerdo al tipo de paciente (niño, adulto, hombre, mujer), por ejemplo, un estímulo auditivo puede ser de cierto tipo (ambiental, voz, música, etc.), provenir de una dirección específica (izquierda, derecha o ambiental), tener un volumen específico (en decibeles - dB), un tono (grave, agudo o medio) y duración.
7. El PS4MS debe contar con un módulo que permita estimular la *percepción táctil* de los pacientes. Los estímulos táctiles pueden ser flujos de aire sobre la piel, texturas, formas, temperatura y vibraciones, por lo que el sistema debe implementar un mecanismo que permita brindar algunos de estos estímulos y configurarlos en cuanto al tipo, patrón, intensidad y duración. Dicho mecanismo puede utilizar la háptica o la manipulación de objetos reales con su respectiva representación virtual.
8. Los elementos integrados en el PS4MS deben ser *ligeros, compactos y silenciosos*. Esto debido a que se busca que el espacio sea personal y que no emita ruidos extraños, ajenos a los estímulos que el paciente debe recibir, para ello debe buscarse que emitan

el menor ruido posible, y que por su peso y tamaño puedan ser fácilmente manipulables por los pacientes.

9. El PS4MS debe ser fácilmente *desmontable, montable y transportable*. El sistema en su conjunto, su disposición física y armado deben ser fáciles de armar y desarmar, para ello se deben usar materiales ligeros, elementos compactos y mecanismos intuitivos que permitan asegurar los diferentes elementos y módulos sin que corran el riesgo de zafarse y lastimar al paciente y que no requieran a un profesional para su armado y puesta en marcha, esto con el objetivo de poder trasladar el PS4MS para atender a pacientes que no puedan acudir al sitio donde recibe su terapia.
10. El espacio físico y los elementos que integren los diferentes módulos/mecanismos del sistema, deben ser *ergonómicos*. Los espacios donde debe interactuar el paciente (sillas, mesas, etc.) deben ser cómodos y libres de formas o elementos que puedan incomodar o lastimar al paciente. De la misma forma, los dispositivos que sean desarrollados como parte del PS4MS deben ser fáciles de tomar y manipular, además de no representar un riesgo para el paciente en ningún sentido.

Después de definir las características de diseño propuestas para un PS4MS, se procedió a generar el modelo, el cual se presenta en la siguiente sección.

6.2. Modelo para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial

En esta sección se describe el modelo propuesto para la Entrega de Estímulos Sensoriales en un Espacio Personal de Estimulación Multisensorial (Modelo DSS-PS4MS). El objetivo del mismo es apoyar en el desarrollo de herramientas tecnológicas que permitan brindar TEM, a través de estímulos sensoriales configurables de acuerdo a las características y necesidades de rehabilitación particulares de cada paciente.

Cada una de las sesiones de TEM que recibe un paciente está dirigida por una dieta sensorial específica, la cual puede representarse como un conjunto $D_i(C, P, E)$, donde C es el proceso cognitivo a entrenar (¿Qué se va entrenar?), P son las percepciones y el orden en que se estimularán (¿Cómo se va entrenar?) y E son los estímulos que se emplearán para

estimular cada percepción (¿Con qué se va entrenar?). Un esquema gráfico de este conjunto se muestra en la Figura 6.2.

Para personalizar los estímulos que componen una dieta sensorial que se brindará a través del PS4MS debe tomar en cuenta:

- Necesidades de rehabilitación, se refiere a los procesos cognitivos que el paciente tiene afectados y debe entrenar, así como conocer las limitaciones que éste tiene en cuanto a los estímulos que puede recibir y la tolerancia a estos.
- Dieta sensorial, se centra en conocer qué proceso cognitivo se entrenará en determinada sesión de TEM, para con ello programar la cantidad, secuencia y tipo de los estímulos, así como los parámetros (intensidad, brillo, volumen, etc.) de cada uno de ellos.
- Estímulos, se debe personalizar a través de qué dispositivo y servicio se entregará al paciente cada servicio de estimulación.

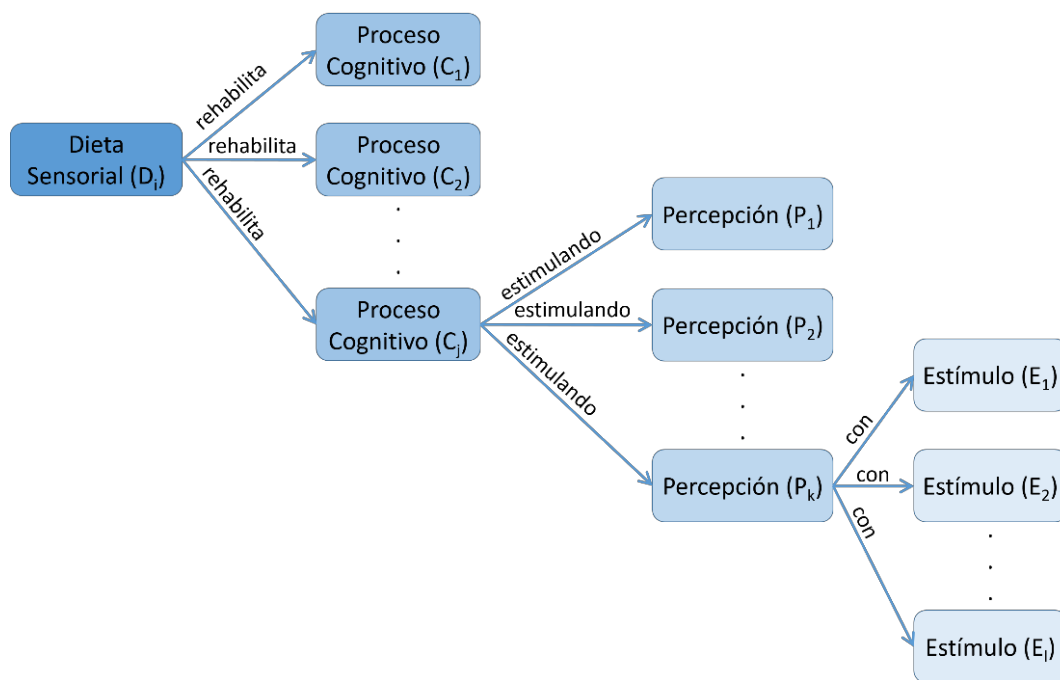


Figura 6.2. Esquema gráfico de los elementos que determinan la composición de una dieta sensorial.

En este contexto, un PS4MS es una herramienta que brinda un conjunto de servicios de estimulación sensorial, dirigidos a cubrir lo estipulado en una dieta sensorial. Este puede verse como una n-tupla de servicios ($S_1, S_2, S_3, \dots S_n$), que tienen como función brindar los estímulos definidos en la dieta sensorial de manera personalizada de acuerdo a las necesidades del paciente.

De manera similar a (Nava-Muñoz & Morán, 2012), donde proponen un modelo para el diseño de notificaciones conscientes del contexto en entornos críticos. El modelo considera tres fuentes de contexto para adaptar el contenido, las condiciones de entrega y la presentación del mensaje de notificación a los receptores. Esta adaptación la hacen a través de tres principios de diseño propuestos, los cuales son implementados a través de un espacio de diseño.

En este trabajo se propone el modelo DSS-PS4MS, el cual se compone de cuatro elementos que son descritos a continuación y que pueden verse gráficamente en la Figura 6.3.

1. El concepto de un PS4MS presentado en el capítulo 5, que estipula la forma general y el objetivo del mismo.
2. Las características de diseño propuestas en la sección 6.1 para un PS4MS, con las cuales es posible implementar los componentes de software y elementos del espacio.
3. Tres principios de diseño para programar y entregar una dieta sensorial a un paciente con discapacidad intelectual, con ellos se posibilita personalizar una dieta sensorial a través del PS4MS.
4. Un espacio de diseño a través del cual se describe la forma de implementar cada uno de los principios de diseño propuestos para personalizar una dieta sensorial.

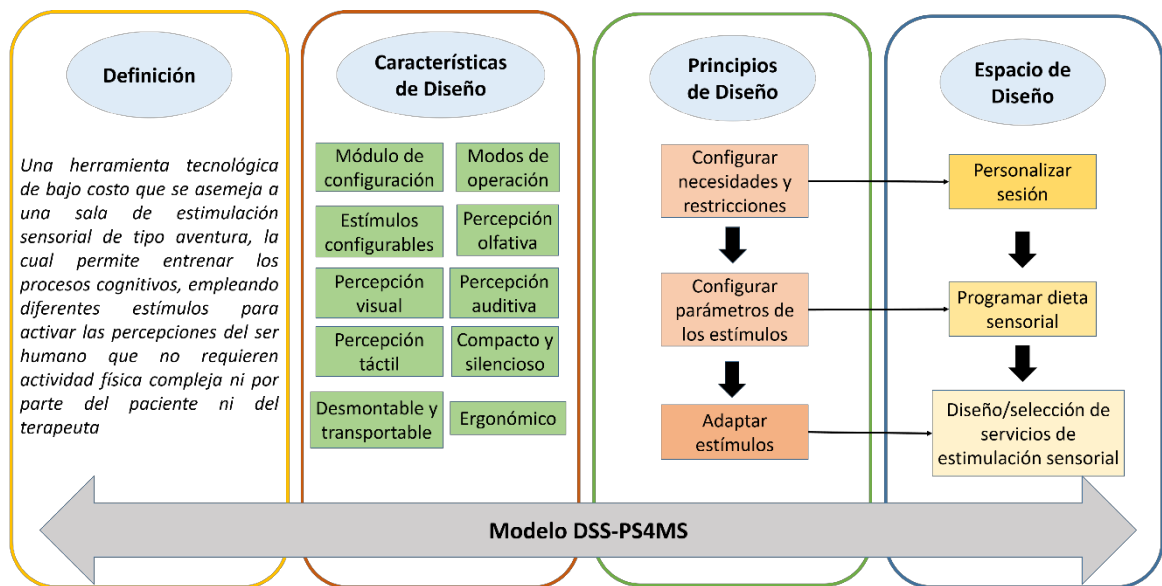


Figura 6.3. Esquematización general del Modelo DSS-PS4MS propuesto.

6.2.1. Principios de diseño para personalizar una dieta sensorial

De acuerdo con (Dix et al., 2003; Kunert, 2009), un principio de diseño se puede entender como una guía de comportamiento amplia aplicable a muchas situaciones. Este no te dice qué hacer exactamente, sino que da pistas de cuál es la acción correcta a través de una gran cantidad de situaciones. A diferencia de los patrones de diseño, estos no establecen los pasos necesarios para aplicarlos, ni siquiera las situaciones en las que son aplicables, de hecho, se pueden crear varios patrones y reglas basándose en ellos.

Para construir o programar una dieta sensorial personalizada a través del PS4MS, el modelo sugiere un procedimiento para llevar a cabo la configuración de los estímulos que la componen.

En el procedimiento, primeramente, se considera como información de entrada el o los procesos cognitivos a rehabilitar, las limitaciones sensoriales del paciente, las percepciones que se emplearán para rehabilitar el proceso cognitivo y los servicios de estimulación sensorial que ofrece el PS4MS.

Para apoyar la personalización de los estímulos que se entregan a través del PS4MS y que forman parte de una dieta sensorial, se proponen tres principios de diseño, los cuales surgen tanto del concepto como de las características de diseño propuestos para un PS4MS.

PD1. Configurar necesidades y restricciones

El objetivo que sigue este principio de diseño es, poder establecer las necesidades de rehabilitación de cada paciente que utilice el PS4MS. Cabe mencionar que cada paciente tiene asignado un programa de terapia y que, además, se le elabora un perfil sensorial, el cual indica si tiene problemas con algún tipo de estímulo sensorial.

PD2. Configurar parámetros de los estímulos

A través de este principio de diseño es que se construye una dieta sensorial para cada una de las sesiones específicas del paciente, para ello debe configurar cada uno de los estímulos que componen la dieta de acuerdo con las particularidades y necesidades del paciente. De manera que el conjunto de estímulos que la componen, sirvan para cumplir el objetivo de la sesión.

PD3. Adaptar estímulos

Para adaptar cada uno de los estímulos que forman parte de una dieta sensorial, es necesario tener una serie de servicios de estimulación disponibles, los cuales son implementados por uno o varios dispositivos que forman parte del PS4MS, y a través de los cuales se brindarán los estímulos al paciente.

El procedimiento para implementar cada uno de los principios de diseño es descrito en el espacio de diseño presentado a continuación.

6.2.2. Espacio de diseño para personalizar una dieta sensorial

Para implementar los principios de diseño, se sugiere el presente espacio de diseño, donde se describen los procesos para lograr la personalización de la dieta sensorial a un paciente particular, a través de dichos principios.

En primer lugar, en la Figura 6.4 se puede ver el esquema general de cómo se construye una dieta sensorial personalizada. Inicialmente, el Experto Multisensorial debe considerar el programa de terapia asignado al paciente y el perfil sensorial del mismo, y con ello planear: i) cuántas sesiones de TEM brindará al paciente; ii) cuáles procesos cognitivos tiene afectados y necesitan ser rehabilitados; iii) cuáles percepciones sensoriales pueden usarse en la rehabilitación, y; iv) qué servicios de estimulación sensorial ofrece el PS4MS.

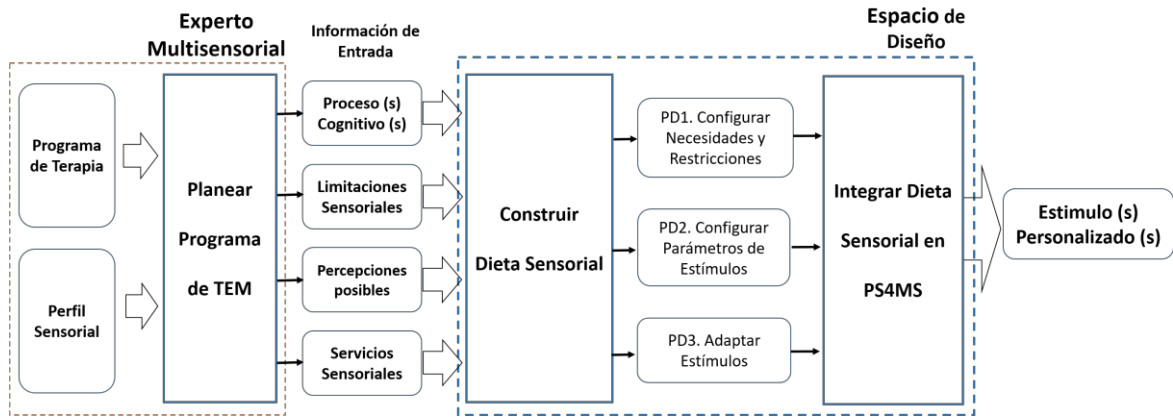


Figura 6.4. Proceso general para determinar y configurar una dieta sensorial personalizada a las necesidades y características de un paciente.

Posteriormente, cuando se requiere construir una dieta sensorial para una sesión específica de TEM para un paciente, los cuatro elementos mencionados en el párrafo anterior funcionan como datos de entrada al espacio de diseño del modelo e inicia el proceso para crear la dieta, el cual incluye tres subprocesos, uno para cada uno de los principios de diseño propuestos y los cuales son descritos a continuación:

Personalizar sesión. Este subproceso implementa el PD1, de acuerdo con la Figura 6.5, un paciente con discapacidad intelectual puede presentar una o más condiciones médicas que lo hacen ser candidato a un programa de TEM (Síndrome de Down, Síndrome del Espectro Autista, Síndrome de Asperger, Demencia Senil, entre otra). Además, de acuerdo a las condiciones médicas que padece, puede tener restricciones sensoriales (hiper o hipo sensibilidad a sonidos, luces o texturas, debilidad visual, entre otras) que limitan las percepciones sensoriales que se pueden estimular para su rehabilitación.

Por lo tanto, los procesos cognitivos que se pueden entrenar en determinado paciente, están supeditados a la condición médica y a las restricciones sensoriales que presenta, ambos aspectos deben ser introducidos en el PS4MS a la hora de construir la dieta sensorial que se le proporcionará en una sesión de TEM específica.

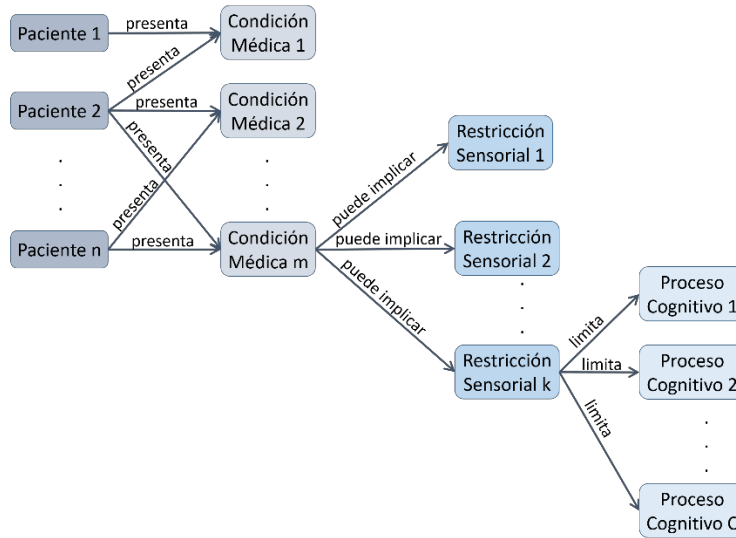


Figura 6.5. Esquema gráfico de las variables que intervienen para poder determinar los procesos cognitivos que serán rehabilitados en una sesión de TEM.

En la Figura 6.6 se muestran los datos de entrada y de salida del subproceso, como entrada se toman tanto los procesos cognitivos que tiene afectados el paciente, como si posee alguna restricción que limite el tipo o las características de los estímulos sensoriales que se le brindarán, además también se toma la lista de percepciones que pueden estimularse al paciente. Como salida del subproceso se tiene un plan para la dieta sensorial que recibirá el paciente, en él se incluyen: los parámetros que limitan o restringen algún tipo de estímulo sensorial y las percepciones que se emplearán en la sesión de TEM.

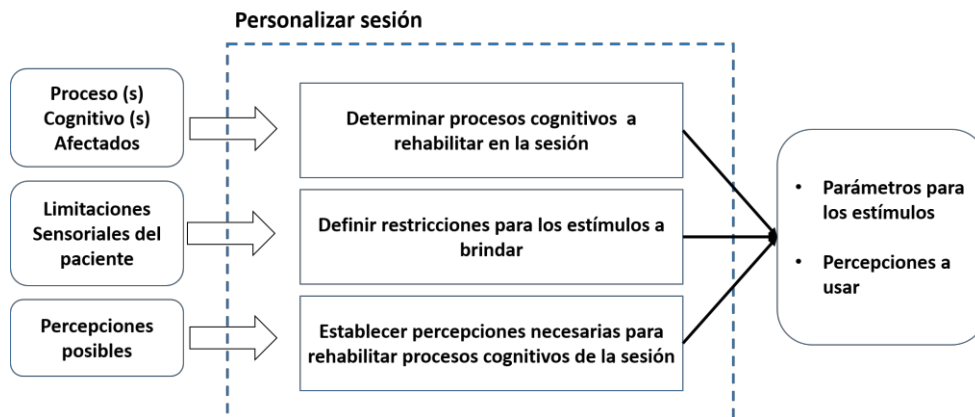


Figura 6.6. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para establecer las necesidades y restricciones de rehabilitación a través del PS4MS.

La salida de este subproceso, es también la entrada del siguiente subproceso, el cual se describe a continuación.

Programar dieta sensorial. En este se implementa el PD2, como se mencionó previamente, cada una de las dietas sensoriales está compuesta por uno más estímulos sensoriales, los cuales buscan estimular alguna (s) de las percepciones del paciente. El objetivo es entrenar o rehabilitar uno o más de los procesos cognitivos que tiene afectados, con una dieta sensorial acorde a las necesidades y restricciones de rehabilitación del mismo.

En el subproceso anterior, se planeó una dieta sensorial para una sesión de TEM, en éste se programan cada uno de los estímulos sensoriales que contiene dicha dieta. Para ello se tiene como datos de entrada la salida de *Personalizar sesión*.

En la Figura 6.7 se muestra los datos de entrada y de salida del *subproceso Programar una dieta sensorial*. En ella se puede ver que, de acuerdo a las percepciones que se estimularán y los parámetros restrictivos para los estímulos, deben programarse todos y cada uno de los estímulos que forman parte de la dieta sensorial.

Para lograr la personalización de los distintos estímulos, éstos deben poseer atributos y parámetros que sean configurables. En la Figura 6.8 se presenta una gráfica con la forma como se compone cada uno de los estímulos de la dieta sensorial. Hay algunos atributos que deben estar presentes en todos los estímulos, y otros que son específicos para el tipo de estímulo que se programará.

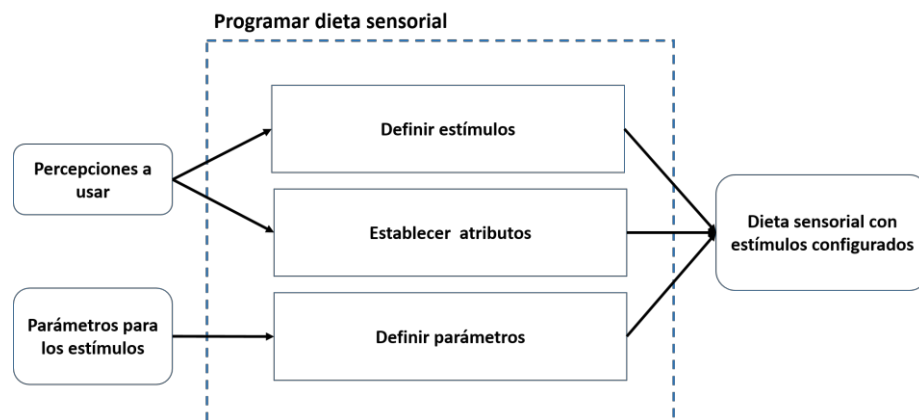


Figura 6.7. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para programar una dieta sensorial específica para un paciente a través del PS4MS.

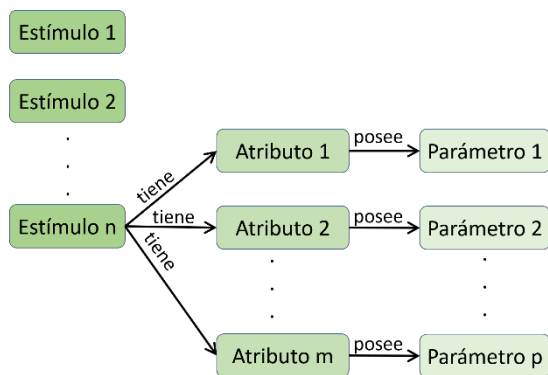


Figura 6.8. Composición de los estímulos brindados a través del PS4MS.

Por ejemplo, entre los atributos fijos, a cada estímulo se le asigna un número de secuencia, que corresponde al orden en que se ejecutará en una línea de tiempo, también se define de que tipo será, es decir, a qué percepción está dirigido, además, el momento en que inicia y la duración del estímulo. Por otra parte, cada estímulo puede tener atributos particulares aun cuando su objetivo sea estimular la misma percepción.

Por ejemplo, para un estímulo olfativo se puede definir el tiempo de inicio, su duración, la intensidad, la dirección de donde debe provenir, el olor que se desea. En el caso de un estímulo auditivo, se puede configurar el tiempo de inicio, duración, volumen, frecuencia, dirección, entre otros. Una vez que los atributos son definidos, se procede a asignar los parámetros (valores o rangos de valores) para cada estímulo de la dieta sensorial.

Por último, el estímulo con sus parámetros específicos debe brindarse a través de un servicio de estimulación disponible, a través del cual se adapta su entrega. El siguiente subproceso describe la forma como se hace dicha adaptación.

Diseño/selección de servicios de estimulación sensorial. Este subproceso se implementa el PD3, aquí se define el servicio de estimulación sensorial adecuado para brindar cada tipo de estímulo de los que componen la dieta sensorial de un paciente. El propósito es apoyar en el diseño de servicios de estimulación sensorial y apoyar en la decisión sobre cuál es el adecuado de acuerdo a los atributos y parámetros del mismo.

Para lo anterior se deben considerar aspectos como: 1) Percepción que se estimulará, 2) Tipo de estímulo y, 3) los atributos del estímulo que se desea configurar (ver Figura 6.9).

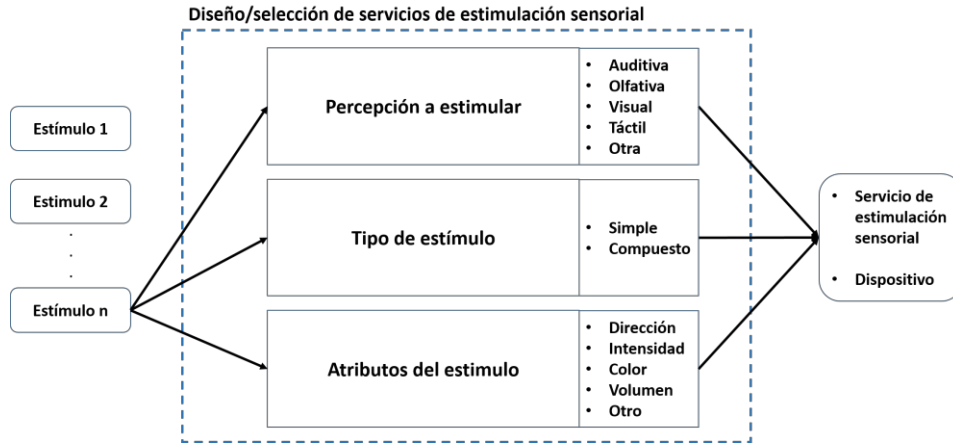


Figura 6.9. Esquema gráfico con los datos de entrada y de salida para diseñar/seleccionar un servicio de estimulación sensorial a través del PS4MS.

