



**Sistema software de tele-rehabilitación del Síndrome de Túnel Carpiano mediante
sensores electromiográficos, para el Centro de Rehabilitación Física y Deportiva
“FISIOATLAS”**

Ortega Mora, Daisy Ximena y Rocha Cali, Jenny Silvana

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Software

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Software

Ing. Álvarez Veintimilla, Rolando Marcelo, Mgs

8 de junio del 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "SISTEMA SOFTWARE DE TELE-REHABILITACIÓN DEL SINDROME DE TÚNEL CARPIANO MEDIANTE SENSORES ELECTROMIOGRÁFICOS, PARA EL CENTRO DE REHABILITACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA "FISIOATLAS"" fue realizado por las señoritas **Ortega Mora Daisy Ximena** y **Rocha Cali Jenny Silvana** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 8 de junio del 2021



ROLANDO MARCELO
ALVAREZ
VEINTIMILLA

.....
Ing. Álvarez Veintimilla, Rolando Marcelo, Mgs

C. C 0502519051

Director



Document Information

Analyzed document	TESIS_FINAL_ORTEGA_ROCHA_07_06_2021_V2.docx (D108277015)
Submitted	6/8/2021 3:49:00 PM
Submitted by	Alvarez Veintimilla Rolando Marcelo
Submitter email	rmalvarez@espe.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	rmalvarez.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis_Escobar Maricela (1).pdf Document Tesis_Escobar Maricela (1).pdf (D82798646) Submitted by: fjmontaluisa@espe.edu.ec Receiver: fjmontaluisa.espe@analysis.orkund.com	17
W	URL: https://docplayer.es/76553811-Departamento-de-electrica-y-electronica.html Fetched: 3/16/2020 10:06:35 PM	1
SA	convenio tesis 2016.docx Document convenio tesis 2016.docx (D22825005)	1
W	URL: https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15348/OrtizPadillaSaskiaSaulanch2016-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 9/4/2020 9:21:30 AM	1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / CAPITULOS_URKUND.docx Document CAPITULOS_URKUND.docx (D36334387) Submitted by: erlopez5@espe.edu.ec Receiver: erlopez5.espe@analysis.orkund.com	20
W	URL: https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32383/TovarPinzonAlejandro2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 7/1/2020 4:20:38 PM	5
W	URL: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7340/1/06%20ENF%20838%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?fbclid=IwAR3Wg-ehZY2y--goCSSfcrQaCjFM71nDRG5YmPUq3CzvGTBB6lu2LbWHXYoGarc Fetched: 6/8/2021 3:55:00 PM	1
W	URL: http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3406/1/RodriguezHernandRomero Fetched: 6/8/2021 3:55:00 PM	1



ROLANDO MARCELO
ALVAREZ
VEINTIMILLA



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Ortega Mora, Daisy Ximena**, con cédula de ciudadanía N° 0401498282 y **Rocha Cali, Jenny Silvana** con cédula de ciudadanía N° 0504151549, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“SISTEMA SOFTWARE DE TELE-REHABILITACIÓN DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO MEDIANTE SENSORES ELECTROMIOGRÁFICOS, PARA EL CENTRO DE REHABILITACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA “FISIOATLAS”**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 8 de junio del 2021

Ortega Mora, Daisy Ximena

C.C.: 0401498282

Rocha Cali, Jenny Silvana

C.C.: 0504151549



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros **Ortega Mora, Daisy Ximena**, con cédula de ciudadanía N° 0401498282 y **Rocha Cali, Jenny Silvana** con cédula de ciudadanía N° 0504151549, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **SISTEMA SOFTWARE DE TELE-REHABILITACIÓN DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO MEDIANTE SENSORES ELECTROMIOGRÁFICOS, PARA EL CENTRO DE REHABILITACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA “FISIOATLAS”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 8 de junio del 2021

Ortega Mora, Daisy Ximena

C.C.: 0401498282

Rocha Cali, Jenny Silvana

C.C.: 0504151549

Dedicatoria

Este proyecto y mi título profesional se lo quiero dedicar de manera especial a mi hermosa madre, Erlinda, porque durante estos años de estudio siempre me escucho y alentó en los momentos difícil, dándome los mejores consejos para que no me rindiera. Con su amor, paciencia y su enorme esfuerzo me ayudo a cumplir un sueño más.

A mi hermana Maribel, por quererme mucho, creer en mí, ser mi apoyo incondicional, mi compañera en todo momento, ser mi fortaleza para enfrentar todas las adversidades durante todo este proceso.

A mi tía Magdalena, a quien aprecio como a una madre, y por estar dispuesta a escucharme, ayudarme, apoyarme en cualquier momento y circunstancia, a mis primos Edison, Lesly, Nataly por su gran apoyo.

Y finalmente, a las personas que conocí en el transcurso de esta meta, quienes me dieron consejos para no rendirme en mi objetivo propuesto, enseñándome que el éxito no se alcanza con velocidad, se alcanza con constancia.

Daisy X. Ortega M.