En la Figura 6.9 y Figura 6.10, se muestran los servicios mínimos que debe implementar un PS4MS, donde se puede notar que éste está orientado a estimular las percepciones básicas, pero pueden agregarse aquellas que sea pertinente y que se tenga una forma eficiente de implementarla. Cada servicio está asociado a una única percepción y puede haber más de un servicio para una percepción.

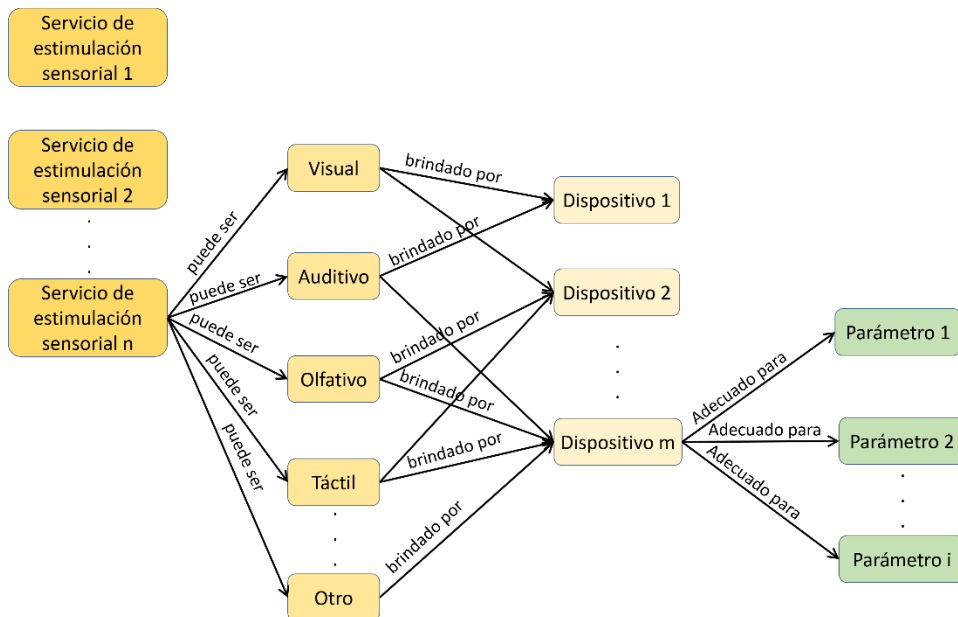


Figura 6.10. Esquema gráfico que muestra que un servicio de estimulación sensorial puede ser implementado por uno o varios dispositivos, de acuerdo a los parámetros que este permita.

Además, en la Figura 6.10 se puede ver que, cada dispositivo puede implementar el servicio de manera distinta, por ejemplo, un estímulo auditivo puede ser un bip de una bocina o una melodía de un reproductor de sonido; un estímulo visual puede ser implementado como un punto de una luz láser, una imagen o un patrón de luces. De la misma manera, de acuerdo al dispositivo que lo implementa, cada servicio puede tener un conjunto o rango de parámetros de configuración distintos, aunque sea para estimular la misma percepción.

Es a través de este procedimiento que un estímulo puede ser adaptado para brindarse a un paciente a través de un servicio de estimulación sensorial, el cual es diseñado o seleccionado por implementar los atributos y aceptar los rangos de parámetros que requiere.

Para probar si al aplicar el Modelo DSS-PS4MS propuesto es posible generar una herramienta que permita brindar estímulos personalizados, de manera que estos sean adecuados para la condición que afecta al paciente y a sus características sensoriales, se desarrolló una serie de prototipos siguiendo el modelo propuesto, los cuales son presentados en el siguiente capítulo.

Capítulo 7

Entrega de estímulos personalizados a pacientes con discapacidad intelectual siguiendo el Modelo DSS-PS4MS – prueba de concepto

Una vez definido un PS4MS, establecidas las características de diseño con las que debe cumplir, y los principios de diseño que debe implementar, se inició con el desarrollo de diferentes prototipos que permitieron probar el concepto.

En este capítulo se describen cada uno de los dispositivos que fueron desarrollados para brindar los servicios de estimulación sensorial auditiva, visual, olfativa y táctil, además del diseño arquitectónico del espacio físico para un PS4MS.

Cada uno de los prototipos fue pensado no únicamente como un emisor de estímulos, sino como una aplicación que permitiera al usuario recibir instrucciones o interactuar con la misma a través de ellos, implementando diferentes actividades lúdicas que apoyan en la TEM de los pacientes y a la vez es divertida.

Se buscó que tanto el dispositivo como las actividades que se implementan fueran similares a las que comúnmente se realizan en las SEM tradicionales, para ello se intentó replicar algunos de los materiales de estimulación con que cuentan dichas salas. Los prototipos desarrollados son descritos a continuación.

7.1. Galaxy

Para el primer prototipo se decidió implementar servicios para estimular las percepciones visual y auditiva, esto debido a que durante los estudios cualitativos se observó que estas son las más comúnmente utilizadas durante las sesiones de TEM. Además,

cualquier dispositivo de cómputo de escritorio o portátil cuenta con pantalla y bocinas, lo mínimo necesario para estimular las percepciones en cuestión. También se buscó explorar con formas no tradicionales de interacción humano computadora.

La implementación estuvo guiada por el Modelo DSS-PS4MS, en primer lugar, diseño visual y funcionamiento se apega a la definición de un PS4MS. Además de las características de diseño propuestas se implementan: a) los módulos visual y auditivo, por lo que con Galaxy es posible brindar estímulos para estimular las percepciones visual y auditiva; b) la interacción del paciente con el juego es a través de gestos hechos con las manos, es decir, tiene un control manual con una interfaz humano computadora no tradicional; c) los estímulos que se pueden brindar a través del prototipo son configurables en cuanto a volumen, intensidad y colores, para que sean perceptibles claramente por el paciente que se encuentra frente al juego; d) la operación del sistema no emite más sonidos que los programados como estímulo para los pacientes; e) el sistema es ligero y compacto, lo que lo hace fácil de transportar.

En cuanto a la personalización de los estímulos que es posible proporcionar con Galaxy, este se centra en el principio de diseño PD2 (configurar estímulos), pues como se mencionó en c) en el párrafo anterior, los estímulos pueden ser configurados en sus diferentes atributos. Si bien hizo falta considerar los otros dos principios de diseño, en este prototipo el principal objetivo era explorar una nueva forma de interactuar entre el paciente y la aplicación.

El prototipo desarrollado es un videojuego llamado Galaxy, con el que se exploró el uso de un ambiente virtual, tomando como inspiración las albercas de pelotas de colores (ver Figura 7.1), en las cuales puede ser introducido el paciente para interactuar con las pelotas y seguir instrucciones dentro de ella (tomar una de cierto color, arrojarla, buscarla, etc.).



Figura 7.1. Alberca de pelotas encontrada en la mayoría de las salas de estimulación multisensorial tradicionales. Imagen tomada de Internet.

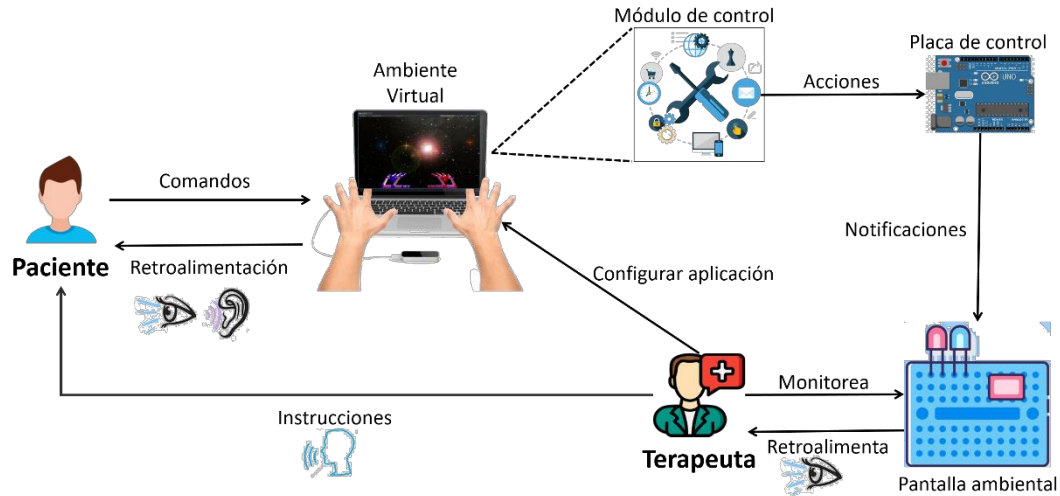


Figura 7.2. Esquema general del prototipo Galaxy.

En la Figura 7.2 se muestra el esquema general del funcionamiento de la aplicación Galaxy, en ella el terapeuta configura los atributos de los cuerpos celestes y los sonidos. Una vez que inicia el juego, el paciente puede navegar en un espacio virtual a través de gestos manuales mientras recibe instrucciones del terapeuta. Además de los estímulos visuales y auditivos que se proporcionan como retroalimentación al paciente, el sistema también cuenta con un dispositivo (pantalla ambiental) que brinda retroalimentación visual al terapeuta acerca de las acciones que desempeña el paciente, con esta información el terapeuta puede tomar decisiones sobre las actividades que deben realizarse para completar el juego.

En Galaxy se escenifica el espacio y diferentes cuerpos celestes de colores sustituyendo la alberca y las pelotas; en él, el paciente emplea gestos con sus manos para desplazarse e interactuar con los objetos, a la vez que el sistema notifica al terapeuta la acciones que está realizando el paciente (ver Figura 7.3).



Figura 7.3. Paciente interactuando con la aplicación Galaxy y la retroalimentación que entrega al terapeuta.

En cuanto a la implementación, los servicios de estimulación visual y auditiva de Galaxy fueron desarrollados usando el motor de juegos Unity (Unity Technologies, 2016; Unity Technology, 2018), que también es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para crear contenidos interactivos, normalmente videojuegos. La interacción del paciente con el videojuego se da a través de movimientos y gestos hechos con sus manos, los cuales son transformadas en un símil virtual que puede moverse en tres dimensiones e interactuar con los cuerpos celestes (tocar, tomar, lanzar, etc.); esto se hizo posible utilizando el dispositivo LEAP Motion (Bachmann et al., 2014; Lu et al., 2016), el cual es un pequeño dispositivo electrónico con sensores, que recibe gestos hechos con las manos y dedos como entrada para interactuar con un sistema, sin requerir un contacto directo (ver Figura 7.4).

De acuerdo con los principios de diseño propuestos, Galaxy puede conectarse a un sistema de control, donde los estímulos brindados son totalmente personalizables, de manera que sean perceptibles únicamente por el paciente, para ello hace uso de una computadora personal empleada para el PS4MS en general y no necesita de más recursos, por lo tanto, el sistema es tan compacto, portátil y silencioso como puede serlo la computadora misma.

La pantalla ambiental (ver Figura 7.5) es controlada por una placa Arduino UNO, con la que el terapeuta puede monitorear las actividades del paciente, esta consta de un arreglo de 6 LED RGB, los cuales se encienden cuando el paciente está cerca de un astro o si lo ha tocado, y además indica de qué color es el astro en cuestión, de esta manera, el terapeuta puede saber si efectivamente el paciente completó la actividad que se le solicitó o si está cerca de lograrlo, puede animarlo a hacerlo.



Figura 7.4. Dispositivo Leap Motion, utilizado como medio de interacción entre el paciente y el juego Galaxy.

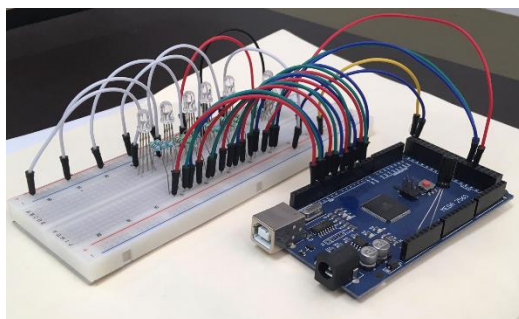


Figura 7.5. Pantalla ambiental implementada para Galaxy.

El desarrollo de Galaxy permitió explorar el uso de un videojuego como una estrategia para: 1) realizar actividades que usualmente apoyan en la rehabilitación de procesos cognitivos como la memoria, aprendizaje y razonamiento y; 2) al ser una aplicación lúdica, esta apoya a mantener a los sujetos interesados y entretenidos en sus actividades de rehabilitación, es decir, que reciban sus sesiones de terapia en una ambiente agradable y divertido. Sin embargo, durante las pruebas funcionales se pudo observar que, resulta un tanto complicado que el usuario interactúe en el ambiente del videojuego sin sentir un objeto (control) físico entre las manos, por lo que el método de interacción (control) del juego debe modificarse para una versión posterior.

Mientras se desarrollaba Galaxy, de manera paralela se condujo un estudio que nos permitió decidir cuál sería el próximo prototipo y los servicios de estimulación sensorial que implementaría, el estudio y el prototipo son descritos en la siguiente sección.

7.2. ReminiScentia

Durante el estudio cualitativo conducido en los centros de rehabilitación locales, se pudo notar que la percepción que menos se estimulaba durante las sesiones de TEM, era la olfativa, y cuando se llegó a emplear, se hizo con alimentos o ambientadores comerciales, con el objetivo de que el paciente recordará una situación habitual (reminiscencia), o que construyera conocimiento sobre un objeto integrando información proveniente de diferentes percepciones (integración sensorial). Debido a esto se decidió realizar un estudio para determinar la importancia de la percepción olfativa como parte de la TEM, y de esta forma, con los resultados obtenidos asignar un nivel de importancia al servicio olfativo dentro del PS4MS.

Cabe señalar que, si bien de los proyectos analizados en el trabajo relacionado en el capítulo 3, algunos han intentado crear pantallas olfativas como un medio de interacción y/o retroalimentación para los usuarios, ninguno de ellos utiliza estímulos olfativos como un medio de rehabilitación para pacientes con discapacidad intelectual, esto a pesar de que Proust (Toffolo et al., 2012) describió una memoria olfativa en la que el olor y el sabor de un muffin francés desencadena un lejano recuerdo de la infancia; el ahora conocido como fenómeno de Proust, describe que los episodios que se asocian a un olor producen recuerdos mucho más vívidos que los asociados a cualquier otro estímulo, incluida la música.

En este contexto, se realizó un estudio con 35 participantes, donde brindamos estímulos olfativos para analizar el comportamiento de los participantes como activador de los recuerdos en conjunción con los estímulos visuales y auditivos.

Para alcanzar el objetivo establecido en este estudio, se intentó sumergir a cada sujeto en tres escenarios diferentes utilizando sonidos, aromas y video, como forma de evocar alguna situación pasada; los escenarios que se eligieron de acuerdo a las costumbres específicas de los habitantes de la localidad fueron: 1) preparar una taza de café puede ser más común en muchos países y es parte de la vida cotidiana de las familias mexicanas; 2) cortar y comer guayabas de un árbol fue elegido porque en la región muchas personas tienen árboles de guayabas en sus casas y es común encontrarlas; y 3) preparar fresas con crema, fue elegido porque en la parte sur del estado de Baja California esta fruta se produce en abundancia y es un postre típico de la región. Por conveniencia se seleccionaron estos escenarios que tienen sonidos, aromas e imágenes característicos, y que implican preparar o comer una comida, aunque se consideraron otros.

A cada participante se le colocó un antifaz para impedir su vista, que se retiró cuando debían recibir estímulos visuales; cada escenario se dividió en tres etapas, cada una de las cuales duraba 30 segundos: en la primera etapa se proporcionaba un solo estímulo, en la segunda dos estímulos y en la tercera etapa los tres estímulos. Cabe señalar que los estímulos visuales (vídeo) se presentaron siempre en la tercera etapa, ya que según (Potter, 1975) mirar una imagen durante 0.33 segundos proporciona suficiente información para interpretarla, aunque no sea algo representativo para el sujeto. Al final de cada etapa se preguntó al sujeto si era capaz de identificar el escenario que se le presentaba. Al final de la reproducción de

cada escenario, se preguntó al sujeto si evocaba algún recuerdo y qué estímulo consideraba más eficaz para evocar ese recuerdo.

Los resultados de la evaluación aportaron pruebas de que: i) es factible que los participantes identifiquen los escenarios presentados mediante los estímulos auditivos, olfativos y visuales proporcionados, siendo el estímulo visual el que más información aporta para esta identificación (59,40% de los casos cuando está presente); ii) asimismo, la combinación de los estímulos olfativos y auditivos proporcionó información suficiente para la identificación de los escenarios en 38. 61% de los casos; iii) es posible evocar recuerdos en los participantes a través de los escenarios/estímulos presentados, siendo el estímulo olfativo percibido por los participantes el que más contribuye a la evocación (44,59%), lo que está de acuerdo con el fenómeno de Proust, seguido de nuevo por la combinación de estímulos olfativos y auditivos (31. 08%), que en conjunto evocan recuerdos en el 75,56% de los casos; y iv) que la familiaridad del escenario presentado juega un papel preponderante tanto en la identificación del escenario como en la posibilidad de evocar recuerdos en el participante.

De acuerdo con estos resultados, se definió la necesidad de desarrollar un prototipo que brinde un servicio de estimulación olfativa y que sea capaz de implementar los tres roles de una pantalla olfativa (Yanagida, 2012), es decir, que sea capaz de generar aromas de manera eficiente, que pueda generar aromas combinados y, que entregue los aromas en el ambiente de manera clara.

En primer lugar, se tomó el Modelo DSS-PS4MS como referencia para construir el prototipo llamado ReminiScentia, en el caso de la definición, la parte visual se dejó de lado pues será un dispositivo que estará inmerso en el PS4MS y únicamente entregará estímulos a la percepción olfativa, sin embargo, en cuanto a la estructura física y su funcionamiento, se apega a ella.

En cuanto a las características de diseño propuestas, el prototipo considera las siguientes:

1. Fungirá como el servicio olfativo del PS4MS.

2. Debe tener un módulo de administración para configurar cada estímulo que se desea brindar.
3. Debe disponer las modalidades manual y automática para generar y entregar los aromas a los pacientes.
4. Los aromas entregados deben ser perceptibles principalmente por el paciente que recibe su TEM en ese momento con el PS4MS,
5. Los aromas deben ser configurables tanto en intensidad, tipo de aroma (simple o compuesto), esencia deseada y dirección donde debe ser liberada.
6. El dispositivo debe ser compacto y silencioso, y los materiales con que se construya ligeros, de manera que este pueda ser fácil de transportar.

En el caso de los principios de diseño, al igual que Galaxy, el prototipo se centra en la configuración de los estímulos (PD2), pues los estímulos olfativos entregados a través del mismo deben poseer atributos que permitan ser configurables, de acuerdo a las necesidades del paciente en turno.

Una vez que se definieron las estas características para el prototipo, se inició con la construcción del mismo, pasando por dos versiones, las cuales son descritas a continuación.

7.2.1. ReminiScentia Versión 1.0

En primer lugar, se tuvo que decidir la manera en que se iban a generar los aromas y, con ello, diseñar la estructura del dispositivo; se optó por evaporar esencias por medio de calor y permitir la generación y difusión de aromas simples y combinados (mezcla de más de una esencia).

De la misma manera que en el prototipo anterior, se hizo una lista de las características de diseño que se implementarían; debido a que se tenían resueltos algunos de ellos, tales como el control manual, que los estímulos fueran personales y que el dispositivo fuera ligero, compacto y transportable, se decidió agregar: a) control automático, b) estímulos configurables, c) módulo de administración.

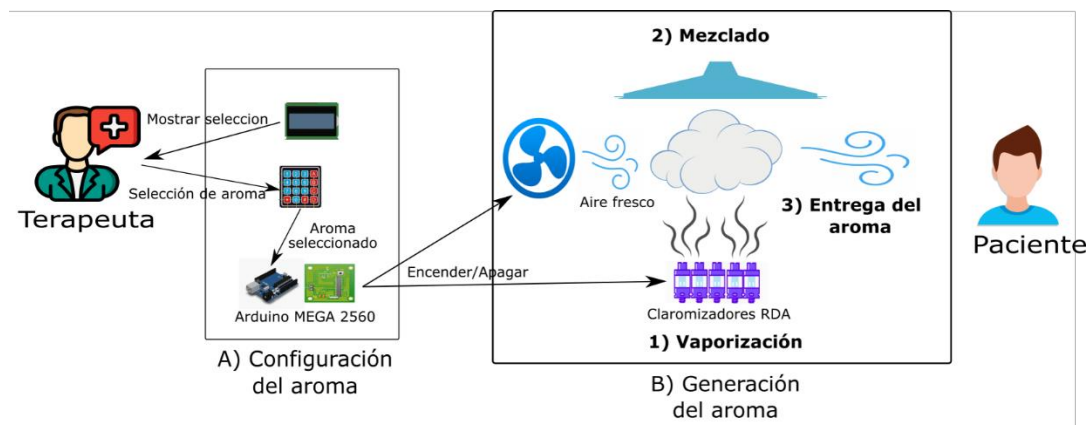


Figura 7.6. Esquema general del dispositivo ReminiScentia V1.0.

ReminiScentia V 1.0 es una pantalla olfativa en forma de huevo capaz de vaporizar, mezclar y liberar 5 aromas (individuales o combinados) de forma controlada. En la Fig. 7.6 se presenta la configuración del sistema ReminiScentia, en ella se puede observar que en primer lugar el terapeuta configura los aromas (Figura 7.6.a); para ello se usa un teclado matricial que permite seleccionarlos de forma individual o combinada; esta selección se muestra en una pantalla LCD. Además, en la Figura 7.6.b se presentan los diferentes roles que implementa ReminiScentia: 1) vaporización del aroma, a través del método de calentamiento de esencias; 2) mezcla de aromas, que usa el método de mezclado de gases para combinar los olores una vez que son vaporizados; y 3) entrega del aroma al paciente, se usa el método de flujo de aire por medio de un ventilador que se activa/desactiva por el tiempo que configure el terapeuta.

La sección de configuración es un módulo que permite al terapeuta seleccionar un aroma único o combinado de las 5 esencias disponibles, esto a través del teclado matricial de 4×4 . La selección del terapeuta se muestra en una pantalla LCD de 16×2 , posteriormente, la selección se recibe en una tarjeta Arduino MEGA 2560, que se encarga de controlar el dispositivo; recibe las selecciones del terapeuta y las ejecuta. Esta tarjeta envía la señal de encendido/apagado a su propio circuito impreso (ver Fig. 7.7) que gestiona la potencia necesaria para cada componente a través de relés, transistores y resistencias.

En la Fig. 7.7.a, podemos ver la tarjeta de circuito impreso con sus componentes ensamblados, y en la Fig. 7.7.b, la tarjeta de circuito impreso instalada en ReminiScentia.

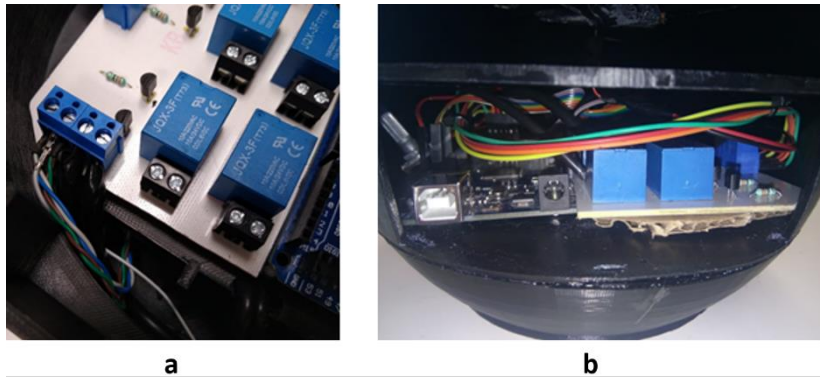


Figura 7.7. a) Circuito impreso de ReminiScencia V1.0. **b)** Circuito impreso ensamblado en el prototipo ReminiScencia V1.0.

Para la generación de aromas, se emplearon claromizadores RDA (Rebuildable Dripping Atomizer) para evaporar esencias en aceite (ver Figura 7.8). Un claromizador es el componente principal en el sistema de un cigarrillo electrónico, es responsable de la evaporación del líquido (aceite) usando una resistencia de alambre de nicromo (aleación de níquel y cromo) que soporta temperaturas de hasta 1400 °C. Con el fin de mantener los cinco claromizadores trabajando al mismo tiempo, se utilizó una fuente de poder para computadora de escritorio ATX de 5v a 24A.

En la Fig. 7.8.a, podemos ver uno de los 5 claromizadores utilizados para evaporar las esencias, y en la Fig. 7.8.b, el montaje de los 5 claromizadores dentro del dispositivo ReminiScencia.



Figura 7.8. a) Uno de los claromizadores utilizados en la construcción de ReminiScencia. **b)** Montaje de los 5 claromizadores en ReminiScencia.

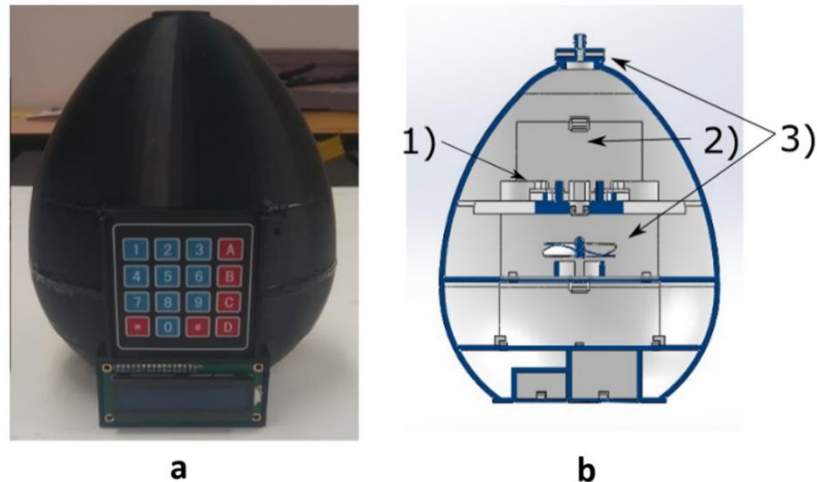


Figura 7.9. a) vista frontal de ReminiScentia, donde se implementa el mecanismo de configuración del aroma; **b)** plano seccional del diseño de ReminiScentia, que muestra los tres roles implementados: (1) vaporización, (2) mezcla, y (3) entrega de la esencia.

Una vez que una esencia se ha evaporado, se almacena en la cámara de mezclado que evita que se evapore en el ambiente, y en el momento apropiado, se impulsa al exterior con un flujo de aire generado por un ventilador que utiliza un motor DC de 6v.

En la Figura 7.9 se presenta la aplicación actual de ReminiScentia; el dispositivo tiene un marco ovalado de plástico negro con forma de huevo (17 cm de diámetro y 21 cm de altura), el cual es una impresión 3D con filamento ABS (ver figura 7.9.a), el cual soporta altas temperaturas y recubrimientos metálicos en caso de ser necesario; este se conecta a la fuente de poder ATX, la cual no está integrada en la estructura del dispositivo (no se muestra en la figura), ésta proporciona la energía necesaria para su funcionamiento. La figura 7.9.b presenta un plano seccional de la pantalla olfativa que muestra dónde se producen las funciones de (1) vaporización, (2) mezcla y (3) entrega del aroma.

Una vez completo el desarrollo del prototipo, se procedió a realizar pruebas a cada una de las secciones del dispositivo, encontrando que éste era adecuado para evaporar las esencias y generar los aromas, además de entregarlos de manera clara a los usuarios. Por lo tanto, se procedió a realizar una evaluación destinada a verificar si los aromas que se entregan a través del dispositivo son claramente identificables y perceptibles a nivel cerebral por los participantes, dicha evaluación es presentada a continuación.

Evaluación de ReminiScentia Versión 1.0

Existen diferentes técnicas de imagenología cerebral (Lloyd-Fox et al., 2010), como la electroencefalografía (EEG), la resonancia magnética (RM) y la espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS), entre otras con capacidades y virtudes complementarias. La fNIRS es una alternativa relativamente barata con un buen compromiso entre resolución espacial y temporal (Wartenburger et al., 2007). La fNIRS proyecta luz infrarroja sobre el cuero cabelludo y detecta la luz atenuada que sale de la cabeza debido a la retrodispersión.

Esta técnica presenta algunas ventajas para su uso con niños, jóvenes y poblaciones atípicas (por ejemplo, discapacitados) y se ha utilizado en ensayos clínicos (Irani et al., 2007; Obrig, 2014; Tsujii et al., 2007; Yoshitani & Ohnishi, 2008). Además, el uso de fNIRS ha demostrado ser eficaz para captar las respuestas cerebrales asociadas a la estimulación olfativa (Bartocci et al., 2000; Ishimaru et al., 2004; Maharjan et al., 2018).

Para la evaluación de ReminiScentia, se buscó medir las señales cerebrales generadas como respuesta a los estímulos olfativos proporcionados con el dispositivo, para ello se utilizó el dispositivo NIRx NIRScout (ver Figura 7.10.a) para fNIRS con que cuenta el Laboratorio de Procesamiento de Bioseñales y Computación Médica del Departamento de Ciencias Computacionales del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

De acuerdo con (Hoshi et al., 2001), fNIRS es una técnica óptica no invasiva, que nos permite medir los cambios de concentración en la hemoglobina cerebral oxigenada (OxyHb) y desoxigenada (DeoxyHb). La suma de estos cambios proporciona el cambio de concentración en la hemoglobina total (tHb), que refleja el cambio en Actividad Hemodinámica Cerebral. La OxyHb es el indicador más sensible de los cambios en la Actividad Hemodinámica Cerebral, y la dirección de los cambios en la DeoxyHb viene determinada por el grado de cambios en la oxigenación y el volumen de la sangre venosa; por lo que en esta evaluación tomamos como referencia los cambios registrados en la OxyHb medida durante la aplicación de los estímulos.

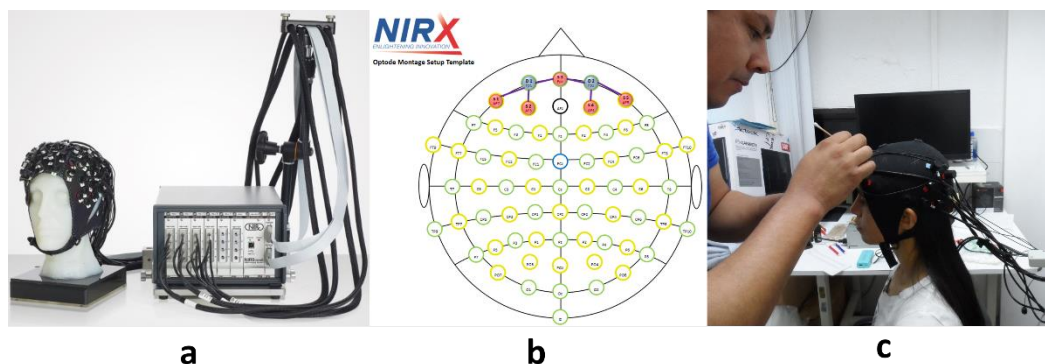


Figura 7.10. a) Dispositivo NIRx NIRScout para espectroscopia del infrarrojo cercano. b) Disposición en 2D de las fuentes (rojo), los detectores (azul) y los canales ópticos (líneas moradas) utilizados para monitorizar las respuestas del córtex prefrontal. c) Colocación de la gorra fNIRS a un participante.

Estudios anteriores (Borromeo et al., 2010; Harada et al., 2006; Ishimaru et al., 2004; Zatorre et al., 1992) han identificado que los estímulos olfativos en los seres humanos son procesados por el área cerebral prefrontal, donde se encuentra el bulbo olfativo (Bartocci et al., 2000); por lo tanto, para este estudio, específicamente, se registró la señal captada por seis canales (cinco fuentes de luz y dos detectores) que cubren la corteza prefrontal (CPF) de los participantes. En la Figura 7.10.a se presenta el dispositivo utilizado, la Figura 7.10.b muestra el montaje de los óptodos (fuentes y detectores), mientras que la Figura 7.10.c muestra la colocación de la gorra fNIRS con los pares fuente-detector montados.

Para la evaluación de la activación cerebral, se definieron como variables independientes la modalidad en la que se proporcionaron los estímulos (manual y ReminiScentia) junto con el aroma proporcionado (limonada y chocolate con menta), y como variable dependiente la magnitud de los cambios de concentración de OxyHb en el CPF de los participantes. Teniendo en cuenta estas variables, se establecieron las siguientes hipótesis:

- **H1:** No hay diferencia en la magnitud del cambio de la concentración de OxyHb durante el periodo de estimulación en el CPF de los participantes cuando se administra un estímulo olfativo de limonada manualmente, que cuando se administra utilizando el dispositivo ReminiScentia.

- **H2:** No hay diferencia en la magnitud del cambio de la concentración de OxyHb durante el periodo de estimulación en el CPF de los participantes cuando se administra manualmente un estímulo olfativo de chocolate con menta, que cuando se realiza utilizando el dispositivo ReminiScenia.

Los participantes del estudio fueron 42 adultos jóvenes con una edad media de 29,43 años (DE = 8,1), 26 mujeres y 16 hombres, que no presentaban problemas con su olfato, y que además aceptaron voluntariamente participar en el estudio.

El experimento se llevó a cabo mediante un diseño intrasujeto, es decir, todos y cada uno de los participantes recibieron los estímulos en ambas modalidades: manual y con ReminiScenia. En la modalidad manual, el aroma se liberó a 1 cm de la nariz acercando el recipiente medio lleno y apretándolo para expulsar el aire. En la modalidad ReminiScenia, el dispositivo se colocó a una distancia mayor (aproximadamente 15 cm de media), ya que cuenta con un mecanismo basado en el flujo de aire que expulsa la fragancia.

El orden de aplicación de las modalidades y los aromas se fue intercalando. En primer lugar, la mitad de los participantes recibió los olores de forma manual y la otra mitad mediante la modalidad ReminiScenia, asignada aleatoriamente a cada grupo; en ambas modalidades, se alternaron los olores de limonada y chocolate con menta. Para difundir un aroma neutro, en ambas modalidades se utilizó un resucitador manual, de modo que el aire puro estuviera lo menos contaminado posible con restos de los otros aromas.

En total, se capturaron 1110 segundos de señal cerebral para cada participante. Correspondientes a 60 segundos previos al inicio de la estimulación olfativa, 225 segundos de estimulación mediante ReminiScenia, 225 segundos de estimulación manual y 600 segundos de descanso entre cada estimulación. Durante la estimulación manual o a través de ReminiScenia, se aplicaron diez segmentos de 15 segundos de aroma de limonada o de chocolate con menta. De los datos capturados de los 42 participantes, se descartaron 9 conjuntos de datos por resultar con señal cerebral de baja calidad.

Tabla 7.1. Resultados de la respuesta hemodinámica cerebral (OxyHb) en la modalidad ReminiScentia y manual para la estimulación olfativa de la limonada (H1) y chocolate con menta (H2).

| Hipótesis | Resultado (n = 33) | | | |
|-----------|------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| | H1 (Estímulo limonada) | | H2 (Estímulo chocolate y menta) | |
| Modalidad | ReminiScentia | Manual | ReminiScentia | Manual |
| M | -9.94E-005 | -6.43E-05 | -7.73E-005 | 1.27E-004 |
| SD | 1.61E-004 | 1.65E-004 | 3.39E-005 | 1.58E-004 |

Para el análisis de los datos obtenidos como respuesta hemodinámica cerebral (OxyHb) de los 33 participantes se utilizaron los programas de software NIRx nirsLAB y SPSS. En la Tabla 7.1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cada modalidad, y los resultados de la prueba de Wilcoxon para datos no paramétricos efectuada sobre los datos se presentan en la Tabla 7.2.

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 7.2, no tenemos evidencia para rechazar las hipótesis, ya que no hay diferencias estadísticamente significativas para afirmar que la magnitud de la concentración de OxyHb en el córtex prefrontal del participante sea diferente cuando recibe los estímulos con ReminiScentia que cuando los recibe manualmente. Por lo tanto, se acepta H1 y H2.

Tabla 7.2. Resultados de la prueba de Wilcoxon ($p < 0,05$) en cuanto a la respuesta hemodinámica cerebral (OxyHb) en la modalidad ReminiScentia y manual para el estímulo olfativo de la limonada (H1) y chocolate con menta (H2).

| Hipótesis | Valor estadístico | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | H1 (Estímulo de limonada) | H2 (Estímulo de chocolate con menta) |
| Z | -1.664 | -0.902 |
| Asymptotic Sig. (bilateral) | 0.096 | 0.37 |
| Significance of difference | No significativa | No significativa |

De este modo, se puede afirmar que los estímulos olfativos suministrados con el dispositivo ReminiScenia hacen que los participantes experimenten una sensación de recompensa similar a la que se produce cuando los estímulos se suministran manualmente.

A partir de los resultados de validación de la eficacia de ReminiScenia para la entrega de olores, se pudo establecer que es un dispositivo fiable para la entrega de olores perceptibles y que éstos generan una activación cerebral significativa.

Además de medir la activación cerebral generada en los participantes con los estímulos olfativos, quisimos conocer la experiencia que tuvieron los participantes al recibir los estímulos en ambas modalidades y con cada uno de los olores utilizados, para poder contrastarlos y tener un elemento adicional que confirmara o explicara los resultados obtenidos de la activación cerebral.

El cuestionario aplicado se muestra en la Tabla 7.3, este está compuesto por 5 preguntas orientadas a comparar ambas modalidades en cuanto a i) qué tan reales fueron percibidos los aromas; ii) qué tan intensos y agradables se sintieron, y iii) si hubo algún evento que perturbara su estado durante el estudio.

Para determinar la experiencia del usuario con respecto a los aromas que se le proporcionaron en ambas modalidades, se tuvieron en cuenta únicamente las respuestas de los 33 participantes para los que fue posible analizar su señal de activación cerebral.

Tabla 7.3. Preguntas del cuestionario de salida aplicado a los participantes.

| Preguntas del cuestionario de salida | |
|---|---|
| 1 | ¿Qué tan reales crees que fueron los aromas utilizados? |
| 2 | ¿Sintió alguna diferencia en la intensidad de los aromas entre las dos modalidades? |
| 3 | ¿En cuál de las modalidades se sintieron más intensos los aromas? |
| 4 | ¿En cuál de las modalidades se sintieron más agradables los aromas? |
| 5 | ¿Percibió algún evento que perturbara el desarrollo de la evaluación? |

A partir de las respuestas obtenidas en el cuestionario de salida, las evidencias sugieren que i) en ambas modalidades los olores fueron percibidos como reales, es decir, los aromas utilizados son similares a los reales; y ii) en general, los participantes encontraron más intenso y agradable recibir los estímulos olfativos con ReminiScintia que por medios manuales, lo que puede interpretarse como que tuvieron una experiencia más placentera al recibir los estímulos con el dispositivo desarrollado, esto a pesar de haber percibido eventos disruptivos durante la estimulación con ReminiScintia.

Aunque sólo con los resultados de la prueba estadística no tenemos evidencia para decir si una de las modalidades genera una mayor activación cerebral, en base a los resultados del cuestionario de salida sí podemos. Estos resultados indican que ReminiScintia proporcionó una experiencia más placentera a los participantes a la hora de proporcionar estímulos olfativos, aunque emite algunos ruidos con los que pueden desconcentrarse, podemos suponer que, si estuviera disponible, preferirían utilizarlo en lugar de usar la modalidad manual.

Como un resultado adicional, obtenido de esta evaluación, se propone un espacio de diseño de interacción olfativa. Este espacio de diseño sugiere usar los estímulos olfativos como una manera de dar instrucciones o recibir retroalimentación, complementando los mecanismos de estimulación más comúnmente utilizados, como los visuales y auditivos.

A pesar de los resultados favorables obtenidos de la evaluación del dispositivo, durante el desarrollo de la misma fueron publicados artículos como (Cao et al., 2020), donde se prueba el daño que provoca a la salud el uso de líquidos para cigarrillo electrónico, sustancia que se emplea para el funcionamiento de ReminScintia Versión 1.0.

Por lo tanto, se diseñó y desarrolló una nueva versión del dispositivo, dejando de lado los aceites para cigarrillo, esta es presentada a continuación.

7.2.2. ReminiScintia Versión 2.0

Al momento de diseñar y construir la nueva versión del dispositivo ReminiScintia, una de las tareas primordiales fue identificar una forma eficiente y silenciosa para vaporizar una sustancia líquida, y mantener al menos las mismas características de diseño implementadas en la versión previa.

La opción que pareció ser la más conveniente es el mecanismo de un nebulizador. Un nebulizador es un dispositivo que convierte el medicamento líquido en un vapor muy fino que una persona puede inhalar a través de una mascarilla facial o boquilla. Un nebulizador expulsa partículas de vapor, de un tamaño menor a $5\ \mu\text{m}$ ($1\ \mu\text{m}$ equivale a la millonésima parte de un metro) de manera que sean lo suficientemente pequeñas para llegar al tracto respiratorio inferior.

Existen diferentes tipos de nebulizadores de acuerdo al mecanismo que emplean para vaporizar la sustancia líquida: i) neumático, ii) malla vibradora y, iii) nebulizador ultrasónico. Siendo elegida la última opción.

Un nebulizador ultrasónico emite vibraciones de alta frecuencia que generan ondas de ultrasonido sobre la solución, nebulizando un gran volumen de líquido en poco tiempo y de manera silenciosa. En su interior se encuentra un cristal cerámico piezoeléctrico (transductor), el cual convierte una señal eléctrica en ondas sonoras de alta frecuencia que dividen las partículas de líquido hasta convertirlas en una niebla suspendida en el aire.

Por otra parte, se optó por eliminar el uso de la placa Arduino MEGA 2560, para dar lugar a un circuito impreso de diseño propio y agregar conectividad Bluetooth para controlar el dispositivo desde una aplicación móvil.

Diseño

En cuanto al diseño físico del nuevo dispositivo, se tuvo que considerar que ahora las sustancias a evaporar son líquidas y que no se desea perder la cantidad de esencias que ya se utilizaban en la versión previa (5 aromas distintos). Para ello se diseñó una estructura en forma de pentágono (ver Figura 7.11), donde cada lado es un difusor de aroma completo (ver Figura 7.12) para un único aroma y que al ser ensamblados forman un prisma pentagonal, capaz de generar aromas simples o compuestos con las diferentes esencias contenidas.

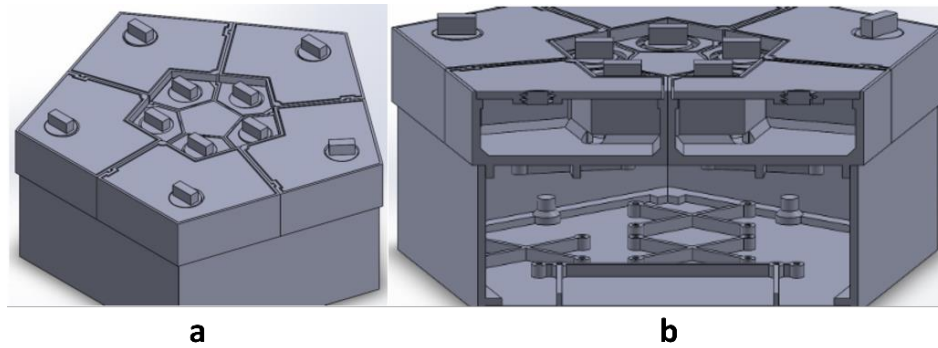


Figura 7.11. a) Estructura completa de ReminiScentia 2.0 ensamblada; b) Corte lateral del dispositivo ReminiScentia 2.0 ensamblado.

En la Figura 7.11.a se puede notar la separación entre cada uno de los 5 componentes del dispositivo, además, en la Figura 7.11.b se observa la parte inferior del dispositivo, que es la que conjunta los diferentes componentes y aloja la placa de control y el cableado necesario para su funcionamiento.

Cada uno de los 5 componentes difusores de aromas cuenta con:

- Cámara de nebulización de esencias.
- Espacio para componentes electrónicos
- Mecanismo para sujeción entre componentes

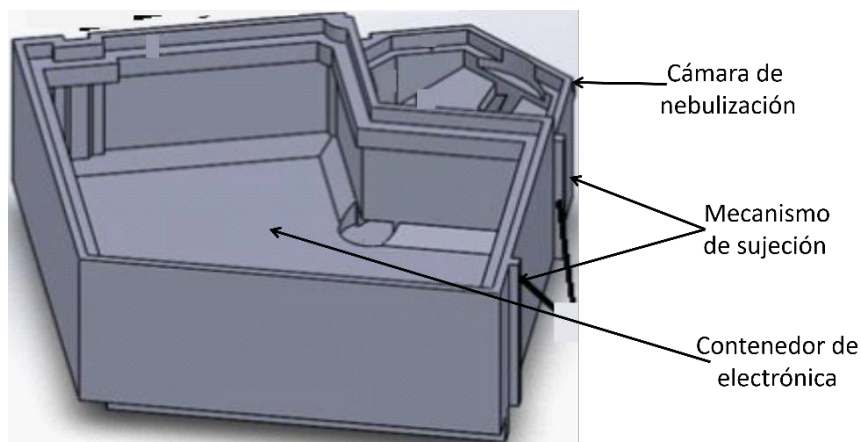


Figura 7.12. a) Vista de uno de los 5 componentes individuales que integran el dispositivo completo; b) tapa del contenedor con el orificio para una tapadera de rosca.

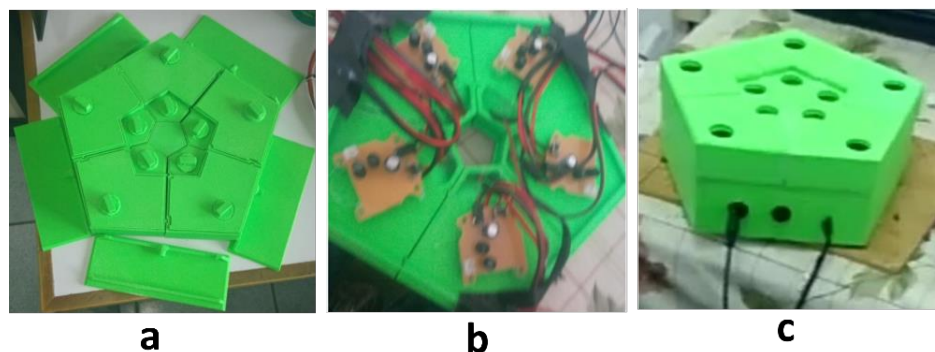


Figura 7.13. Piezas individuales de ReminiScentia hechas en impresora 3D y su montaje inicial para formar el dispositivo.

En la Figura 7.12 se observa el diseño de uno de los 5 difusores que integran ReminiScentia, cada componente es un difusor por sí solo, conteniendo en su estructura los elementos necesarios para realizar su función, pero siendo controlada desde un mando centralizado colocado en la cámara inferior del dispositivo ReminiScentia.

La estructura fue impresa con una impresora 3D y sus piezas y montaje se observan en la Figura 7.13. Más a detalle, en la Figura 7.13.a se muestran los elementos individuales del dispositivo, en la Figura 7.13.b se puede observar el montaje de los componentes electrónicos de uno de los difusores individuales, mientras que, en la Figura 7.13.c se presenta el montaje final terminado.

Los componentes piezoeléctricos empleados para la difusión de las esencias son piezas sumergibles que vienen con su placa de control y están disponibles de manera comercial (ver Figura 7.14).



Figura 7.14. Componente piezoeléctrico y su placa de control utilizados para el desarrollo de ReminiScentia.

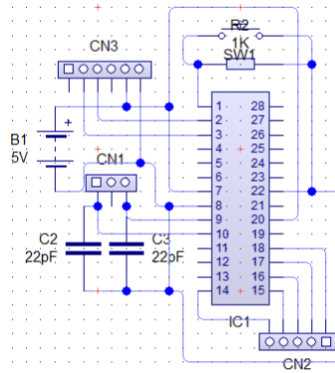


Figura 7.15. Diagrama teórico del circuito de control de ReminiScentia.

Para el control del dispositivo se usó el circuito ATmega328p, el cual requiere de elementos básicos como una resistencia de 220-1k Ω , un botón de presión (SW1), un cristal oscilador de 16mhz (CN1), y 2 capacitores cerámicos para hacer trabajar el reloj interno del circuito integrado. Se utilizó también los pines 1 y 2 como transmisión y recepción para la comunicación Bluetooth, los pines 14, 15, 16,17 y 18 fueron ocupados para la salida de señal que sería enviada a los relevadores para el control de encendido y apagado de los difusores tal como se puede ver en la Figura 7.15.

Para manipular ReminiScentia se desarrolló una aplicación móvil básica, la cual se conecta a través de Bluetooth con el circuito integrado para enviar los comandos al dispositivo, este los recibe y los traduce para ejecutarlos como un estímulo olfativo determinado, con los parámetros solicitados (tipos, duración, intensidad, etc.). De esta forma el ReminiScentia está adecuado para recibir órdenes desde cualquier aplicación a través de Bluetooth, siempre y cuando los comandos vayan en el formato adecuado.

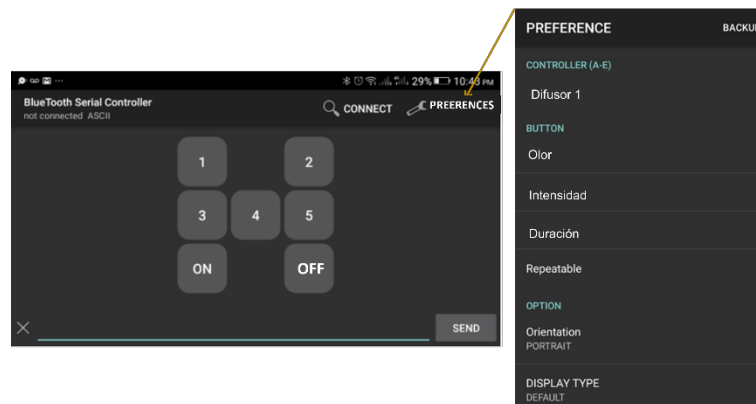


Figura 7.16. Aplicación móvil desarrollada para el control de ReminiScentia.

La interfaz gráfica de la aplicación móvil se muestra en la Figura 7.16, en ella se puede observar una serie de botones, los cuales activan cada uno de los difusores para generar un aroma, además de los botones de encendido y apagado (ON y OFF), para manejar cualquier eventualidad que altere el funcionamiento del dispositivo. En la opción de preferencias (PREFERENCES) se pueden personalizar parámetros de cada estímulo olfativo a proporcionar.

De manera paralela a ReminiScentia, se desarrolló un tercer prototipo para estimular la percepción auditiva, visual y táctil, el desarrollo de este es presentado a continuación.

7.3. Cubo Interactivo

El Cubo Interactivo se apega a la definición de un PS4MS contenida en el modelo propuesto, tanto en lo visual como en lo físico, de las características de diseño presentes en el modelo, este implementa 9 de las 10 propuestas, siendo la característica número 4 (El PS4MS debe contar con un módulo que permita estimular el olfato de los pacientes) la que deja de lado.

La idea central del dispositivo es proporcionar los servicios de estimulación sensorial a las percepciones visual, auditiva y táctil a los pacientes, además de explorar una forma distinta de interactuar con el sistema. En cuanto a los principios de diseño, el Cubo Interactivo permite configurar (PD2) y adaptar (PD3) los estímulos que se van a brindar con él.

De tal forma, el Cubo Interactivo consiste en un dispositivo de entrada (similar a un control de videojuegos) que permite detectar su posición gracias a un módulo con acelerómetro y giroscopio, además de contar con caras intercambiables que permiten brindar retroalimentación visual y táctil al usuario.

El dispositivo se comunica por Bluetooth a una computadora, esto permite el desarrollo de diversas aplicaciones utilizando el cubo como un control universal. Está diseñado de tal forma que se asemeja al Cubo de Rubik para una mayor comodidad. A continuación, se presentan dos versiones del Cubo Interactivo que fueron desarrolladas.

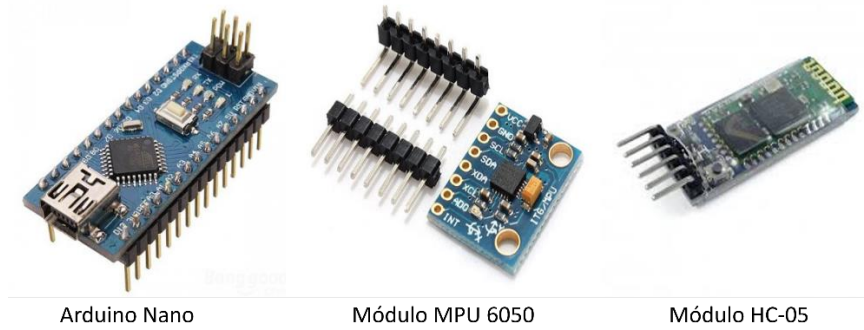


Figura 7.17. Componentes principales utilizados para la implementación del Cubo Interactivo Versión 1.0.

7.3.1. Cubo Interactivo Versión 1.0

La primera versión del dispositivo fue desarrollada empleando dos microcontroladores Arduino Nano, uno para controlar el funcionamiento del cubo y otro para establecer la comunicación Bluetooth entre una computadora y el dispositivo. Al microcontrolador que controla el cubo se le adjuntó un módulo MPU 6050 que contiene un giroscopio y un acelerómetro de 3 ejes en una misma placa. Además, a los dos microcontroladores se les instaló un módulo de comunicación Bluetooth HC-05 que permite enviar y recibir datos. Los componentes usados se muestran en la Figura 7.17.

De manera adicional, para iluminar las caras del cubo se usaron diodos emisores de luz RGB, los cuales permiten usar colores básicos y sus combinaciones. Para alimentar al cubo se utiliza una batería LiPo 7.4v 1000mah 20c, con el fin de alimentar todo el circuito interno del cubo y darle autonomía, permitiendo usarlo sin la necesidad de estar conectado a la alimentación, además dar la posibilidad de recargar la batería de cuando sea necesario.

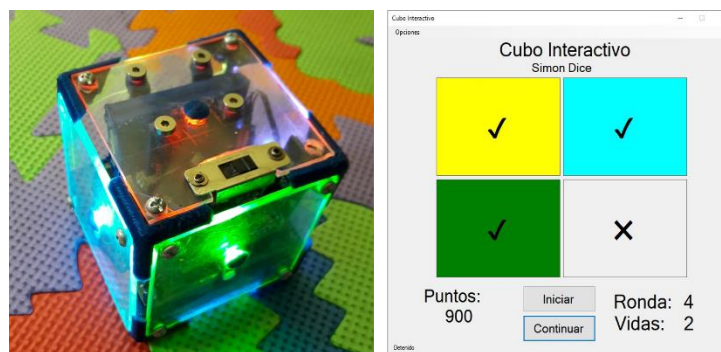


Figura 7.18. Cubo Interactivo Versión 1.0 en funcionamiento y la interfaz de Simón Dice.

Las caras del cubo son cuadrados de acrílico transparente de 8 cm por lado, montados sobre una estructura impresa en 3D en ácido poliláctico (PLA). La estructura fue diseñada para alojar los diferentes componentes electrónicos de manera segura.

En la Figura 7.18 se presenta una vista del Cubo Interactivo Versión 1.0 terminado. Para utilizar el cubo como control se desarrolló una versión del juego Simón Dice, donde se muestra un color y con cada nivel superado se agrega un color a la secuencia original, se utiliza el cubo como un medio para recrear la secuencia planteada, de tal manera que para pasar cada nivel de la secuencia el cubo se tiene que posicionar con la cara del color que se pide hacia arriba y así sucesivamente. Esta actividad sirve para entrenar la memoria de corto plazo y el razonamiento, pues debe memorizar una secuencia de colores y reproducirla con los lados del cubo.

Dentro del juego, desde la interfaz principal se pueden configurar algunos parámetros de los estímulos que se pueden brindar, en la Figura 7.19 se presenta la ventana de configuración, los parámetros pueden ajustarse a las necesidades y limitaciones del paciente, y esta configuración se asocia con niveles de dificultad del juego.

El juego consta de varios grados de dificultad a elegir, entre los parámetros para configurar la dificultad se encuentran el tiempo de respuesta para encontrar el color (por defecto 4 segundos) y la longitud de la secuencia máxima a mostrar (por defecto 12 colores).

En esta primera versión del Cubo Interactivo, no se implementó el servicio táctil, únicamente el visual y auditivo, ambos para dar instrucciones y retroalimentación al paciente sobre las actividades realizadas durante el juego. Para el servicio auditivo se emplean las bocinas del dispositivo de cómputo donde se instala el juego. Además, la gama de colores que se puede usar para las caras del cubo es deficiente, pues al usar diodos LED RGB para iluminar acrílico transparente hay colores que se mezclan y se confunden, lo que restringe la cantidad de actividades que se pueden hacer con él, así como limita la personalización de los estímulos visuales.

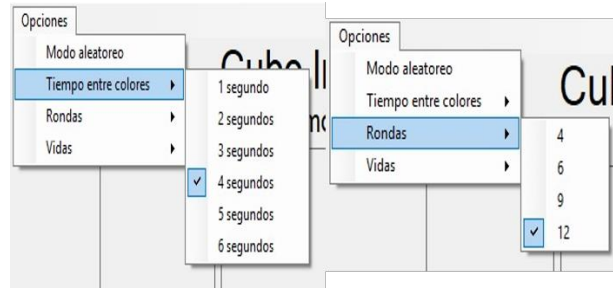


Figura 7.19. Ventana de configuración del nivel de dificultad de Simón Dice.

Por lo que se inició el desarrollo de una segunda versión, la cual mejora estos aspectos y otros como la resistencia a golpes, la ergonomía y se crea una variedad más amplia de actividades (mini juegos) que se pueden controlar usando el cubo.

7.3.2. Cubo Interactivo Versión 2.0

La segunda versión del dispositivo se centró en hacer un dispositivo que implemente los servicios visual, auditivo y táctil por sí mismo, es decir, que el mismo cubo pueda ser utilizado para dar retroalimentación o instrucciones sensoriales al realizar una actividad (por ejemplo, los mini juegos) orientada a su rehabilitación. También que sea más resistente a los golpes que pudiera recibir al ser manipulado por los pacientes con discapacidad intelectual, así como mejorar la ergonomía, para que sea más fácil de tomar y manipular. Además, se desarrollaron una mayor variedad de actividades (mini juegos) que pueden controlarse con el cubo.

Para su construcción se usó un cubo interior cuya estructura permite repartir la luz en cada una de las caras y a su vez alojar la electrónica, y uno exterior de 8 cm cada lado (ver Figura 7.20), estructura impresa en 3D con ácido poliláctico (PLA), en la que se montan caras removibles de acrílico color blanco lechoso. El tamaño del cubo y los materiales utilizados mejoran su ergonomía, y el uso de los dos cubos permite mejorar la resistencia a golpes.

En el interior del cubo se aloja un microcontrolador Arduino Nano, el cual recibe las señales del módulo MPU 6050 para determinar la posición de las caras del cubo, y lo transforma a señales que envía para controlar los la iluminación, sonido y vibración del dispositivo, además de la comunicar vía el módulo Bluetooth HC-05 los acontecimientos a la computadora donde se aloja la aplicación que se esté usando.

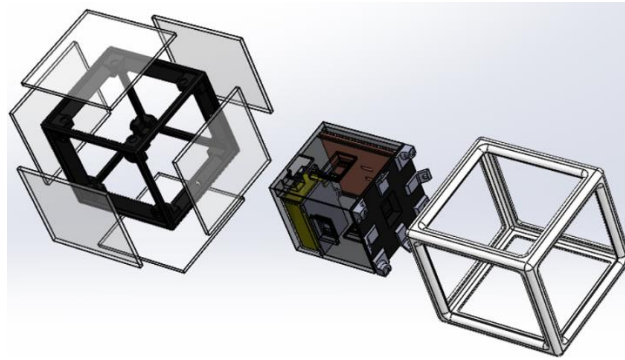


Figura 7.20. Diseño 3D de la estructura del Cubo Interactivo Versión 2.0.

En la Figura 7.21.a se puede observar la placa de control creado, con los diferentes módulos de sensado y comunicación instalados. Además, para esta versión del dispositivo, se dejó de usar diodos LED RGB para dar lugar a los LED DotStar RGB (ver Figura 7.21.b), los cuales tienen un microcontrolador incorporado y permiten la representación de colores en 24 bits (>16 millones de colores), lo que aunado al uso de acrílico blanco y el aislamiento que se tiene para cada lado (ver Figura 27.1.c), aumenta la gama de colores que puede ser representada en cada lado del cubo.

Para los servicios auditivo y táctil del cubo, se emplearon un mini motor vibrador de disco y un zumbador piezoeléctrico (ver Figura 7.22), los cuales funcionan como un medio para proporcionar retroalimentación o instrucciones sobre las actividades que deben desarrollar los pacientes.

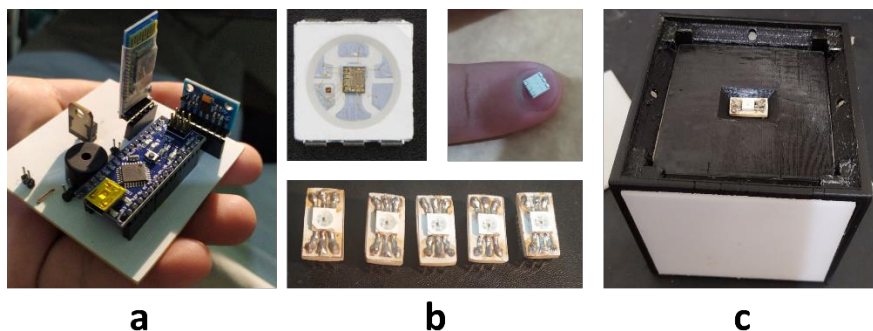


Figura 7.21. a) Circuito integrado con el microcontrolador y los módulos MPU 6050, HC-05 instalados. b) LED DotStar RGB utilizados para iluminar los lados del dispositivo. c) LED montado sobre uno de los lados de dispositivo.



Figura 7.22. a) Zumbador e indicador piezoeléctrico, b) Mini motor vibrador de disco.
Ambos utilizados en el Cubo Interactivo 2.0.

Los estímulos brindados por estos componentes son vibraciones y bips que son configurables en cuanto a intensidad, duración, patrón, entre otros. El zumbador piezoeléctrico incluso permite reproducir melodías musicales.

Las caras del cubo son removibles (ver Figura 7.23), y para mantenerlas fijas a la estructura se utilizan imanes de neodimio, se eligieron este tipo de imanes porque entre sus propiedades se encuentran: 1) su magnetismo es permanente y, 2) su magnetismo es 1000 veces superior a su propio peso. Con ello se asegura una correcta sujeción de las caras del cubo y que no tendrás que ser cambiados constantemente.

Para el Cubo Interactivo 2.0, se desarrolló una nueva aplicación que lo emplea como medio de interacción con las actividades que en ella se presentan. Se buscó que la aplicación fuera genérica, de manera que, sobre las caras del cubo pudieran colocarse formas, texturas, colores, figuras, o cualquier objeto adecuado para ello.

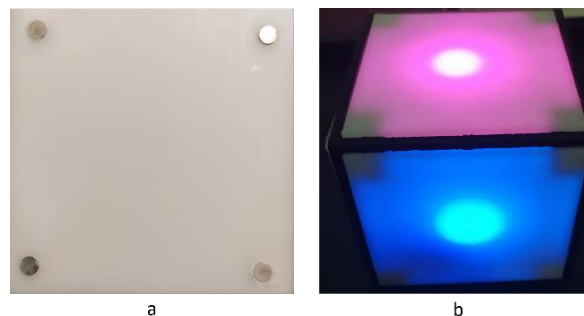


Figura 7.23. a) Caras del cubo con los imanes de neodimio instalados; b) caras del cubo instaladas en el dispositivo terminado.

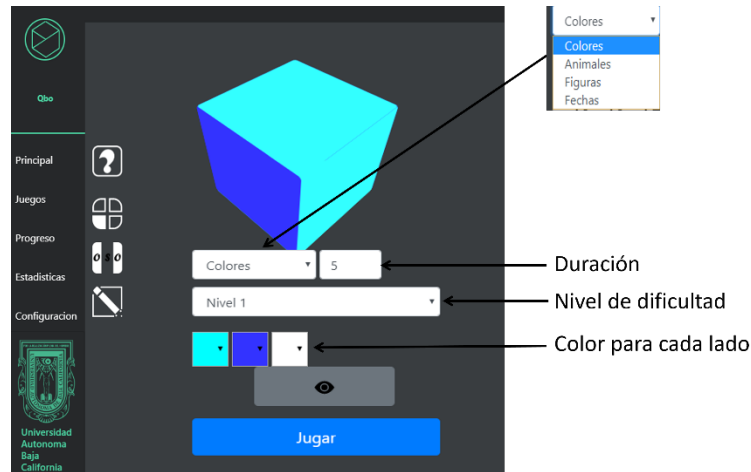


Figura 7.24. Interfaz principal y configuración de la aplicación Buscando Caras.

La aplicación consiste en un juego llamado Buscando Caras, en él se debe buscar una cara determinada, la aplicación desplegará una instrucción por determinado tiempo y la tarea que el usuario debe hacer es seleccionar la cara correspondiente en el cubo. Si el usuario acierta tendrá su retroalimentación visual y auditiva en la aplicación, pero de manera adicional en el cubo tendrá un patrón de vibración y sonido que le hará saber que acertó, así como un patrón que indicará si falló.

En la Figura 7.24 se presenta la interfaz principal de la aplicación, donde en el menú lateral se cuenta con las opciones para personalizar el juego y los estímulos que con el Cubo Interactivo 2.0 se pueden recibir. En la opción Configuración se define qué tipo de caras tendrá el cubo, duración de los estímulos, nivel de dificultad y colores a desplegar.

En resumen, el Cubo Interactivo 2.0 implementa 9 de las 10 características de diseño identificadas para un PS4MS, así como también brinda los servicios auditivos, visuales y táctiles para adaptar los estímulos sensoriales que debe recibir un paciente con discapacidad intelectual, además, proporciona una interfaz para poder configurar los estímulos sensoriales de una manera adecuada para cada paciente.

En otras palabras, el Cubo Interactivo 2.0 es una aplicación apegada al Modelo DSS-PS4MS propuesto, que además fue construido de manera que puede integrarse como medio de interacción con un módulo o sistema que controle un PS4MS completo.

7.4. Diseño arquitectónico de un PS4MS

De acuerdo con la definición y las características de diseño propuestas en el Modelo DSS-PS4MS, se hizo el diseño del espacio físico del PS4MS el cual pudiera alojar a los distintos prototipos que se desarrollaron. En él se describen las características tales como las dimensiones, colores, elementos y materiales necesarios para construirlo. También se colocaron los espacios necesarios para integrar dispositivos que brinden los servicios de estimulación necesarios. Los principales aspectos de la definición que se tomaron en cuenta a la hora del diseño fueron: 1) su similitud con una sala de estimulación multisensorial de tipo aventura y, 2) que el espacio debe ser adecuado para que un único paciente reciba estímulos sensoriales de manera eficiente.

Además, en el estudio cualitativo se pudo observar que la necesidad de TEM sobrepasa al número de espacios disponibles para brindarla, por lo tanto, es deseable que en un sitio puede haber más de un PS4MS funcionando a la vez. Lo primero que se definió fue la forma, dimensiones y un mecanismo para poder pasar de un PS4MS a dos, con la menor cantidad de elementos y materiales.

En la Figura 7.25 se muestra una vista externa del PS4MS, en ella se muestra que cada uno de los espacios tiene una forma cuadrada de 2.5mts por lado y que, con un mecanismo retráctil similar a una “caja de cerillos”, puede pasarse de tener un espacio para brindar terapia a dos, agregando únicamente una pared que funge como separador.

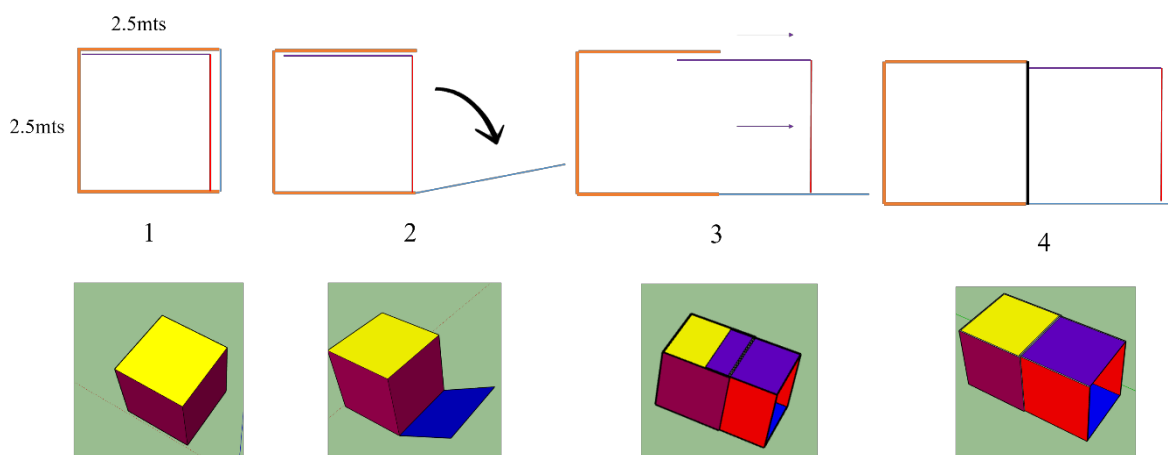


Figura 7.25. Forma, dimensiones y mecanismo de extensión del PS4MS.

La ventilación cruzada se basa en generar corrientes de aire naturales dentro de un espacio, que permitan su renovación y al mismo tiempo mejoren las condiciones climáticas de la misma. Para ello, el espacio debe contar con un par de ventanas, una que funcione como acceso a un flujo de aire colocada en la pared donde más sopla el viento, y otra en la pared opuesta para que sea la salida del aire desplazado por el flujo de aire nuevo. Esto hace posible que el aire circule desde la zona de alta presión a la de baja, como consecuencia, se generará una corriente de aire interior, que permitirá mantener más fresco y limpio el aire del espacio y reducir la necesidad de aire acondicionado.

Entre las ventajas que brinda la ventilación cruzada se encuentran: confort térmico natural, bajo costo y uso de diferentes materiales y texturas para lograrlo, estos últimos pueden integrarse también como parte del PS4MS para estimular al paciente.

Para el diseño interior del PS4MS se utilizaron colores y elementos que usualmente se encuentran en una sala de estimulación multisensorial, los cuales se integraron con los espacios para empotrar los dispositivos desarrollados para brindar estímulos a través de tecnología (servicios).

En la Figura 7.26 se puede observar una vista lateral y una aérea del PS4MS, en ella podemos notar elementos típicos de una sala de estimulación multisensorial, tales como la alfombra de espuma en forma de rompecabezas, elementos físicos suaves y coloridos (cubos y tableros didácticos) que el paciente puede tocar y mover.



Figura 7.26. Vista lateral y aérea del PS4MS.

La zona central del PS4MS es una zona giratoria con un acceso en forma de rampa rígida, donde irá colocada una silla ergonómica abatible, o bien, ingresar una silla de ruedas y que el paciente tenga un acceso fácil a todos los elementos del PS4MS.

La estructura completa del PS4MS (paredes, ductos y acceso), deben ser construidos en polietileno de alta densidad (HDPE), el cual es un material barato y ligero que puede ser combinado con estructuras metálicas.

Entre las ventajas que brinda el HDPE, se tiene que, no se deforma fácilmente, su vida útil es bastante larga, resiste a movimientos bruscos, además de ser incoloro, inodoro, no tóxico, resistente a productos químicos y reciclable, y debido a su ligereza puede ser montado, desmontado y transportado fácilmente.

A continuación, se describen a detalle los diferentes componentes del PS4MS, los cuales son necesarios para poder montar y que funcionen los diferentes prototipos tecnológicos construidos para apoyar la estimulación de los sentidos de los pacientes.

1. Pantalla de despliegue curvada (ver Figura 7.27a), la cual ayudará a generar una experiencia envolvente con las imágenes o escenas que sean proyectadas al paciente como parte de su estimulación visual (servicios de estimulación visual).

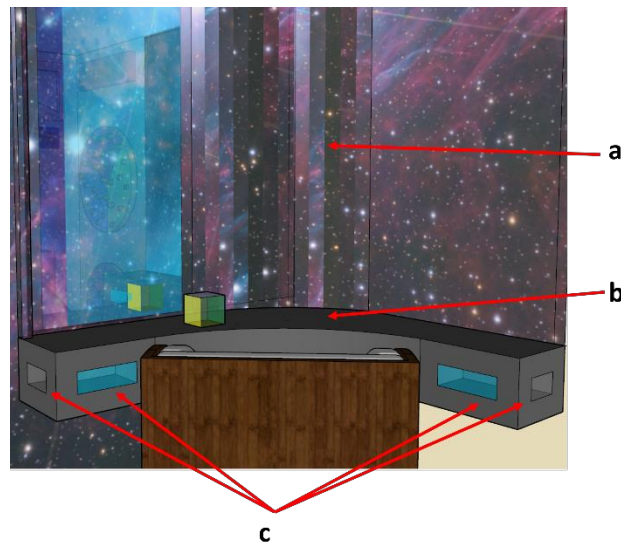


Figura 7.27. a) Pantalla de proyección curvada. b) Mesa curvada multiusuarios con que cuenta el PS4MS. c) Ductos de conducción y liberación de aromas.

2. Mesa curvada (ver Figura 7.27b), este elemento que se integra con la pantalla permitirá que se coloquen sobre ella los diferentes dispositivos tecnológicos que se desarrollen como parte del PS4MS, con los que el paciente podrá realizar diferentes actividades.
3. Ductos para dispersar aromas (ver Figura 7.27c) y tiene un nicho oculto para colocar el dispositivo de dispersión de aromas, de esta forma no corre el riesgo de ser manipulado por el paciente (servicios de estimulación olfativa).
4. Sistema de sonido envolvente para el PS4MS (ver Figura 7.28), las bocinas se encuentran distribuidas en las diferentes paredes fijas del espacio y se buscó que se integrarán sin parecer objetos extraños (servicios de estimulación auditiva).
5. En cuanto a la iluminación del PS4MS, los ductos aéreos y las aristas (esquinas) superiores del espacio se encuentran preparados para montar matrices de luces LED RGB (ver Figura 7.29), las cuales son capaces de emitir luces de diferentes colores y con patrones de encendido controlados desde la interfaz gráfica del administrador (servicios de estimulación visual).

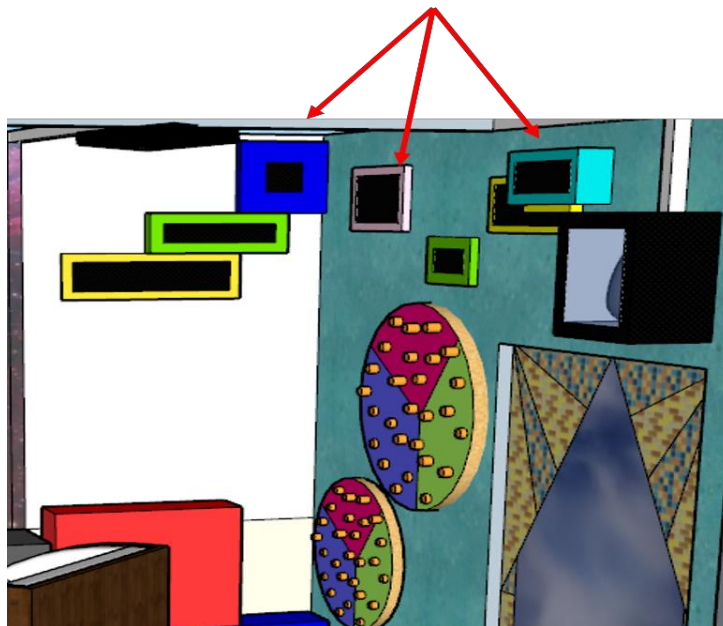


Figura 7.28. Sistema de sonido envolvente del PS4MS.

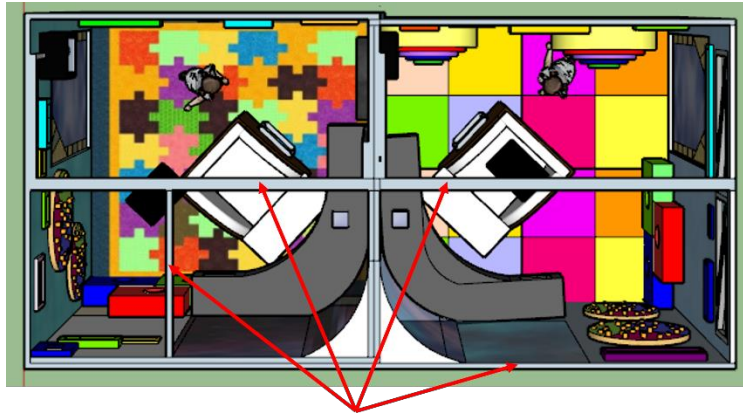


Figura 7.29. Espacios preparados para montar el sistema de iluminación del PS4MS.

El diseño arquitectónico propuesto en esta sección para un PS4MS es apto para alojar los diferentes prototipos construidos que fueron presentados en este capítulo. Si bien, hizo falta implementar este diseño para integrar en él los prototipos y evaluar el PS4MS en su conjunto, esto no fue posible por cuestiones de tiempo.

Los prototipos desarrollados, junto con el diseño arquitectónico cubren tanto la definición, como las características de diseño propuestas para un PS4MS, en cuanto a los principios de diseño, en conjunto implementan los PD2 (configurar estímulos) y PSD3 (adaptar estímulos), sin embargo, están preparados para integrarse con otros módulos y dispositivos para generar en un módulo de configuración del PS4MS completo, en el que se puedan personalizar las sesiones de TEM (PD1) para entrenar los diferentes procesos cognitivos que pudiera tener afectados el paciente.

En el siguiente capítulo, se presenta una discusión sobre los resultados de las evaluaciones efectuadas sobre los prototipos, así como el trabajo pendiente en este mismo en esta misma línea.

Capítulo 8

Discusión

Si bien este trabajo de tesis se centra en proponer un modelo que sirva como guía para la creación de herramientas tecnológica de apoyo a la TEM aplicada a pacientes con discapacidad cognitiva, una parte importante es probar que el Modelo DSS-PS4MS propuesto realmente cumple su función.

En el capítulo 5 se presentaron los resultados de la evaluación realizada a la ontología propuesta, en la cual se expresa el conocimiento adquirido acerca de la TEM que posteriormente fue integrado en el Modelo DSS-PS4MS. De los resultados obtenidos se hicieron modificaciones menores a la ontología, sin embargo, en general fue bien evaluada por expertos en TEM. Lo anterior significa que, de acuerdo a la opinión de los participantes la ontología capta y expresa de manera correcta el proceso de la TEM en el ambiente de un centro de rehabilitación.

Tener un conocimiento y comprensión adecuados de un proceso que se pretende apoyar con herramientas tecnológicas, incrementa la posibilidad de desarrollar propuestas que sean útiles y aceptadas por los usuarios finales. Sin embargo, esto no es garantía de que así sea.

La manera correcta de conocer que tan adecuado es el modelo propuesto, es construir y evaluar con los usuarios finales (pacientes con discapacidad intelectual) un PS4MS. Se trabajó en una forma de evaluación que permitiera medir la usabilidad y utilidad percibidas por los participantes expertos en TEM, y que no requiera la presencia de los usuarios en un lugar específico, el cual es presentado en este capítulo.

Además, se presenta una discusión acerca de las aportaciones obtenidas a partir de los resultados que arrojaron las evaluaciones conducidas sobre los prototipos desarrollados, así como las implicaciones prácticas de los mismos resultados.

8.1. Evaluaciones realizadas

Una de los principales objetivos de la TEM es entrenar o reentrenar los procesos cognitivos que el paciente tiene afectados, para ello se utiliza la llamada integración sensorial, de manera que se brinda información al paciente por medio de las diferentes percepciones humanas para que él integre esa información en conocimiento acerca de un fenómeno u objeto.

Durante el estudio cualitativo efectuado, se pudo notar que la percepción olfativa es una de las que menos se estimula en las SEM, sin embargo, además de la literatura (Chu & Downes, 2000; Toffolo et al., 2012) los expertos que participaron afirman que esta es una herramienta importante para la terapia de reminiscencia (memoria).

En este contexto, se condujo la primera evaluación para conocer la relevancia de los olores (percepción olfativa) en la identificación de un escenario y para generar recuerdos en participantes sanos. Con los resultados obtenidos, se tuvieron los argumentos apropiados para enfocarse en desarrollar un dispositivo para estimular la percepción olfativa e integrarlo en el PS4MS como una prueba de concepto.

Posteriormente, una vez que se completó el desarrollo del prototipo ReminiScenia Versión 1.0, este se evaluó con sujetos sanos para conocer qué tan perceptibles son los estímulos olfativos que entrega, si estos generan activación cerebral significativa en el PFC de los participantes y, determinar la experiencia de usuario que genera en los sujetos el recibir estímulos olfativos a través del prototipo.

Entre los resultados más relevantes se encuentran: 1) los estímulos olfativos brindados con ReminiScenia son perceptibles para los usuarios, 2) los estímulos olfativos entregados a través de ReminiScenia generan actividad cerebral significativa en la PFC de los usuarios y, 3) los usuarios tuvieron una experiencia de usuario adecuada al recibir los estímulos con ReminiScenia.

Lo anterior significa que los aromas que genera y entrega ReminiScentia son perceptibles a nivel cerebral de los usuarios, sin embargo, esa activación de la PFC puede interpretarse como el entrenamiento de una o varias funciones cognitivas, para lo cual sería recomendable conducir una evaluación más, midiendo la activación cerebral de las diferentes zonas que se estimulan al entrenar las diferentes funciones cognitivas humanas, por ejemplo, la memoria está asociada a la zona temporoparietal y el razonamiento a la zona frontal.

Por lo tanto, lo adecuado sería conducir una evaluación donde el objetivo sea entrenar al menos una función cognitiva con estímulos entregados a través del PS4MS en su conjunto. Si bien no fue posible efectuarla por la razón expresada previamente, se desarrolló un protocolo de evaluación alterna que es presentado a continuación.

8.2. Protocolo propuesto para evaluar el PS4MS con expertos en TEM

La evaluación tiene el fin determinar la percepción de usabilidad y utilidad percibidas del PS4MS. Para ello, a cada participante se le presentarán tres escenarios en animados en video donde se crea, configura y brinda una dieta sensorial a tres distintos pacientes, cada uno con necesidades similares, pero comportamientos distintos:

1. En el primero de los escenarios se tendrá que crear una dieta sensorial desde cero, agregando uno a uno 4 estímulos, posteriormente se guardará la dieta y luego se reproducirá para proporcionarla al paciente, el cual no tendrá sobresalto o problema alguno para recibir su dieta sensorial completa.
2. En el segundo escenario se tendrá que cargar una dieta previa del paciente, a la cual se le realizará una modificación en uno de sus estímulos, se guardará y posteriormente se reproducirá para brindarla al paciente; en este caso el paciente tendrá problemas con el volumen de los estímulos auditivos y el terapeuta tendrá que modificar dicho parámetro para continuar la sesión y terminarla.
3. En el tercer y último escenario, se cargará un ambiente preestablecido (bosque) y se reproducirá para brindarlo al paciente; en este escenario, el paciente tendrá problemas con múltiples estímulos, lo que llevará al terapeuta a cancelar la sesión después de realizar dos modificaciones a estímulos y no poder tranquilizar al paciente.

8.2.1. Objetivo.

Determinar si el especialista en TEM considera el PS4MS como un sistema útil para brindar la TEM a pacientes con discapacidad intelectual, y éste puede adaptarse a las necesidades y comportamientos de cada uno de ellos de manera sencilla.

8.2.2. Sistema de configuración propuesto

Como se mencionó previamente, no fue posible completar la integración de los prototipos desarrollados en un PS4MS, por lo que para la evaluación se requirió diseñar el sistema de configuración del PS4MS, así como la simulación de escenarios de estimulación a pacientes con discapacidad intelectual.

De acuerdo con la forma en que fueron desarrollados los prototipos, es posible implementar una aplicación de control/configuración para el PS4MS, donde se puedan programar las dietas sensoriales personalizadas para cada paciente (PD1 y PD2) de acuerdo a sus necesidades, siendo los estímulos proporcionados por los diferentes servicios de estimulación multisensorial que prestan los dispositivos descritos en el capítulo anterior. Este sistema completaría las características de diseño que fueron propuestas para un PS4MS en el modelo, siendo el módulo de configuración de la dieta sensorial la única pendiente por considerar tras el desarrollo de los tres prototipos presentados.

Por cuestiones de tiempo no fue posible implementar dicha aplicación, sin embargo, se tiene un diseño de las interfaces gráficas de usuario y funcionalidades que esta debería implementar.

En primer lugar, se tiene una interfaz de inicio, donde el terapeuta responsable de brindar la TEM al paciente puede elegir entre crear una dieta sensorial nueva, abrir una dieta sensorial previa, o bien, cargar un ambiente preestablecido para el paciente. Esta interfaz se muestra en la Figura 8.1.

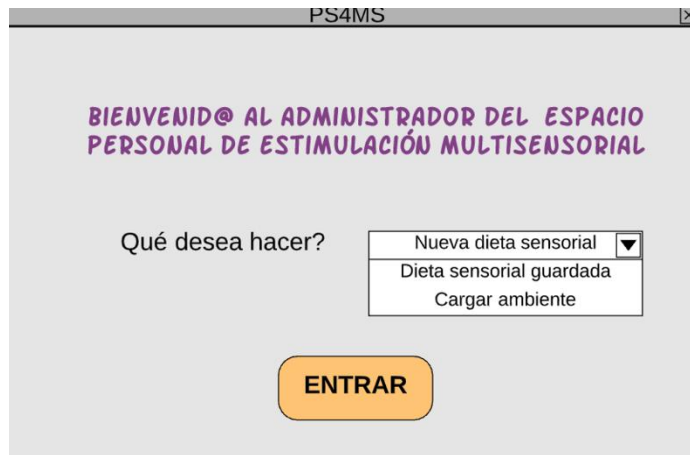


Figura 8.1. Interfaz de inicio del sistema de configuración del PS4MS.

Si el terapeuta elige crear una dieta sensorial nueva, tendrá la oportunidad de ir agregando uno a uno la cantidad de estímulos que considere necesarios, así como dando los parámetros adecuados a dichos estímulos de acuerdo a las necesidades del paciente, tal como se muestra en la Figura 8.2.

Cada estímulo agregado a una dieta sensorial se irá agregando a una línea de tiempo que contendrá todos los estímulos que la componen en el orden indicado por el terapeuta (ver Figura 8.3), y se dará la opción para iniciar la dieta sensorial en el momento que lo crea conveniente.

Se puede notar que, la dieta sensorial puede iniciarse, detenerse o cancelarse, mediante una serie de controles similares a un reproductor de audio o video.



Figura 8.2. Interfaz para agregar y configurar los parámetros de un estímulo sensorial.

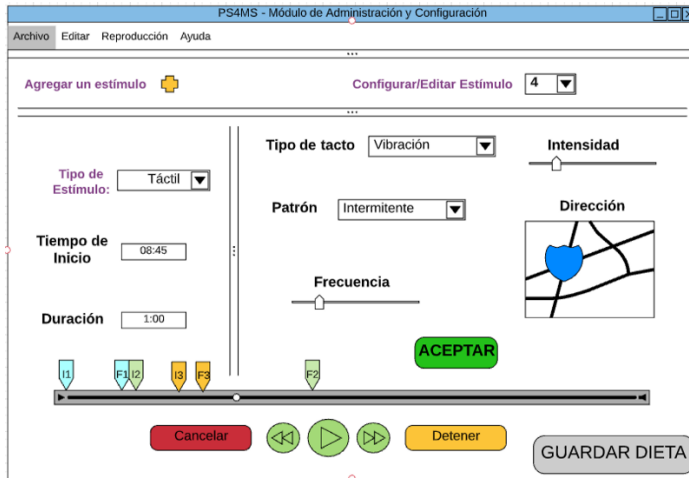


Figura 8.3. Interfaz que muestra la línea de tiempo construida con todos los estímulos que componen una dieta sensorial y que brinda la opción de iniciar la TEM.

Por otro lado, si el terapeuta elige cargar una dieta sensorial previamente elaborada, se muestra la carpeta donde se encuentran todas las dietas almacenadas para que él elija la que necesita, posteriormente, se muestra la dieta sensorial en una interfaz con su línea de tiempo de estímulos (ver Figura 8.4), dando la opción de editarla a conveniencia, ya sea cambiar el orden de estímulos, editar parámetros o lo que considere adecuado.

Se puede notar que, la dieta sensorial puede iniciarse, detenerse o cancelarse, mediante una serie de controles similares a un reproductor de audio o video.

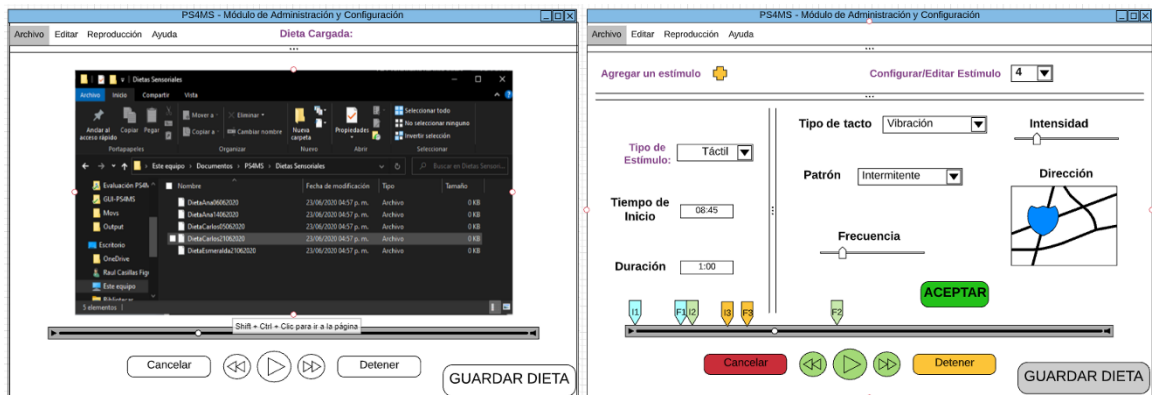


Figura 8.4. Interfaz para elegir del repositorio una dieta previamente elaborada, ya sea para brindarla al paciente o editarla.

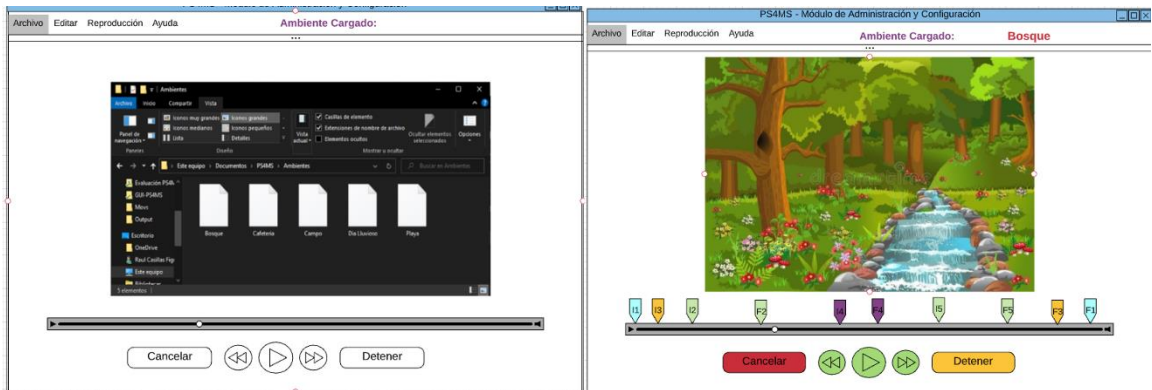


Figura 8.5. Interfaz para cargar un ambiente preestablecido y una vista de la escena que muestra un bosque.

Por otro lado, si el terapeuta elige cargar una dieta sensorial previamente elaborada, se muestra la carpeta donde se encuentran todas las dietas almacenadas para que él elija la que necesita, posteriormente, se muestra la dieta sensorial en una interfaz con su línea de tiempo de estímulos (ver Figura 8.4), dando la opción de editarla a conveniencia, ya sea cambiar el orden de estímulos, editar parámetros o lo que considere adecuado.

Por último, si el terapeuta decide cargar un ambiente, se abre una ventana para que elija una escena para reproducir (bosque, playa, cafetería, campo, etc.), la cual estará ambientada por los diferentes servicios que se tengan disponibles (auditivos, visuales, olfativos y táctiles). Esta opción se ejemplifica en la Figura 8.5.

Esta aplicación propuesta debe contar con conectividad con los diferentes dispositivos que se desarrollaron para implementar los servicios de estimulación sensorial, de esta forma, se tendría un PS4MS que considera las diferentes características de diseño identificadas y los principios de diseño propuestos en el Modelo DSS-PS4MS.

8.2.3. Participantes

Se seleccionarán al menos 3 participantes mayores de edad, expertos en TEM y de preferencia empleados de centros de rehabilitación públicos a los que se tiene acceso para trabajar (Centros de Rehabilitación Integral).

Los participantes además de ser especialista en el área de TEM (terapeuta, psicólogo, médico, etc.), deben poseer una experiencia mínima de 1 año brindando este tipo de terapia.

8.2.4. Procedimiento

La manera en que se sugiere conducir la evaluación es la siguiente:

1. Se irá experimentado con un sujeto a la vez, con un tiempo total de duración de 30 minutos por sujeto (información del experimento, cuestionario sociodemográfico, video y encuesta de salida).
2. Primero se le explicará al sujeto la información de la investigación y el PS4MS.
3. Posteriormente se le explicará al sujeto el objetivo de la evaluación y se le pedirá que firme un formato de consentimiento para participar en el experimento y video grabar sus reacciones.
4. Después se le aplicará un cuestionario de entrada para obtener algunos datos sociodemográficos.
5. Se le notificará al sujeto del inicio de la reproducción del video y procederá con la grabación de video.
6. Se dejará que el video que muestra los escenarios concluya.
7. Al terminar con video, se le pedirá que llene una encuesta de salida con el fin de obtener información acerca de la percepción de utilidad y facilidad de uso del PS4MS - System Usability Scale (SUS) y Technological Acceptance Model (TAM).

Con los resultados obtenidos de las encuestas tanto de entrada como de salida, será posible dar respuesta a las hipótesis planteadas para la evaluación.

8.2.5. Hipótesis

- **H1:** La usabilidad percibida del PS4MS influye positivamente en su intención de uso como una herramienta habitual para brindar la TEM.

- **H2:** La utilidad percibida del PS4MS por parte de los sujetos, influye de manera positiva y significativa sobre la intención de uso del PS4MS como su herramienta habitual para brindar la TEM.

Con estas hipótesis podemos relacionar si la usabilidad percibida está positivamente relacionada con la utilidad percibida del PS4MS para brindar la TEM a pacientes con discapacidad intelectual. De esta forma se puede inferir la aceptación del PS4MS por parte de los expertos en TEM para brindar las sesiones de terapia.

Una vez que se completó el protocolo para la evaluación, se procedió a enviar las invitaciones vía correo electrónico a los especialistas en TEM que participaron en el estudio cualitativo y en la evaluación de la ontología. Desafortunadamente no se obtuvo la respuesta esperada por su parte y la evaluación no pudo llevarse a cabo.

De manera adicional, se trabajó en plantear una posible evaluación del PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual, la cual se basó el espacio de diseño de interacción olfativa propuesto en (Casillas-Figueroa et al., 2020) y que emergió de los resultados de la evaluación del dispositivo ReminiScentia Versión 1.0, dicha propuesta de evaluación es presentada a continuación.

8.3. Propuesta de evaluación del PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual

En esta sección se describe una propuesta de evaluación para el PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual como participantes, en ella se sugiere utilizar un espacio de diseño de interacción sensorial, el cual se inspira en el espacio de diseño de interacción olfativa presentado en (Casillas-Figueroa et al., 2020) y es detallado a continuación.

8.3.1. Espacio de diseño de interacción olfativa

En (Casillas-Figueroa et al., 2020) se propone un espacio de diseño de interacción olfativa, a través del cual se pueden dar instrucciones o retroalimentación olfativa a un usuario sobre una actividad que debe realizar o que completó, para ello se proponen 4 distintos mecanismo de interacción, los cuales se describen a continuación.

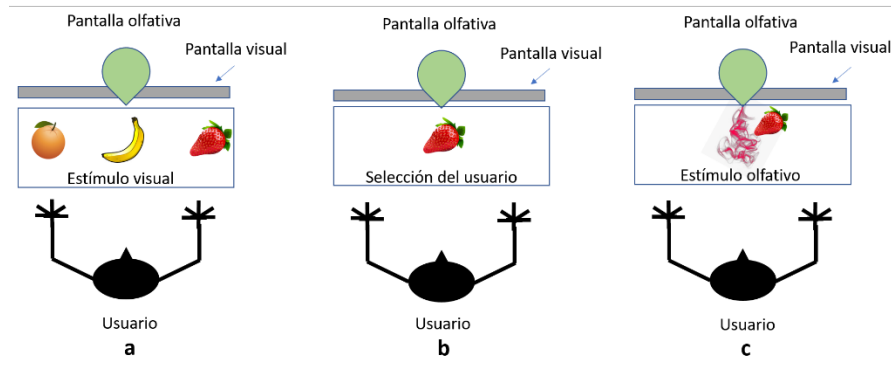


Figura 8.6. Ilustración del mecanismo de retroalimentación por correspondencia mediante una pantalla olfativa.

Retroalimentación por correspondencia

Este mecanismo de retroalimentación, es cuando se muestra el aroma correspondiente al objeto o a la situación resultante de la acción realizada por el usuario. Por ejemplo, liberar un aroma a fresa en respuesta a la acción de seleccionar la imagen de esa fruta por parte del usuario (ver Figura 8.6).

Retroalimentación por direccionalidad

En este mecanismo, para retroalimentar una acción en un entorno virtual se muestra un aroma en la dirección correspondiente al resultado de dicha acción. Por ejemplo, el usuario abre una puerta en el entorno virtual, y el sistema despliega un aroma en la dirección correspondiente a la ubicación de la puerta (ver Figura 8.7).

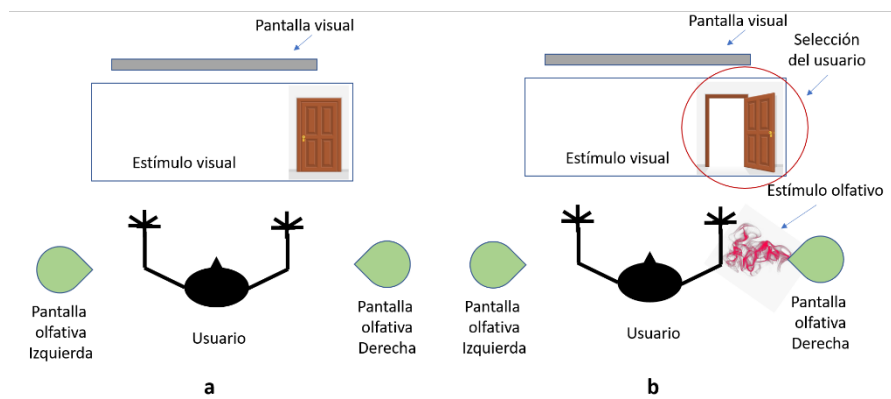


Figura 8.7. Ilustración del mecanismo de retroalimentación por direccionalidad mediante una pantalla olfativa.

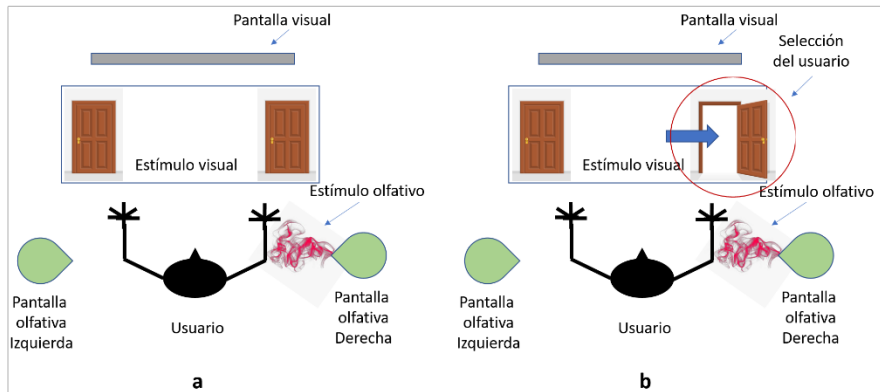


Figura 8.8. Ilustración del mecanismo de navegación guiada por el aroma mediante una pantalla olfativa.

Navegación guiada por aroma

Para guiar una actividad, uno o más aromas se muestran de forma direccional (a la izquierda o a la derecha), y esto indica la dirección de navegación en un espacio virtual basada en la dirección identificada de donde proviene el aroma. Por ejemplo, el aroma se muestra desde la izquierda y el usuario indica esa dirección para navegar (ver Figura 8.8).

Selección basada en aromas

Otro ejemplo de mecanismo para dar una instrucción, es la selección basada en aromas, donde al usuario se le presenta un conjunto de opciones, y éste debe seleccionar la opción apropiada con base en el aroma que se muestra. Por ejemplo, primero el sistema muestra visualmente las imágenes de una fresa, un plátano y un limón, y luego se muestra el aroma del plátano; en este caso, el usuario debe seleccionar la imagen correspondiente a esta fruta (ver Figura 8.9).

En el núcleo de un espacio de diseño de interacción olfativa se encuentra el dispositivo ReminiScentia, o cualquier otro que permite aromatizar o entregar múltiples olores a los usuarios de forma clara, eficaz y controlada, a los que se puede asignar un significado según la actividad que se realice.

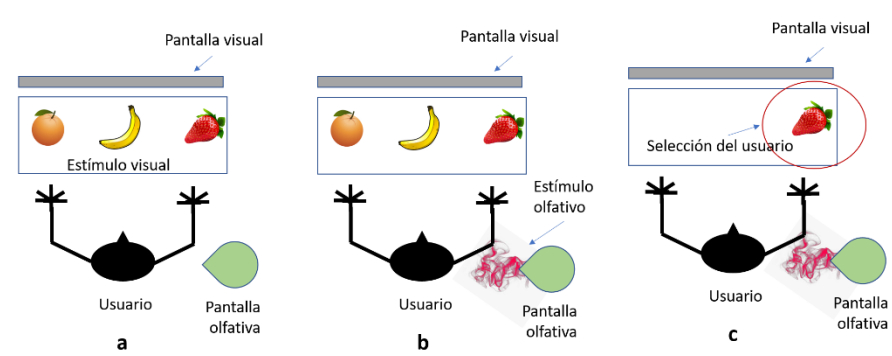


Figura 8.9. Ilustración del mecanismo de selección basado en el aroma mediante una pantalla olfativa.

8.3.2. Propuesta de evaluación

Para la evaluación del PS4MS se sugiere construir un prototipo funcional que integre los diferentes dispositivos desarrollados, y que los participantes sean pacientes con discapacidad intelectual, que como parte de su programa de rehabilitación reciban TEM de manera regular.

Se propone que la evaluación consista en entrenar una o más funciones cognitivas a través de un conjunto bien estructurado de actividades que se ha comprobado apoyan a la rehabilitación de dicha función. Como una forma de guiar y retroalimentar las actividades se sugiere un espacio de diseño de interacción sensorial, el cual es análogo al de interacción olfativa, presentado en la sección anterior.

De esta forma, se pueden implementar los mismos cuatro mecanismos, pero ahora empleando estímulos auditivos, visuales, olfativos y táctiles para interactuar con el usuario.

El objetivo sería brindar una serie de sesiones de TEM a través del PS4MS desarrollado, orientadas a entrenar una función cognitiva específica (o un conjunto), de manera que se puedan medir dos cosas: i) la experiencia de usuario que genera al paciente, medida a través de métodos adecuados a las características de los pacientes (observación, tiempo para completar una actividad, repetición de instrucciones, medición de estrés, cuestionarios, entre otras) y; ii) medir la eficacia de las actividades desarrolladas y los estímulos recibidos a través del PS4MS para entrenar la función cognitiva en cuestión, para medirlo se sugiere emplear métodos no invasivos o que

requieran que el paciente lleve sobre su cuerpo un dispositivo, por ejemplo, se pueden utilizar los test de evaluación que normalmente los expertos en TEM en sus unidades de trabajo.

De esta manera se tendría información acerca de la efectividad TEM recibida a través del PS4MS, así como la experiencia de usuario que genera en los pacientes con discapacidad intelectual. Además, se tendría un prototipo que sigue los estipulado en el Modelo DSS-PS4MS.

En el siguiente capítulo, además de las conclusiones y trabajo futuro, se presentan las aportaciones de este trabajo de tesis, algunas de las cuales emergieron del desarrollo y evaluación de los prototipos, así como las propuestas de evaluación descritas en este capítulo.

Capítulo 9

Aportaciones, conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo, primero se presentan las diferentes aportaciones este trabajo de tesis. Posteriormente se presentan las conclusiones que emergieron durante la elaboración de este trabajo y, por último, se presentan las limitaciones identificadas, así como el trabajo futuro de esta investigación.

9.1. Aportaciones

La motivación principal del trabajo de investigación está centrada en la carencia tanto de sistemas de apoyo a la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual, que empleen la estimulación multisensorial, como de modelos que guíen el desarrollo de este tipo de sistemas. Si bien en la literatura se describen algunos trabajos que proponen guías de diseño para ambientes multisensoriales (Castelhana & Roque, 2015), estas están orientadas totalmente al desarrollo de aplicaciones lúdicas que pueden utilizarse dentro de una SEM. Otros proponen solamente guías de diseño para interfaces sensoriales (Kortum, 2008) sin llegar a integrarse en un ambiente multisensorial.

Por otro lado, se pudo encontrar algunos trabajos donde proponen sistemas para estimular algunas de las percepciones humanas (Angelini & Caparrotta, 2016; Cibrian et al., 2017; Dmitrenko et al., 2017; Perhakaran et al., 2015; Seah et al., 2014), los que ayudaron a definir una serie de requerimientos para los estímulos que se brindan a través del PS4MS, los que posteriormente dieron pie a la propuesta de un conjunto de características de diseño para un PS4MS.

En este trabajo se pudo establecer el Modelo DSS-PS4MS a través del cual pueden adaptarse de manera dinámica los estímulos que se brindan a través de un PS4MS. Este permite la configuración de una dieta sensorial de manera que esta sea personalizada para las necesidades diarias de cada paciente. Esto se hace posible al contar con la participación de un experto en TEM como administrador del PS4MS. La personalización o adaptación de los estímulos es un punto que no toman en cuenta la mayoría de los sistemas identificados. De tal forma, el Modelo DSS-PS4MS permite el diseño de un PS4MS capaz adaptar los estímulos de acuerdo a la condición que presenta un paciente, así como su perfil sensorial, estos alimentados por el especialista en TEM (terapeuta) como parte la configuración o personalización de una dieta sensorial.

Es decir, toda la información clínica de un paciente en particular, es empleada para la creación de una dieta sensorial compuesta por estímulos adecuados en cuanto a tipo y parámetros para cada paciente, con ello se tiene certeza de que cada estímulo recibido abonará al cumplimiento de los objetivos de rehabilitación establecidos.

En este contexto, la principal aportación de este trabajo de tesis, es el concepto de PS4MS y el Modelo DSS-PS4MS como una herramienta para la construcción de aplicaciones que entreguen estímulos sensoriales adaptados a las necesidades de rehabilitación de cada paciente. El modelo propuesto propone la adaptación de los estímulos a través de servicios proporcionados por dispositivos que cumplen con las características de diseño propuestas para el desarrollo de un PS4MS, además, sugiere un diseño arquitectónico para el espacio físico de un PS4MS.

De esta aportación se desprenden otras no menos importantes, las cuales apoyaron a probar el concepto y la funcionalidad del Modelo DSS-PS4MS, estas aportaciones son presentadas a continuación.

9.1.1. Aportaciones adicionales

- Como primera aportación adicional se tiene una ontología que describe el proceso de la TEM, desde el momento en que un paciente con discapacidad intelectual llega canalizado a un centro de rehabilitación, hasta el momento en que es revaluado para su alta o asignación de un nuevo programa de terapia. Esta ontología toma

conocimiento del campo clínico y lo expresa en un lenguaje genérico, el cual puede ser comprendido por los no especialistas en TEM, por ejemplo, desarrolladores de software, que podrían aplicarlo en futuras propuestas de sistemas de apoyo a la terapia de estimulación multisensorial.

- Características de diseño propuestas para el desarrollo de un PS4MS. De acuerdo con el entendimiento logrado de la revisión de literatura, del análisis de las propuestas tecnológicas propuestas en el trabajo relacionado y del estudio contextual efectuado, fue posible establecer una serie de características de diseño propuestas para cualquier sistema que busque implementar un PS4MS. Con estas características, es posible diseñar ya sea un dispositivo que brinde algún servicio de estimulación sensorial, hasta un PS4MS completo. En cuanto al funcionamiento del PS4MS, debe tomarse como referencia el Modelo DSS-PS4MS para implementar los servicios que adaptarán los estímulos a las características de cada paciente. La validez de estas características de diseño y del modelo propuestos, fue probada mediante el desarrollo de 3 prototipos que fueron desarrollados basados en ellos.
- Tres prototipos construidos de acuerdo a las características de diseño y el Modelo DSS-PS4MS propuestos para un PS4MS. Estos prototipos, en su conjunto, cubren las 4 percepciones que se pretende estimular con el PS4MS, es importante mencionar que las tres implementan servicios para estimular la vista y el oído, pero cada una lo hace de manera distinta, lo que da más opciones al terapeuta para brindar los estímulos al paciente a través del prototipo que lo crea más adecuado. De esta forma, al construir un PS4MS siguiendo las características de diseño y el modelo propuestos, no es necesario limitarse a un servicio por percepción. Además, aunque fueron construidos como dispositivos independientes, es posible integrarlos en un PS4MS, el cual posea un módulo que haga uso de los diferentes servicios disponibles y adapte o personalice cada estímulo que se integrará en la dieta sensorial de un paciente. Esto sin hacer una distinción consciente del uso de servicios de dispositivos diferentes en una misma dieta sensorial. De los tres prototipos, se decidió que ReminiScenia, que brinda un servicio olfativo, fuera evaluada respecto a su capacidad para evocar recuerdos, así como para generar

actividad cerebral significativa en participantes sanos, la cual puede traducirse en un entrenamiento de capacidades cognitivas superiores, tales como el aprendizaje, memoria, cálculo, etc., obteniendo resultados satisfactorios, los cuales fueron publicados en diferentes conferencias y revistas. La decisión de evaluar ReminiScenia antes que Galaxy y el Cubo Interactivo, fue debido a la importancia del olfato sobre otros sentidos como la vista, el oído o el tacto, como medio para recordar o aprender información (reminiscencia).

- Conjunto de datos resultado de las evaluaciones efectuadas durante la investigación:
 - Evaluación de la ontología propuesta en cuanto al vocabulario, la estructura y la semántica, en ella participaron 12 especialistas en TEM. Los datos obtenidos en esta evaluación son cualitativos y los resultados de su análisis apoyaron a determinar el nivel de importancia de sus elementos y relaciones, la percepción de utilidad, facilidad de uso e intención de uso de la ontología. Como principal resultado, se tiene la correcta interpretación del proceso de la TEM y el lenguaje adecuado en que se presenta, de manera que se percibió como una herramienta útil para que, personas no expertas en el área puedan comprender la TEM y los elementos que intervienen en ella.
 - Evaluación de ReminiScenia en cuanto a su capacidad para evocar recuerdos en los participantes, de la que se obtuvieron datos cuantitativos sobre la efectividad para evocar recuerdos a través de estímulos olfativos, así como datos cualitativos resultado de la percepción de los participantes con respecto al realismo de los estímulos que se les brindaron. Los estímulos olfativos fueron comparados contra estímulos visuales y auditivos, además de combinaciones entre estos para evocar recuerdos en los participantes. Los resultados mostraron que es posible identificar escenarios basados en los aromas que ellos desprenden. Las combinaciones de estímulos donde estuvo presente el olfativo fueron las más eficientes para lograr el cometido. Además, se concluyó que entre más significativos sean los estímulos olfativos, mejores resultados de identificación tendrán, es decir, deben usarse aromas que sean significativos para cada participante. Este resultado,

dio pie a establecer que un dispositivo diseminador de aromas que pretenda incluirse en el PS4MS, debe manejar variedad de aromas y un mecanismo que los haga intercambiables.

- Evaluación de la capacidad del dispositivo ReminiScentia para generar actividad cerebral en participantes sanos. Se obtuvieron datos cuantitativos de la concentración de hemoglobina oxigenada (OxyHb) en el córtex prefrontal de los participantes al recibir un estímulo olfativo, además de datos cualitativos respecto a la experiencia de usuario que generó en los participantes al recibir los estímulos olfativos. Si bien, ReminiScentia fue evaluada en participantes sanos, los resultados obtenidos aseguran que un paciente con discapacidad intelectual que no presente afectaciones olfativas, percibirá de manera similar los estímulos brindados con el dispositivo. La actividad cerebral captada, únicamente indica que los aromas fueron percibidos de manera adecuada por el bulbo olfativo de los participantes, sin embargo, esa percepción de actividad cerebral ocasionada por los aromas se puede traducir en un impacto en la rehabilitación o entrenamiento de la función cognitiva para la que el terapeuta haya diseñado la dieta sensorial de la sesión de TEM. Además, entre los diversos dispositivos identificados en la literatura para estimulación olfativa, Olfactometer (Borromeo et al., 2010), es el único que hizo una evaluación del impacto que causan los aromas entregados con él, en la activación cerebral de un conjunto de participantes. Por lo que, al haber evaluado de esta manera a ReminiScentia, da la seguridad de que el PS4MS que lo incluye generará resultados evaluables a nivel cerebral en la rehabilitación de las funciones cognitivas de los pacientes.

Los resultados obtenidos del análisis de los datos obtenidos en estas evaluaciones, fue posible reportarlos en dos artículos, uno en una conferencia internacional y otro en una revista JCR. Además, se cuenta con registros de audio, video y cuestionarios que fueron capturados durante las evaluaciones, los cuales pueden ser utilizados para futuras publicaciones. Los trabajos publicados son:

Revista

Casillas-Figueroa, R., Morán, A. L., Meza-Kubo, V., Ramírez-Fernández, C., Acosta-Quiroz, C., Orihuela-Espina, F., & Montero-Hernandez, S. (2020). ReminiScenia: shaping olfactory interaction in a personal space for multisensory stimulation therapy. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01468-2>

Conferencia internacional

Casillas, R., Morán, A. L., & Meza-Kubo, V. (2017). Evaluation of a multisensory stimulation tool: Effect of auditory, olfactory and visual stimuli for scenario identification and memory evocation. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10586 LNCS, (pp. 330-339). https://doi.org/10.1007/978-3-319-67585-5_35

- Espacio de diseño de interacción olfativa. Como parte de la evaluación del dispositivo ReminiScenia para generar actividad cerebral, se identificó la capacidad del mismo para guiar o retroalimentar actividades orientadas a entrenar funciones cognitivas, dando pie a la propuesta de un espacio de diseño, el cual fue publicado junto con los resultados de la evaluación del prototipo en el artículo de investigación (Casillas-Figueroa et al., 2020).

Este espacio de diseño pretende explotar las capacidades olfativas inherentes a los usuarios para enriquecer su interacción multisensorial con el sistema. Esto se consigue siguiendo el Modelo DSS-PS4MS propuesto e introduciendo un conjunto de mecanismos que permiten la integración de los servicios que brinda estímulos olfativos con los mecanismos que brindan servicios estímulos más habituales (vista y el oído) de forma complementaria, y ello, con el fin de estimular el sistema nervioso central de forma más integral, favoreciendo así el desarrollo de los procesos cognitivos de los usuarios. De tal forma, si se integran los tres prototipos desarrollados en este trabajo, se puede generar un PS4MS que implemente los tres principios de diseño del Modelo DSS-PS4MS y que además use el espacio de diseño

de interacción olfativa, para rehabilitar de manera integral las funciones cognitivas de pacientes con discapacidad intelectual.

9.2. Conclusiones

En los últimos años la rehabilitación asistida por computadora ha cobrado un especial interés, debido al cada vez más frecuente y generalizado uso de las computadoras e Internet (Adrián et al., 2006). En la actualidad es común encontrar en los consultorios de los especialistas de la salud equipo de cómputo con sistemas especializados instalados e incluso salas de tele consulta en las clínicas. Entre los beneficios que aporta el uso de la tecnología podemos mencionar: la variedad de aplicaciones que se pueden desarrollar para un mismo equipo de cómputo, las diferentes interfaces multimodales que ofrecen (sonido, pantalla, touchpad, entre otras) y que pueden ser aprovechadas para utilizarse en los sistemas desarrollados.

Las herramientas tecnológicas ofrecen beneficios que hacen viable su uso para apoyar el proceso de la TEM aplicada a pacientes con discapacidad intelectual. Sin embargo, brindar TEM a pacientes con discapacidad intelectual como parte de su programa de rehabilitación cognitiva, no es tarea fácil. A diferencia de algunos tipos de terapia física, donde se requiere que se ejercite o estimule de manera sistemática y repetitiva un conjunto de músculos, los estímulos sensoriales que se proporcionan durante la TEM, deben ser adaptables en tiempo real a la respuesta del paciente ante un estímulo, debiendo en algunos casos modificar los parámetros como volumen, intensidad, frecuencia, entre otros. Además, la dependencia que presenta un paciente hacia su terapeuta, hace necesario que durante la TEM haya siempre esa relación paciente-terapeuta que genera confianza y tranquilidad al paciente, elemento necesario para una sesión de TEM.

En este sentido, este trabajo de investigación presenta el desarrollo y evaluación de un conjunto de prototipos desarrollados para formar parte de un PS4MS, los cuales proporcionan servicios de estimulación (estímulos) sensorial totalmente configurables y adaptables en tiempo real, de acuerdo a las necesidades del paciente quien los recibe. Estos servicios de estimulación pueden ser integrados en diversas actividades orientadas a rehabilitar funciones cognitivas específicas. Estos prototipos fueron construidos siguiendo una serie de características de diseño para un PS4MS, así como el Modelo DSS-PS4MS para

la personalización/adaptación de estímulos. Dichos prototipos demuestran la aplicabilidad del modelo y validan las características de diseño para la administración de TEM a través de un PS4MS a pacientes con discapacidad intelectual.

Del análisis de los resultados obtenidos de los estudios contextuales y de las evaluaciones realizadas durante el trabajo de investigación, podemos concluir:

1. Es fundamental que los desarrolladores de software que pretendan crear herramientas tecnológicas de apoyo a la TEM, entiendan y asimilen el proceso de la misma desde el punto de vista teórico y práctico, de manera que sus propuestas sean útiles y aceptadas por los usuarios finales (terapeutas y pacientes con discapacidad).
2. El Modelo DSS-PS4MS propuesto, es claro y comprensible para los desarrolladores de software, de tal manera que les permite diseñar herramientas tecnológicas que brindan servicios de estimulación sensorial adaptables a las necesidades de rehabilitación de cada paciente.
3. Para la implementación de servicios de estimulación sensorial para pacientes con discapacidad intelectual, es primordial considerar que esta abarca diferentes condiciones médicas, que las funciones cognitivas afectadas son diversas y que cada paciente tiene un perfil sensorial particular (híper o hipo sensible), de manera que los estímulos entregados a través de los servicios de estimulación deben ser configurables a las condiciones que presenta un paciente cada día (actitud, evolución clínica, reacción a un estímulo, etc.)

Se considera que los objetivos específicos planteados para el desarrollo de la investigación se cumplieron de acuerdo a los recursos humanos y materiales disponibles, así como en la medida de las limitaciones que se mencionaron durante esta tesis. El objetivo de la investigación fue: proponer y evaluar un modelo para el diseño de Espacios Personales de Estimulación Multisensorial (PS4MS), que sean útiles para apoyar la terapia de pacientes con discapacidad intelectual, que sean eficientes, y generen experiencias de usuario satisfactorias; el cual también se considera alcanzado.

Además, con las diferentes aportaciones generadas como producto de la investigación, fue posible contestar las preguntas de investigación planteadas:

- ¿En qué consiste la TEM? El conocimiento adquirido tanto en la revisión de literatura como los estudios contextuales y que inicialmente fue estructurado en un mapa conceptual, apoyó a contestar esta pregunta. Además, se pudo identificar de manera clara un área de oportunidad donde se deseaba incidir con la investigación, y sentó las bases para las propuestas teóricas y prácticas que se hicieron durante este trabajo.
- ¿De qué manera se puede representar el conjunto de elementos de diseño del PS4MS para que sean apropiados para su uso tanto por los expertos en TEM, como por desarrolladores de software? Una vez que se contaba con el conocimiento adecuado sobre la TEM, se exploró las diferentes maneras como podría estructurarse para ser presentado de manera clara y comprensible a usuarios no expertos del dominio de la TEM. Al final, el conocimiento estructurado en una ontología con la que se buscó formalizar la mayor cantidad posible de información para caracterizar la TEM, de manera que fuera más fácil comprender cómo se lleva a cabo, e identificar la manera cómo se podría brindar soporte o extender el uso de este tipo de terapia a través de la aplicación de tecnología.
- ¿Cuáles son las características y los elementos de diseño se deben tomar en cuenta para un espacio personal de estimulación multisensorial, que busque apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad intelectual? Para dar respuesta a esta pregunta, se tienen principalmente el Modelo DSS-PS4MS, el cual propone un conjunto de características de diseño para ser integradas en el diseño de un PS4MS, y también sugiere tres principios de diseño, a través de los cuales los estímulos que se entregan mediante el uso de un PS4MS son adaptados de acuerdo a las necesidades de rehabilitación particulares de cada paciente.
- ¿Cuál es la experiencia de usuario que generan tanto el modelo propuesto como el PS4MS a los usuarios finales? Esta pregunta fue contestada de manera parcial, si bien se hicieron un par de evaluaciones de ReminiScentia, estas fueron con participantes sanos. Con los resultados de ambas evaluaciones tenemos datos sobre activación cerebral causada por los estímulos, así como respuesta a cuestionarios para determinar la experiencia de usuario de los participantes. Sin embargo, hizo falta

concluir con la integración del PS4MS para realizar una evaluación con pacientes reales, empleándolo como medio para brindar la TEM.

9.3. Trabajo Futuro

En esta sección se presentan una serie de ideas para el trabajo futuro de esta investigación. Algunas están basadas en limitaciones que se plantearon en el capítulo 1 y otras están orientadas a extender o mejorar algunos aspectos del trabajo presentado en esta tesis.

9.3.1. Evaluar el Modelo DSS-PS4MS con desarrolladores expertos

Evaluar el Modelo DSS-PS4MS por desarrolladores expertos. El desarrollo de los prototipos propuestos, fue hecho por equipos multidisciplinarios de estudiantes de los últimos semestres de licenciatura como Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Computación, Arquitectura, con un nivel de experiencia de básico a medio. Durante el desarrollo de los prototipos se pudo validar el modelo y las características de diseño propuestos, sin embargo, como trabajo futuro es aconsejable evaluar ambas aportaciones desde el punto de vista de desarrolladores experimentados tanto en el área de software como hardware y diseño arquitectónico, y que sean ajenos al desarrollo de este trabajo de investigación.

9.3.2. Implementar un PS4MS

Si bien se cuenta con prototipos funcionales que se desarrollaron en apego al Modelo DSS-PS4MS y a las características de diseño propuestas para un PS4MS, estos son dispositivos aislados, con las características adecuadas para ser integrados en un PS4MS que cumpla con la definición y las características de diseño propuestas. Por lo tanto, como otra línea de trabajo futuro, se plantea la implementación de la aplicación de control presentada en el capítulo 7 que integre los diferentes prototipos creados. En este desarrollo, se debe crear el espacio físico que cumpla con el diseño arquitectónico de un PS4MS propuesto, para montar en él los prototipos. Además de crear aplicaciones con actividades enfocadas a rehabilitar funciones cognitivas, y que empleen el espacio de diseño de interacción olfativa para crear un espacio de diseño de interacción multimodal, donde igual pueda usarse un estímulo visual, como un auditivo, táctil u olfativo como un medio de brindar instrucciones o retroalimentación sobre las actividades del paciente en el PS4MS.

9.3.3. Evaluar el PS4MS con pacientes con discapacidad intelectual

Una de las limitantes del presente trabajo de investigación, fue no haber construido y evaluado un PS4MS completo, y que, además, los prototipos fueron evaluados con participantes sanos. En este sentido, como trabajo futuro se propone la evaluación de un PS4MS completo, donde los participantes sean pacientes con discapacidad intelectual, esta evaluación debe incluir tanto el efecto a nivel cognitivo producido a los participantes mediante un estímulo sensorial, como la experiencia de usuario que les genera a los pacientes y terapeutas el uso del PS4MS. Para la evaluación se debe evaluar si es adecuado el uso de alguna técnica de neuroimagen para medir la actividad cerebral en pacientes con discapacidad intelectual, o si se aplica algún test especializado para medir evolución. Esto debido a que algunos pacientes pueden presentar problemas sensoriales o de comportamiento al usar técnicas invasivas para medir sus reacciones.

9.3.4. Redactar un artículo con la ontología propuesta para someterlo para su publicación

Se realizó la construcción de una ontología para describir el proceso de la TEM, además esta pasó por un proceso de evaluación con expertos del dominio. Sin embargo, esta no fue documentada en una manera que pueda ser útil y estar disponible para quien requiera información sobre la TEM. Por ello, como una línea adicional de trabajo futuro, se plantea redactar un artículo que documente el proceso seguido para generar la ontología propuesta y publicarlo en un foro pertinente al área. Además, de hacerla accesible en algún repositorio de ontologías como Swoogle o Protègè Ontology Library.

Bibliografía

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-Centered Design. *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications*, 37(4), 445–456. <https://doi.org/10.3233/WOR-2010-1109>
- Adrián, J. A., González, M., Buiza, J. J., & Arroyo, E. M. (2006). Rehabilitación neurocognitiva de los déficit de denominación en pacientes con afasia: Efectividad de un programa asistido por ordenador. *Mapfre Medicina*, 17(3), 216–231.
- American Psychiatric Association. (2016). Actualización del DSM-5® septiembre 2016. En *Manual diagnóstico y estadístico de trastornos mentales*. (5th ed.). http://psychiatryonline.org/pb-assets/dsm/update/Spanish_DSM5Update2016.pdf
- Angelini, L., & Caparrotta, S. (2016). *Multi-Sensory EmotiPlant : Multimodal Interaction with Augmented Plants*. 1001–1009.
- Ashley, M. J., & Hovda, D. A. (Eds.). (2018). *Traumatic brain injury: Rehabilitation, Treatment, and Case Management* (4th ed.). CRC Press.
- Ayres, A. J., & Robbins, J. (2005). *Sensory integration and the child: Understanding hidden sensory challenges*. Western Psychological Services.
- Bachmann, D., Weichert, F., & Rinkenauer, G. (2014). Evaluation of the leap motion controller as a new contact-free pointing device. *Sensors (Switzerland)*, 15(1), 214–233. <https://doi.org/10.3390/s150100214>
- Bahar-Fuchs, A., Clare, L., & Woods, B. (2013). Cognitive training and cognitive rehabilitation for mild to moderate Alzheimer’s disease and vascular dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(6). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003260.pub2>
- Baillon, S., van Diepen, E., & Prettyman, R. (2002). Multi-sensory therapy in psychiatric care. *Advances in Psychiatric Treatment*, 8(6), 444–450. <https://doi.org/10.1192/apt.8.6.444>
- Baillon, S., Van Diepen, E., Prettyman, R., Redman, J., Rooke, N., & Campbell, R. (2004). A comparison of the effects of Snoezelen and reminiscence therapy on the agitated behaviour of patients with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 19(11), 1047–1052. <https://doi.org/10.1002/gps.1208>
- Baker, R., Holloway, J., Holtkamp, C. C. M., Larsson, A., Hartman, L. C., Pearce, R., Scherman, B., Thomas, P. W., & Wareing, L. A. (2003). Effects of multi-sensory stimulation for people with dementia. *Journal of Advanced Nursing*, 43(5), 465–477.
- Bartocci, M., Winberg, J., Ruggiero, C., Bergqvist, L. L., Serra, G., & Lagercrantz, H. (2000). Activation of olfactory cortex in newborn infants after odor stimulation: A functional near-infrared spectroscopy study. *Pediatric Research*, 48(1), 18–23. <https://doi.org/10.1203/00006450-200007000-00006>

- Bauer, M., Rayner, J. A., Koch, S., & Chenco, C. (2012). The use of multi-sensory interventions to manage dementia-related behaviours in the residential aged care setting: A survey of one Australian state. *Journal of Clinical Nursing*, *21*(21–22), 3061–3069. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2012.04306.x>
- Behrman, S., Chouliaras, L., & Ebmeier, K. P. (2014). Considering the senses in the diagnosis and management of dementia. *Maturitas*, *77*(4), 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.01.003>
- Borromeo, S., Hernández-Tamames, J. A., Luna, G., MacHado, F., Malpica, N., & Toledano, A. (2010). Objective assessment of olfactory function using functional magnetic resonance imaging (fMRI). *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *59*(10), 2602–2608. <https://doi.org/10.1109/TIM.2010.2057531>
- Braddock, D. (University of C. S. and C. I. for C. D., Rizzolo, M. C. (University of I. at C., Thompson, M. (Coleman I. for C. D., & Bell, R. (ASSET C. (2004). Emerging Technologies and Cognitive Disability. *Journal of Special Education Technology*, *1988*(4), 49–56. <https://doi.org/10.1177/016264340401900406>
- Brank, J., Grobelnik, M., & Mladenic, D. (2005). A survey of ontology evaluation techniques. In *Proceedings of the Conference on Data Mining and Data Warehouses (SiKDD 2005)*, January.
- Brewster, C., Alani, H., Dasmahapatra, S., & Wilks, Y. (2004). Data driven ontology evaluation. *Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2004*, 641–644.
- Burns, I., Cox, H., & Plant, H. (2005). Leisure or therapeutics? Snoezelen and the care of older persons with dementia. *International Journal of Nursing Practice*, *6*, 118–126.
- Burton-Jones, A., Storey, V. C., Sugumaran, V., & Ahluwalia, P. (2005). A semiotic metrics suite for assessing the quality of ontologies. *Data and Knowledge Engineering*, *55*(1), 84–102. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2004.11.010>
- Calvert, G. A., Spence, C., & Stein, B. E. (Eds.). (2004). *The handbook of multisensory processes*. MIT Press.
- Calvert, G. A., & Thesen, T. (2004). Multisensory integration: Methodological approaches and emerging principles in the human brain. *Journal of Physiology Paris*, *98*(1-3 SPEC. ISS.), 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2004.03.018>
- Campillo Martínez, M. J., Casanova Cánovas, I. M., Diz Fariña, M. E., & Jaso Margarit, M. (2005). Actuación del fisioterapeuta en la terapia de estimulación multisensorial en niños con necesidades educativas especiales. *Fisioterapia*, *27*(3), 161–166. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(05\)73432-5](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(05)73432-5)
- Cao, D. J., Aldy, K., Hsu, S., McGetrick, M., Verbeck, G., De Silva, I., & Feng, S. yi. (2020). Review of Health Consequences of Electronic Cigarettes and the Outbreak of Electronic Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury. *Journal of Medical Toxicology*, *16*(3), 295–310. <https://doi.org/10.1007/s13181-020-00772-w>
- Casillas-Figueroa, R., Morán, A. L., Meza-Kubo, V., Ramírez-Fernández, C., Acosta-

- Quiroz, C., Orihuela-Espina, F., & Montero-Hernandez, S. (2020). ReminiScientia: shaping olfactory interaction in a personal space for multisensory stimulation therapy. *Personal and Ubiquitous Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01468-2>
- Casillas, R., Morán, A. L., & Meza-Kubo, V. (2017). Evaluation of a multisensory stimulation tool: Effect of auditory, olfactory and visual stimuli for scenario identification and memory evocation. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10586 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67585-5_35
- Castelhano, N., & Roque, L. (2015). The “Malha” project: A game design proposal for multisensory stimulation environments. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015*. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170605>
- Castelhano, N., Silva, F., Rezende, M., Roque, L., & Magalhães, L. (2013). Ludic content in multisensory stimulation environments: An exploratory study about practice in Portugal. *Occupational Therapy International*, 20(3), 134–143. <https://doi.org/10.1002/oti.1347>
- CEPAL/NU. (2014). Informe regional sobre la medición de la discapacidad. Una mirada a los procedimientos de medición de la discapacidad en América Latina y el Caribe. Grupo de tareas sobre medición de la discapacidad Conferencia Estadística de las Américas (CEA). En *CEPAL*.
- Chan, S., Fung, M. Y., Tong, C. W., & Thompson, D. (2005). The clinical effectiveness of a multisensory therapy on clients with developmental disability. *Research in Developmental Disabilities*, 26(2), 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2004.02.002>
- Charlton, J. I. (2000). *Nothing About Us Without Us: Disability Oppression and Empowerment* (New Ed). University of California Press.
- Charmaz, K. (2014). *Constructing Grounded Theory* (2. ed). SAGE Publications. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/constructing-grounded-theory/book235960>
- Cheng, S. C., Hsu, W. S., Shen, S. H., Hsu, M. C., & Lin, M. F. (2017). Dose - Response relationships of multisensory intervention on hospitalized patients with chronic schizophrenia. *Journal of Nursing Research*, 25(1), 13–20. <https://doi.org/10.1097/jnr.0000000000000154>
- Chu, S., & Downes, J. J. (2000). Odour-evoked Autobiographical Memories: Psychological Investigations of Proustian Phenomena. *Chemical Senses*, 25(1), 111–116. <https://doi.org/10.1093/chemse/25.1.111>
- Cibrian, F. L., Peña, O., Ortega, D., & Tentori, M. (2017). *International Journal of Human-Computer Studies BendableSound : An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy*. 107(May), 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.05.003>
- Cid Rodríguez, M. J., & Camps Llauredó, M. (2010). Estimulación multisensorial en un espacio snoezelen: concepto y campos de aplicación. *Siglo Cero: Revista Española*

sobre Discapacidad Intelectual, 41(236), 22–32.

[http://www.uliazpi.net/intranet/galeria/uploads/ul_Noticias/01.LA INTERVENCION MULTISENSORIAL.LOS ESPACIOS SNOEZELEN . MARIA JOSE CID.pdf%5Cnhttp://es.pdfsb.com/readonline/625656486567462f566e3138436e786d56413d3d-5842823](http://www.uliazpi.net/intranet/galeria/uploads/ul_Noticias/01.LA_INTERVENCION_MULTISENSORIAL.LOS_ESPACIOS_SNOEZELEN.MARIA_JOSE_CID.pdf%5Cnhttp://es.pdfsb.com/readonline/625656486567462f566e3138436e786d56413d3d-5842823)

- Cole, E. (2011). Patient-centered design: Interface personalization for individuals with brain injury. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6766 LNCS(PART 2), 291–300. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21663-3_31
- Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. (2019). Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo.2019. 02 de abril de 2019. <https://www.gob.mx/conadis/articulos/dia-mundial-de-concienciacion-sobre-el-autismo-2019>
- Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data and Knowledge Engineering*, 46(1), 41–64. [https://doi.org/10.1016/S0169-023X\(02\)00195-7](https://doi.org/10.1016/S0169-023X(02)00195-7)
- Crow, K. L. (2008). *Four Types Of Disabilities: Their Impact on Online Learning*. February, 51–55.
- Cui, Y., Shen, M., Ma, Y., & Wu, S. (2017). Senses make sense : An individualized multisensory stimulation for dementia. *Medical Hypotheses*, 98, 11–14. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2016.11.006>
- De Luca, R., Calabrò, R. S., Gervasi, G., De Salvo, S., Bonanno, L., Corallo, F., De Cola, M. C., & Bramanti, P. (2014). Is computer-assisted training effective in improving rehabilitative outcomes after brain injury? A case-control hospital-based study. *Disability and Health Journal*, 7(3), 356–360. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2014.04.003>
- Dean, M., Schreiber, G., Bechhofer, S., Harmelen, F. Van, Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D. L., Patel-Schneider, P. F., & Stein, L. A. (2004). OWL Web Ontology Language reference. *W3C Recommendation*, February.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2003). *Human-Computer Interaction*. Pearson Education.
- Dmitrenko, D., Maggioni, E., & Obrist, M. (2017). Ospace: Towards a systematic exploration of olfactory interaction spaces. *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces, ISS 2017*, 171–180. <https://doi.org/10.1145/3132272.3134121>
- Eyssautier de la Mora, M. (2002). *Metodología de la investigación :Desarrollo de la inteligencia* (4ta ed.). International Thomson Editores.
- Farreny, M. A., Buen, M. C., Aguirrezabal, A., Ferriol, P., Tous, F., & Alcalde, M. A. (2012). Play for health (P4H): una nueva herramienta en telerehabilitación. *Rehabilitacion*, 46(2), 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2012.01.001>

- Fava, L., & Strauss, K. (2010). Multi-sensory rooms : Comparing effects of the Snoezelen and the Stimulus Preference environment on the behavior of adults with profound mental retardation. *Research in Developmental Disabilities, 31*(1), 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2009.08.006>
- Ferguson, P. M. (2001). Mapping the family: disability studies and the exploration of parental response to disability. En G. L. Albrecht, K. Seelman, & M. Bury (Eds.), *Handbook of Disability Studies* (pp. 373–395). Sage Publications, Inc.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering. *Ontological Engineering AAAI-97 Spring Symposium Series*.
- Finisguerra, A., Canzoneri, E., Serino, A., Pozzo, T., & Bassolino, M. (2015). Moving sounds within the peripersonal space modulate the motor system. *Neuropsychologia, 70*, 421–428. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.09.043>
- Flick, U. (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Data Collection*. SAGE Publications.
- Fröhlich, A., & Haupt, U. (1982). *Programa de estimulación para el desarrollo de niños muy deficientes, Informe sobre nuevas experiencias escolares*. Editorial V. Hase y KoHler, Mainz.
- Gangemi, A., Catenacci, C., Ciaramita, M., & Lehmann, J. (2005). A theoretical framework for ontology evaluation and validation. *CEUR Workshop Proceedings, 166*.
- Gangemi, A., Catenacci, C., Ciaramita, M., & Lehmann, J. (2006). Modelling Ontology Evaluation and Valilidation - in Proceedings of ESWC2006. *Eswc2006*, 15.
- Gelsomini, M., Rotondaro, A., Cosentino, G., Gianotti, M., Riccardi, F., & Garzotto, F. (2018). *On the Effects of a Nomadic Multisensory Solution for Children's Playful Learning*. 189–201. <https://doi.org/10.1145/3279778.3279790>
- Gomez-Perez, A. (1995). Some ideas and examples to evaluate ontologies. *Proceedings the 11th Conference on Artificial Intelligence for Applications, CAIA 1995*, 299–305. <https://doi.org/10.1109/CAIA.1995.378808>
- Gonzalez, V. M., Favela, J., & Rodriguez, M. (2004). Towards a Methodology to Envision and Evaluate Ubiquitous Computing. *Miguel Arias Estrada*, 79–83.
- Gorelick, P. B., Scuteri, A., Black, S. E., Decarli, C., Greenberg, S. M., Iadecola, C., Launer, L. J., Laurent, S., Lopez, O. L., Nyenhuis, D., Petersen, R. C., Schneider, J. A., Tzourio, C., Arnett, D. K., Bennett, D. A., Chui, H. C., Higashida, R. T., Lindquist, R., Nilsson, P. M., ... Seshadri, S. (2011). Vascular contributions to cognitive impairment and dementia: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke, 42*(9), 2672–2713. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3182299496>
- Haggar, L. E., & Hutchinson, R. B. (1991). Snoezelen : for people with profound and multiple handicaps. *Journal of the British Institute of Mental Handicap (APEX), 19*(June), 51–55.

- Hamidi, F., Merino, M., Gomez, I., Lopez, S., Molina, A., & Baljko, M. (2017). A Wearable System for Multisensory Stimulation Therapy for Children. *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1655–1662.
- Harada, H., Tanaka, M., & Kato, T. (2006). Brain olfactory activation measured by near-infrared spectroscopy in humans. *Journal of Laryngology and Otology*, 120(8), 638–643. <https://doi.org/10.1017/S002221510600123X>
- Hartson, H. R., & Hix, D. (1989). Toward empirically derived methodologies and tools for human-computer interface development. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31(4), 477–494. [https://doi.org/10.1016/0020-7373\(89\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0020-7373(89)90005-9)
- Heredero, E. S., Arce, L., Bahón, M., Calero, I., Días, E., & Dueñas, A. (2013). Las Aulas Multisensoriales Como Recurso Para Atencion Educativa De Alumnos Con Deficiencia = Multisensory Classrooms As a Resource for the Educational Care of Students With Deficiency. *CAMINE: Caminhos da Educação = Camine: Ways of Education*, 5(2), 1–12.
- Hope, K. W., Easby, R., & Waterman, H. (2004). “Finding the person the disease has” - The case for multisensory environments. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 11(5), 554–561. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2850.2004.00760.x>
- Hoshi, Y., Kobayashi, N., & Tamura, M. (2001). Interpretation of near-infrared spectroscopy signals: A study with a newly developed perfused rat brain model. *Journal of Applied Physiology*, 90(5), 1657–1662. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.5.1657>
- Hotz, G. A., Castelblanco, A., Lara, I. M., Weiss, A. D., Duncan, R., & Kuluz, J. W. (2006). Snoezelen: A controlled multi-sensory stimulation therapy for children recovering from severe brain injury. *Brain Injury*, 20(8), 879–888. <https://doi.org/10.1080/02699050600832635>
- Hulsegge, J., & Verheul, A. (1987). *Snoezelen: Another world: A practical book of sensory experience environments for the mentally handicapped*. Rompa.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) 2018*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enadid/2018/doc/resultados_enadid18.pdf
- Irani, F., Platek, S. M., Bunce, S., Ruocco, A. C., & Chute, D. (2007). Functional near infrared spectroscopy (fNIRS): An emerging neuroimaging technology with important applications for the study of brain disorders. *Clinical Neuropsychologist*, 21(1), 9–37. <https://doi.org/10.1080/13854040600910018>
- Ishimaru, T., Yata, T., Horikawa, K., & Hatanaka, S. (2004). Near-infrared spectroscopy of the adult human olfactory cortex. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement*, 124(553), 95–98. <https://doi.org/10.1080/03655230410017751>
- Jakob, A., & Collier, L. (2017). Sensory enrichment for people living with dementia:

- increasing the benefits of multisensory environments in dementia care through design. *Design for Health*, 1(1), 115–133. <https://doi.org/10.1080/24735132.2017.1296274>
- Kortum, P. (Ed.). (2008). *HCI Beyond the GUI*. Elsevier. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kunert, T. (2009). *User-Centered Interaction Design Patterns for Interactive Digital Television Applications*. Springer Science & Business Media.
- Lázaro Lázaro, A. (2009). El aula multisensorial en un centro educativo: aspectos curriculares y aplicaciones prácticas. *I Congreso Nacional de Buenas Prácticas en Educación, Diversidad y Empleo (Diversa 2009)*, 1–16. <http://diversa.educarm.es/cd/alazaro.pdf>
- Lee, N., Lee, Y. H., Lee, K. S., & Lee, W. (2014). *Shape-changing Robot for Stroke Rehabilitation*. 325–334.
- Lehr Jr, R. P. (2018). Neuroplasticity and rehabilitation therapy. En M. J. Ashley & D. A. Hovda (Eds.), *Traumatic brain injury: Rehabilitation, Treatment, and Case Management* (4th ed., pp. 57–66). CRC Press.
- Leonardi, M., Bickenbach, J., Ustun, T. B., Kostanjsek, N., & Chatterji, S. (2006). The definition of disability: what is in a name? *Lancet*, 368(9543), 1219–1221. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)69498-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)69498-1)
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment*.
- Lloyd-Fox, S., Blasi, A., & Elwell, C. E. (2010). Illuminating the developing brain: The past, present and future of functional near infrared spectroscopy. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34(3), 269–284. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.07.008>
- López-Almela, A., & Gómez-Conesa, A. (2011). Intervención en demencias mediante estimulación multisensorial (snoezelen). *Fisioterapia*, 33(2), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2011.02.004>
- Lopez, J. J. B., Bolívar, J. C. C., & Perez, M. S. (2016). COMMUNI-CARE: Assessment tool for reactions and behaviours of patients with dementia in a multisensory stimulation environment. *Dementia*, 15(4), 526–538. <https://doi.org/10.1177/1471301214528346>
- Lu, W., Tong, Z., & Chu, J. (2016). Dynamic hand gesture recognition with leap motion controller. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(9), 1188–1192. <https://doi.org/10.1109/LSP.2016.2590470>
- Luckasson, R., & Reeve, A. (2001). Naming, defining, and classifying in mental retardation. *Mental Retardation*, 39(1), 47–52. [https://doi.org/10.1352/0047-6765\(2001\)039<0047:NDACIM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1352/0047-6765(2001)039<0047:NDACIM>2.0.CO;2)
- Mabutchi, T., Takeda, T., Kubota, N., & Matuda, T. (2015). Aphasia Rehabilitation Support System by Using Multimodal Interface Device. *Proceedings - 2015 IEEE*

- International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2015*, 1433–1438.
<https://doi.org/10.1109/SMC.2015.254>
- Macaluso, E., & Maravita, A. (2010). The representation of space near the body through touch and vision. *Neuropsychologia*, *48*(3), 782–795.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.10.010>
- Maharjan, A., Wang, E., Peng, M., & Cakmak, Y. O. (2018). Improvement of olfactory function with high frequency non-invasive auricular electrostimulation in healthy humans. *Frontiers in Neuroscience*, *12*(APR), 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00225>
- Martin, N. T., Gaffan, E. A., & Williams, T. (1998). Behavioural effects of long-term multi-sensory stimulation. *British Journal of Clinical Psychology*, *37*, 69–82.
- Mauri, C., Solanas, A., Granollers, T., Bagés, J., & García, M. (2009). Interactive therapeutic multi-sensory environment for cerebral palsy people. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *5727 LNCS(PART 2)*, 696–699.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-03658-3_74
- Moreno, F., & Aguilera, A. (2002). Rehabilitación Cognitiva en Sujetos Discapacitados Mediante el Empleo de Nuevas. Tecnologías el Programa CyT-L. *II European Conference on Information Technologies in Education and Citizenship*, *2*, 1–11.
- Nava-Muñoz, S., & Morán, A. L. (2012). CANoE: A context-aware notification model to support the care of older adults in a nursing home. *Sensors (Switzerland)*, *12*(9), 11477–11504. <https://doi.org/10.3390/s120911477>
- Navarro, S. G. (2020). El uso de las TIC en la estimulación: la sala multisensorial. *Contribuciones de la tecnología digital en el desarrollo educativo y social*, 49–59.
<https://doi.org/10.15381/idata.v12i2.6124>
- Noy, N. F., Crub, M., Ferguson, R. W., Knublauch, H., Tu, S. W., Vendetti, J., Musen, M. A., & Informatics, S. M. (2003). *Protégé-2000 : An Open-Source Ontology-Development and Knowledge-Acquisition Environment*. 2003.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. *Stanford Knowledge Systems Laboratory*, 25.
<https://doi.org/10.1016/j.artmed.2004.01.014>
- Obrig, H. (2014). NIRS in clinical neurology - a “promising” tool? *NeuroImage*, *85*, 535–546. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.03.045>
- Olofsson, J. K., Niedenthal, S., Ehrndal, M., Zakrzewska, M., Wartel, A., & Larsson, M. (2017). Beyond Smell-O-Vision: Possibilities for Smell-Based Digital Media. *Simulation and Gaming*, *48*(4), 455–479. <https://doi.org/10.1177/1046878117702184>
- Ozdemir, L., & Akdemir, N. (2009). Effects of multisensory stimulation on cognition, depression and anxiety levels of mildly-affected alzheimer’s patients. *Journal of the Neurological Sciences*, *283*(1–2), 211–213. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2009.02.367>

- Parmenter, T. R. (2008). The present, past and future of the study of intellectual disability: Challenges in developing countries. *Salud Publica de Mexico*, 50(SUPPL. 2), 124–131. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342008000800004>
- Perhakaran, G., Yusof, A. M., Rusli, M. E., Yusoff, M. Z. M., Mahidin, E. M. M., Mahalil, I., & Zainuddin, A. R. R. (2015). SnoezelenCAVE: Virtual reality CAVE Snoezelen framework for Autism spectrum disorders. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9429, 443–453. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25939-0_39
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, 187(4180), 965–966. <https://doi.org/10.1126/science.1145183>
- Poza, J., Gómez, C., Gutiérrez, M. T., Mendoza, N., & Hornero, R. (2013). Effects of a multi-sensory environment on brain-injured patients: Assessment of spectral patterns. *Medical Engineering and Physics*, 35(3), 365–375. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2012.06.001>
- Preece, J., Sharp, H., & Rogers, Y. (2015). *Interaction design: beyond human-computer interaction* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Quispe Pérez, J. K., & Aronés Barreda, Z. Y. (2014). *Guía para la Estimulación e Integración Multisensorial de Estudiantes con Sordoceguera y Multidiscapacidad*. <http://www.senseintperu.org/en/wp-content/uploads/2015/08/guia-de-estimulacion-multisensorial.pdf>
- Ramírez-Fernández, C., Morán, A. L., García-Canseco, E., & Gómez-Montalvo, J. R. (2017). Evaluation results of an ontology-based design model of virtual environments for upper limb motor rehabilitation of stroke patients. *Methods of Information in Medicine*, 56(2), 145–155. <https://doi.org/10.3414/ME16-02-0017>
- Ramos, E., Núñez, H., & Casañas, R. (2009). Esquema para evaluar ontologías únicas para un dominio de conocimiento. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, tecnología y conocimiento*, 6(1), 57–72.
- Rego, P. A., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2011). Natural user interfaces in serious games for rehabilitation. *Proceedings of the 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2011*.
- Rodriguez Gomez, G., Gil Flores, J., & Jimenez García, E. (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Ediciones Aljibe. http://catedranaranja.com.ar/taller5/notas_T5/metodologia_investig_cap.3.pdf
- Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. ERIC.
- Russo, N., Foxe, J. J., Brandwein, A. B., Altschuler, T., Gomes, H., & Molholm, S. (2010). Multisensory processing in children with autism: High-density electrical mapping of auditory-somatosensory integration. *Autism Research*, 3(5), 253–267. <https://doi.org/10.1002/aur.152>
- Sangrador Zarzuela, G. (2012). *ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL : GUÍA Y*

ACTIVIDADES.

- Schofield, P. (1996). Snoezelen: its potential for people with chronic pain. *Complementary Therapies in Nursing and Midwifery*, 2(1), 9–12. [https://doi.org/10.1016/S1353-6117\(96\)80004-7](https://doi.org/10.1016/S1353-6117(96)80004-7)
- Schultheis, M. T., & Rizzo, A. A. (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology*, 46(3), 296–311. <https://doi.org/10.1037/0090-5550.46.3.296>
- Seah, S. A., Plasencia, D. M., Bennett, P., Karnik, A., Otrocol, V., Knibbe, J., Cockburn, A., & Subramanian, S. (2014). SensaBubble: A chrono-sensory mid-air display of sight and smell. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2863–2872. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557087>
- Senso, J. A., Leiva-Mederos, A. A., & Domínguez-Velasco, S. E. (2011). Modelo para la evaluación de ontologías: Aplicación en Onto-Satcol. *Revista Española de Documentación Científica*, 34(3), 334–356. <https://doi.org/10.3989/redc.2011.3.788>
- Seo, J. H., Sungkajun, A., & Suh, J. (2015). Touchology: Towards interactive plant design for children with autism and older adults in senior housing. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 18, 893–898. <https://doi.org/10.1145/2702613.2732883>
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (2001). *Cognitive Rehabilitation: An Integrative Neuropsychological Approach*. Guilford Press.
- Spector, A., Thorgrimsen, L., Woods, B., Royan, L., Davies, S., Butterworth, M., & Orrell, M. (2003). Efficacy of a cognitive stimulation therapy programme for people with dementia. *The British journal of psychiatry*, 183, 248–254. <https://doi.org/10.1192/03-23>
- Staff, R. T., Murray, A. D., Deary, I. J., & Whalley, L. J. (2004). What provides cerebral reserve? *Brain*, 127(5), 1191–1199. <https://doi.org/10.1093/brain/awh144>
- Stein, B. E., & Meredith, M. A. (1993). *The merging of the senses*. The MIT Press.
- Strauss, A. C., & Corbin, J. (1998). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (2nd ed.). Sage Publications, Inc.
- Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge Engineering: Principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25(1–2), 161–197. [https://doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](https://doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6)
- Taffou, M., Ondřej, J., O’Sullivan, C., Warusfel, O., Dubal, S., & Viaud-Delmon, I. (2015). Auditory-visual virtual environment for the treatment of fear of crowds. *ACM International Conference Proceeding Series*, 08-10-April, 8–10. <https://doi.org/10.1145/2806173.2806176>
- Toffolo, M. B. J., Smeets, M. A. M., & van den Hout, M. A. (2012). Proust revisited: Odours as triggers of aversive memories. *Cognition and Emotion*, 26(1), 83–92. <https://doi.org/10.1080/02699931.2011.555475>

- Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *American Journal of Occupational Therapy, 61*(2), 190–200. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.190>
- Tsuji, H., Mizoe, J., Kamada, T., Baba, M., Tsuji, H., Kato, H., Kato, S., Yamada, S., Yasuda, S., Ohno, T., Yanagi, T., Imai, R., Kagei, K., Kato, H., Hara, R., Hasegawa, A., Nakajima, M., Sugane, N., Tamaki, N., ... Miyamoto, T. (2007). Clinical results of carbon ion radiotherapy at NIRS. *Journal of Radiation Research, 48*(SUPPL. A), 4–9. <https://doi.org/10.1269/jrr.48.A1>
- United Nations. (2004). *CBR : a strategy for rehabilitation, equalization of opportunities, poverty reduction and social inclusion of people with disabilities : joint position paper*. <https://doi.org/10.1093/annhyg/5.1.47>
- Unity Technologies. (2016). *Game engine, tools and multiplatform*. Unity Technologies. <http://www.unity3d.com>
- Unity Technology. (2018). Unity 3D. En *Unity Technology*.
- Vlaskamp, C., de Geeter, K. I., Huijsmans, L. M., & Smit, I. H. (2003). Passive Activities: the Effectiveness of Multisensory Environments on the Level of Activity of Individuals with Profound Multiple Disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 16*(2), 135–143. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3148.2003.00156.x>
- Vrandečić, D., Studer, R., Koreferent, E., Hendler, J. A., Koreferent, Z., Vorsitzende, C. W., & Werner, U. (2004). Handbook on Ontologies. *Handbook on Ontologies, June*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0>
- Wartenburger, I., Steinbrink, J., Telkemeyer, S., Friedrich, M., Friederici, A. D., & Obrig, H. (2007). The processing of prosody: Evidence of interhemispheric specialization at the age of four. *NeuroImage, 34*(1), 416–425. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.09.009>
- Wijnen, V. J. M., Heutink, M., Boxtel, G. J. M. va., Eilander, H. J., & Gelder, B. de. (2006). Autonomic reactivity to sensory stimulation is related to consciousness level after severe traumatic brain injury. *Clinical Neurophysiology, 117*(8), 1794–1807. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.03.006>
- Wilbarger, P. (1995). The sensory diet: Activity programs based on sensory processing theory. *Sensory integration special interest section newsletter, 18*, 1–4.
- Wood, N. S., Costeloe, K., Gibson, A. T., Hennessy, E. M., Marlow, N., & Wilkinson, A. R. (2005). The EPICure study: Associations and antecedents of neurological and developmental disability at the 30 months of age following extremely preterm birth. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition, 90*(2), 134–141. <https://doi.org/10.1136/adc.2004.052407>
- World Health Organization. (2007). International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). En *International Journal on Disability and Human Development*.
- World Health Organization. (2018). *Discapacidad y salud*. <https://www.who.int/es/news->

room/fact-sheets/detail/disability-and-health

- World Health Organization (WHO/OMS), & Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). (1992). *CIE-10 Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud Volumen 1. Herramienta en línea*. 554. <http://ais.paho.org/classifications/Chapters/>
- World Health Organization, & World Bank. (2011). *World report on disability*. World Health Organization. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.590392>
- Yagüe Sebastián, M. P., & Yagüe Sebastián, M. M. (2005). Estimulación multisensorial en el trabajo del fisioterapeuta pediátrico. *Fisioterapia*, 27(4), 228–238. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(05\)73443-X](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(05)73443-X)
- Yanagida, Y. (2012). A survey of olfactory displays: Making and delivering scents. *Proceedings of IEEE Sensors*, 1013–1016. <https://doi.org/10.1109/ICSENS.2012.6411380>
- Yoshitani, K., & Ohnishi, Y. (2008). The clinical validity of the absolute value of near infrared spectroscopy. *Journal of Anesthesia*, 22(4), 502–504. <https://doi.org/10.1007/s00540-008-0671-x>
- Yuill, N., & Hollis, V. (2011). A systematic review of cognitive stimulation therapy for older adults with mild to moderate dementia: An occupational therapy perspective. *Occupational Therapy International*, 18(4), 163–186. <https://doi.org/10.1002/oti.315>
- Zatorre, R. J., Jones-Gotman, M., Evans, A. C., & Meyer, E. (1992). Functional localization and lateralization of human olfactory cortex. *Nature*, 359, 710–713.
- Zola, I. K. (2005). Toward the necessary universalizing of a disability policy. En *Milbank Quarterly* (Vol. 83, Número 4, pp. 1–27). <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2005.00436.x>

Apéndice A

Guion para entrevista a expertos en TEM

El guion para la entrevista efectuada a los expertos multisensoriales de los Centros de Rehabilitación Integral que participaron en el estudio cualitativo, es mostrado a continuación.



Espacio Personal de Estimulación Multisensorial
Entrevistador: Raúl Casillas Figueroa
Entrevistado: _____
Lugar: _____



1. ¿Qué es la estimulación multisensorial?
2. ¿En qué casos se aplica? ¿En qué consiste? (En caso de no quedar claro, preguntar cuál es la diferencia de cada caso)
3. ¿La terapia de estimulación multisensorial es igual para todos los casos?
4. ¿Qué resultados se han obtenido a través de la aplicación de la estimulación multisensorial?
5. ¿Cuáles son los padecimientos más comunes de los pacientes a quienes se les brinda la estimulación multisensorial en el CRIE?
6. ¿Se requiere de un lugar especial para brindar la terapia de estimulación multisensorial?
7. ¿Qué características debe poseer el lugar para brindar la estimulación multisensorial?
8. ¿Qué sentidos es posible estimular dentro de estos lugares? ¿Cómo?
9. ¿Cuántas personas requieren de estimulación multisensorial en Ensenada? ¿En el estado?
10. ¿A cuántas personas atienden por día/semana en el CRIE? ¿En el estado?
11. ¿En promedio cada cuántos días se brinda la estimulación multisensorial a un paciente?
12. ¿Es suficiente y adecuado el espacio con que se cuenta en el CRIE para brindar la terapia de estimulación multisensorial?
13. ¿Sabe si sus pacientes tienen o han tenido contacto con dispositivos tecnológicos? (teléfonos inteligentes, tabletas o computadora).
14. Dentro de la psicología. ¿Existe una definición para “Espacio Personal”?
15. ¿Qué se imagina cuando escucha el concepto “Espacio Personal de Estimulación Multisensorial”?
16. ¿Qué características/aspectos cree usted debieran ser tomadas en cuenta para crear estos espacios?
17. Con base en su experiencia, ¿Cree que sería útil un espacio donde fuera posible brindar estimulación multisensorial a varios pacientes a la vez?
18. ¿Además que otras ventajas percibe podría brindar un espacio que permita dar terapia de estimulación multisensorial a múltiples pacientes a la vez?

Apéndice B

Evaluación para validar la ontología propuesta sobre el proceso de la TEM

En este apéndice se describe el protocolo seguido para la evaluación, y presentan las gráficas con el detalle de los resultados obtenidos de la evaluación de la ontología propuesta para describir el proceso de la TEM.

B.1. Protocolo de evaluación

El objetivo de la evaluación de la ontología propuesta, es validar los aspectos de estructura, semántica y aplicación, de manera que ésta pudiera ser mejorada y refinada para su posterior aplicación en el desarrollo de un PS4MS, el cual apoye en las sesiones TEM de pacientes con discapacidad intelectual.

Método

Para comprobar si el entendimiento que se logró sobre la TEM fue adecuado y correcto, se explicó el caso de un paciente que fue diagnosticado por primera vez con alguna condición que implica discapacidad intelectual. También se describió el flujo que siguió dentro de un centro de rehabilitación integral desde que llegó por primera vez, hasta que concluyó un programa de TEM y fue reevaluado. Una vez analizado el caso, se mostró la ontología propuesta y se les explicaron los elementos de cada uno de los componentes de la misma. Posteriormente se les pidió que analizaran la ontología y propusieran cambios (agregar, remover o modificar) a los elementos o a la misma ontología, de manera que ésta pudiera ser refinada y perfeccionada en cuanto a los aspectos que se están evaluando.

Participantes

Los participantes en la evaluación fueron especialistas en estimulación multisensorial y médicos en rehabilitación de tres centros de rehabilitación integral del DIF, con los que se tiene convenio para trabajar.

Materiales

Formulario en línea con la explicación de cada clase y una escala Likert 5 (No Aplica, para los médicos en rehabilitación) para determinar la percepción de utilidad para cada una de ellas y la explicación correspondiente.

- Formulario para capturar datos demográficos de los usuarios:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSed3KtWhHQzld6ivDtRBLcf_a0eENeL0tIFHfuc9p5zAWIR9g/viewform?usp=sf_link

- Formulario para calificar los elementos de la ontología, con acceso a la representación de la misma, en formato PDF:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeQiMBeV85eXwfSx8fuGwONuWpjI3yG_ScLmETyJa58rYoKVg/viewform?usp=sf_link

Procedimiento

Se presentó a los participantes la ontología propuesta, representada en un diagrama de clases. Para cada elemento del modelo se describieron los atributos que lo componen. Además, se explicaron las actividades que realiza cada uno de los roles (i. e. paciente, experto multisensorial, médico) dentro del proceso.

Después de proporcionarles la explicación de la ontología, cada usuario de forma individual dio una calificación a cada elemento de la misma, para lo cual se empleó una escala Likert 5 (Nada Importante, Poco Importante, Medianamente Importante, Importante, Muy Importante). Además de la calificación, los usuarios justificaron la asignación de dicho nivel. Por último, en la sección de comentarios finales se les solicitó que describieran posibles errores en la definición del modelo y/o elementos faltantes que consideran importantes a incluir.

B.2. Resultados de la evaluación

Como se mencionó en la subsección 5.2.1, en la evaluación participaron 12 sujetos en total, los cuales tienen en promedio una experiencia de 7.75 años, con una desviación estándar de 7.52 años, pudiendo notar que hay participantes con amplia experiencia y otros que apenas inician en el área (ver Figura B.1).

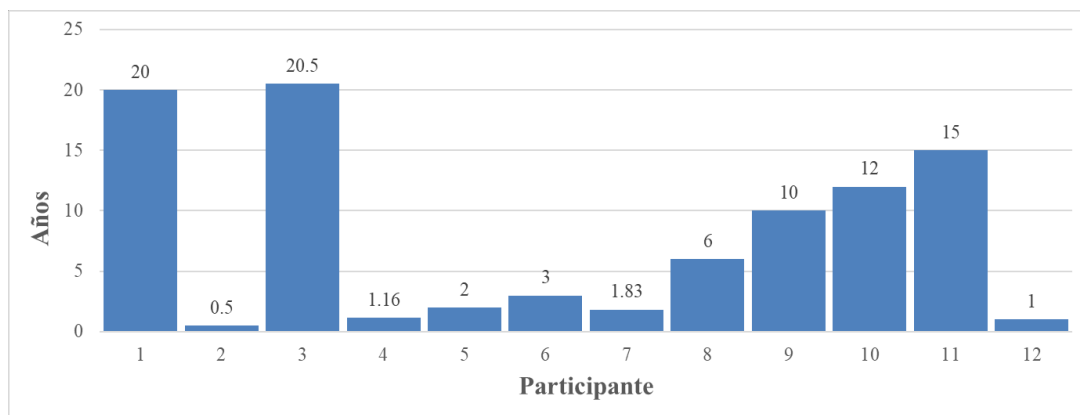


Figura B.1. Experiencia en TEM (en años) de los participantes en la evaluación.

Vocabulario

La Figura B.2, muestra el nivel de importancia asignado a cada clase con una escala Likert (5 puntos).

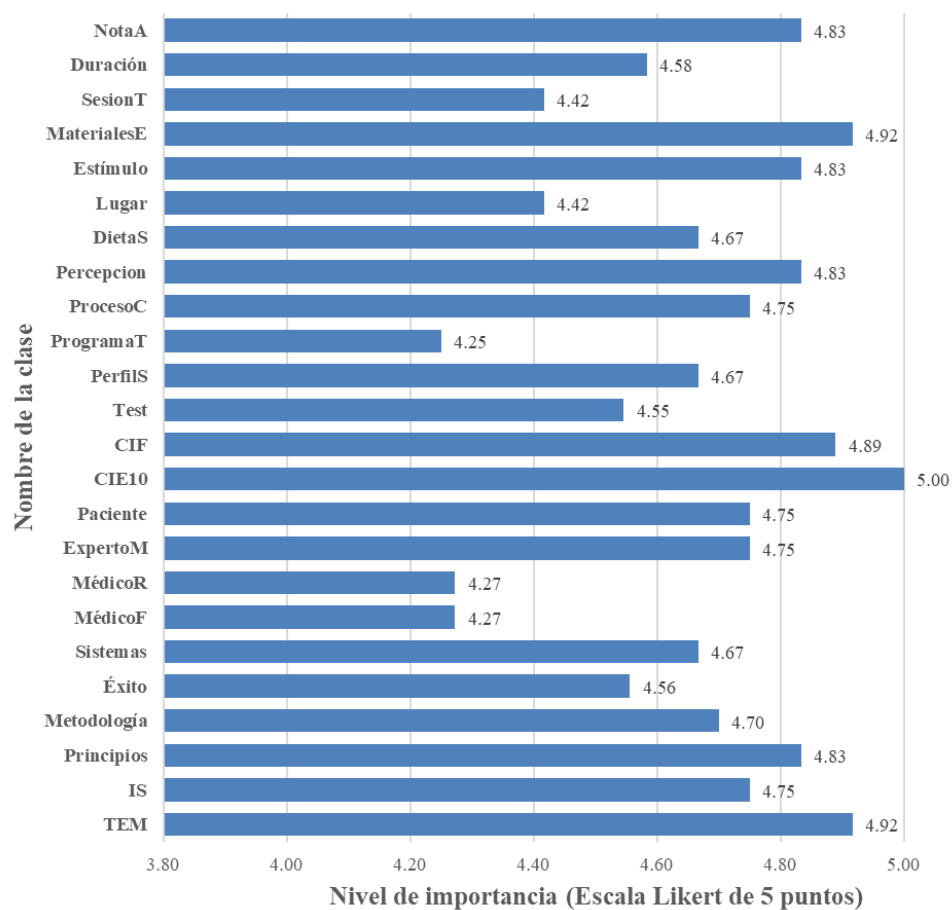


Figura B.2. Nivel de importancia de cada una de las clases incluidas en la ontología.

Estructura

En la Figura B.3 se puede observar las clases para las cuales se sugirieron cambios, el que resalta entre todos es la clase Nota de Avance con 10 sugerencias, la cual se detalló en qué consiste en la subsección 5.2.1.

Además, a la pregunta explícita: ¿considera que las relaciones entre las clases y sus atributos son adecuadas para describir el proceso de la TEM?, el 33% (4) de los sujetos respondieron que no (ver Figura B.4), y tres ellos coincidieron en sus razones, las cuales podemos ver a continuación:

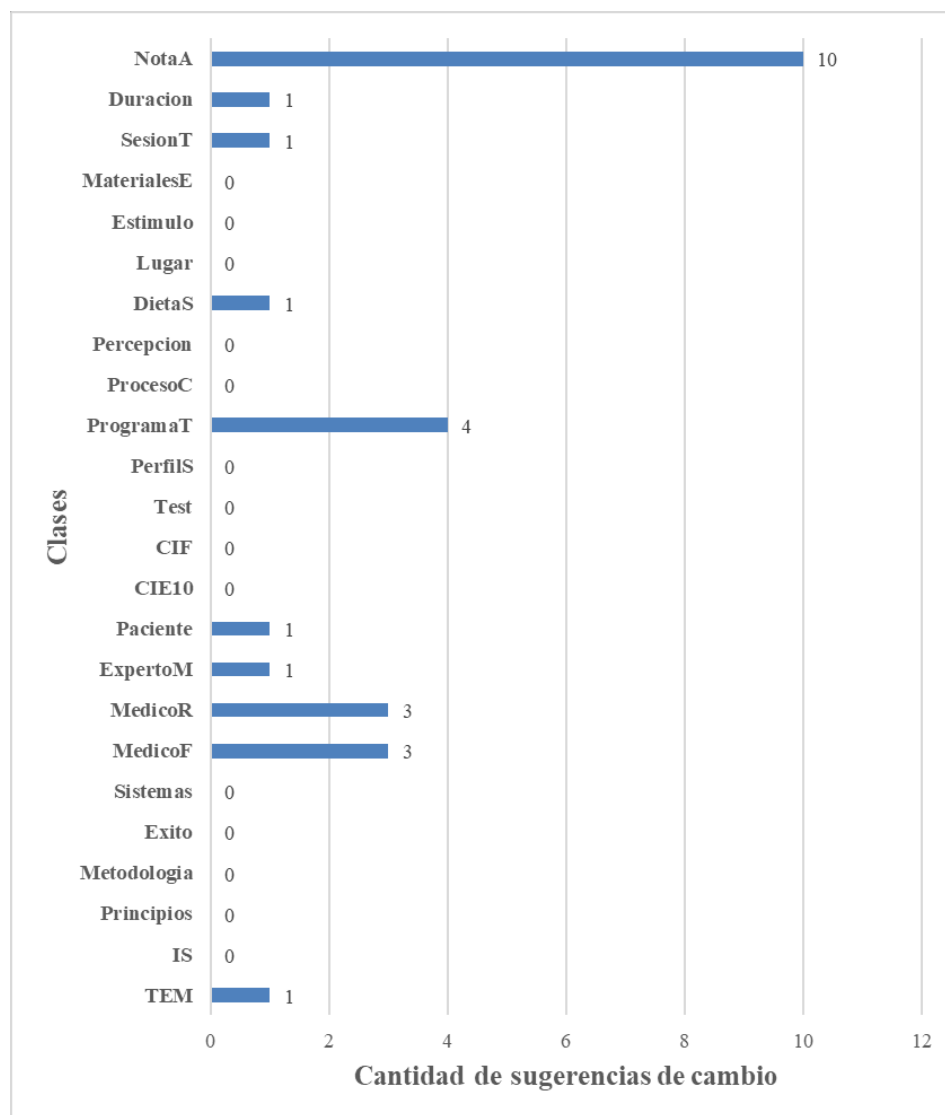


Figura B.3. Número de participantes que sugirieron cambios para cada una de las clases.

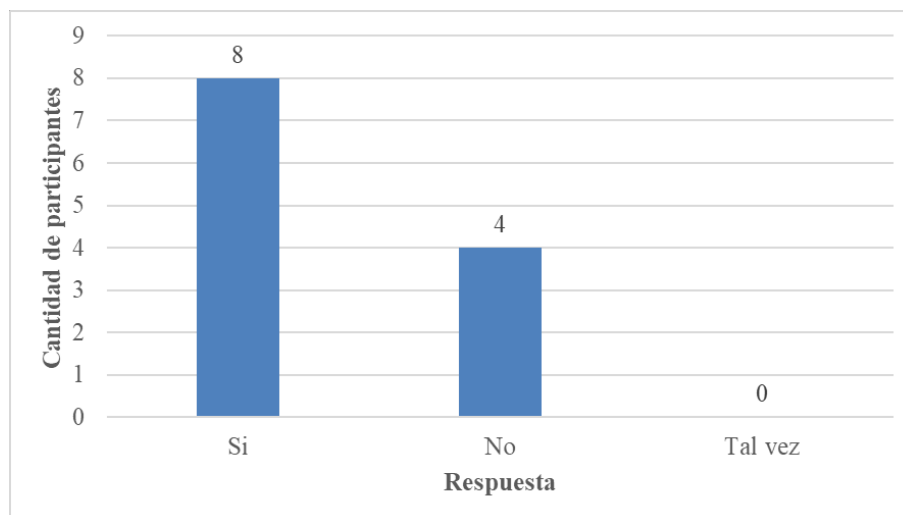


Figura B.4. Respuesta a la pregunta ¿Considera que las relaciones entre las clases y sus atributos son adecuadas para describir el proceso de la TEM?

- **Participante 1:** “Los perfiles sensoriales no siempre los hace el médico en rehabilitación, en ocasiones sólo los prescribe”.
- **Participante 6:** “El programa de terapia no es necesariamente generado por el médico en rehabilitación”.
- **Participante 7:** “El experto multisensorial también puede realizar los perfiles sensoriales y el programa de terapia”.

Semántica

En la Tabla 5.5 se listaron las clases que requirieron cambios en cuanto a la semántica y se explicó en qué consistieron, a continuación, se presentan las definiciones con sus correcciones resaltadas:

1. **Médico en rehabilitación:** es quien evalúa al paciente al momento de llegar a un centro de rehabilitación, y lo reevalúa al concluir un programa de terapia. Es el responsable de crear un diagnóstico, en ocasiones realiza un perfil sensorial o lo prescribe y determina los procesos cognitivos que requieren ser rehabilitados.
2. **Experto multisensorial:** es el especialista capaz de realizar un perfil sensorial, generar un programa de terapia y diseñar la serie de estímulos que se brindarán a los

pacientes en cada una de las sesiones de estimulación multisensorial que se le proporcionarán, y es él también quien suministra esos estímulos durante cada sesión.

3. **Dieta sensorial:** es el conjunto de estímulos que se le brindarán al paciente durante su día a día y en la sesión de terapia, esta puede variar para cada día y sesión, tomando en cuenta el perfil sensorial, el proceso cognitivo a entrenar, las percepciones que se estimularán y los materiales que se tienen disponibles.
4. **Terapia de estimulación multisensorial:** es el proceso a través del cual se intenta rehabilitar las capacidades de un paciente mediante la aplicación de estímulos a las diferentes percepciones humanas. La Estimulación Multisensorial es una técnica terapéutica basada en los principios de integración sensorial que describe Ayres; mediante el uso de estímulos multisensoriales se estimula directamente el sistema nervioso central favoreciendo el desarrollo de procesos cognitivos como la atención, la memoria y el lenguaje. La terapia de estimulación multisensorial se utiliza para estimular sentidos como la vista, el olfato, el oído, el gusto, el tacto, el vestibular y la propiocepción.
5. **Proceso cognitivo:** son los procedimientos que lleva a cabo el ser humano para incorporar conocimientos. En dichos procesos intervienen facultades muy diversas, como la actividad intelectual, la atención, la memoria y el lenguaje. Cada sesión de terapia está orientada a rehabilitar uno o varios procesos cognitivos.