Dedicatoria

Dedico mi tesis con todo mi corazón a mi Dios por darme la fortaleza para no rendirme. A mis padres, Jorge Rocha y Norma Cali por estar conmigo siendo mi luz, mis guías, mi apoyo incondicional, todos mis logros se los debo a ustedes, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, los amo infinitamente.

A mis hermanos Tatiana, Daniel, Karina, Evelin y Anderson, por consejos y palabras de aliento. A Edison Gamboy una persona especial el cual me brindo sus enseñanzas, su apoyo incondicional y por estar siempre presente a lo largo de esta etapa de mi vida.

Jenny S. Rocha. C

Agradecimiento

Agradezco a mi Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi meta.

A mi madre Erlinda Mora y a mi hermana Maribel Ortega un eterno agradecimiento, demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A Jenny Rocha, una gran amiga, compañera de tesis y una hermana más, a quien estimo tanto y a quien agradezco su apoyo incondicional en los momentos buenos y sobre todo en los malos, gracias por ser leal, comprensiva conmigo, por darme los mejores consejos y palabras que necesitaba. Jamás olvidare los momentos compartidos.

Y por supuesto a mi querida Universidad y profesores, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, impartiendo sus conocimientos con mucho esfuerzo, para hacer posible mi preparación profesional, y en especial a mi tutor Ing. Marcelo Álvarez, por su aporte a la realización de esta tesis.

Daisy X. Ortega M.

Agradecimiento

En este escrito quiero agradecer a Dios, porque me brindo su sabiduría e inteligencia a lo largo de mi vida, y siempre me respaldó en cada accionar de mis pasos, asimismo le agradezco por la salud de toda mi familia y seres queridos. Además, quiero expresar la gratitud hacia mis padres, porque no permitieron que me rinda, por enseñarme a seguir hasta conseguir mis objetivos, les agradezco por ser mi ejemplo de esfuerzo y constancia diaria, por ser mi inspiración en cada etapa de mi vida.

Igualmente agradezco a mis hermanos, que a lo largo de mi vida han estado conmigo, compartiendo experiencias y nuevas enseñanzas, por sus consejos, por sus palabras de aliento.

De la misma manera quiero expresar mi gratitud a mi pareja, por compartir esta etapa conmigo, por brindarme su cariño, sus enseñanzas y conocimientos, ayudándome a ser mejor persona cada día.

Agradezco a mi amiga y compañera de universidad como de tesis Ximena Ortega por todas las nuevas experiencias vividas a lo largo de la vida universitaria, y por su ayuda para que este proyecto se lleve a cabo. Agradezco a mi tutor de tesis, por habernos guiado, en la elaboración de este proyecto, permitiéndonos crecer profesionalmente.

Jenny S. Rocha. C

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Informe Urkund.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Índice de contenidos.....	10
Índice de tablas	15
Índice de figuras	17
Resumen	21
Abstract.....	22
Definición del problema	23
Planteamiento del problema.....	23
Formulación del problema.....	24
Antecedentes.....	24
Justificación e importancia	25
Objetivos generales y específicos	26

<i>Objetivo General</i>	26
<i>Objetivos Específicos</i>	27
Hipótesis	27
Variables de la investigación.....	27
<i>Variable Independiente</i>	27
<i>Variable Dependiente</i>	28
MARCO TEÓRICO.....	29
Introducción del capítulo	29
Antecedentes históricos	29
Túnel carpiano.....	30
Síndrome de túnel carpiano (STC)	31
<i>Síntomas</i>	31
<i>Causas</i>	32
<i>Factores de riesgo</i>	33
<i>Diagnóstico</i>	34
<i>Tratamiento del síndrome de túnel carpiano</i>	36
Grado de rigidez del síndrome del túnel carpiano	39
Fisioterapia para el síndrome del túnel carpiano.....	39
Ejercicios fisioterapéuticos en la rehabilitación del STC	40
Escalas de valoración del dolor	43
<i>EVA (Escala Visual Analógica)</i>	43

Rehabilitación.....	43
Tele-rehabilitación.....	44
<i>Ventajas de la Tele-Rehabilitación</i>	44
Rehabilitación con realidad virtual	45
Realidad virtual en el tratamiento del dolor	45
Rehabilitación virtual	45
<i>Principios claves</i>	46
<i>Ventajas de la rehabilitación virtual</i>	46
Sistema Software	47
Señales electromiográficas (EMG).....	47
Sensor comercial electromiográfico.....	47
<i>Brazalete Gforce-Pro EMG Armband</i>	47
Inteligencia artificial	50
<i>Lógica difusa</i>	50
<i>Inferencia de Mamdani</i>	51
Realidad virtual.....	52
<i>Realidad virtual no inmersiva</i>	52
<i>Realidad virtual inmersiva</i>	53
Herramienta para la Realidad Virtual No Inmersiva	53
<i>Unity 3D</i>	53
Metodología ágil scrum	54

<i>Ventajas de Scrum</i>	58
Herramientas de desarrollo de un sistema web	59
Desarrollo	61
Introducción al capítulo	61
Selección de la metodología de desarrollo	62
Desarrollo del entorno virtual.....	63
Hardware necesario para el sistema de tele rehabilitación.....	64
Comparación de movimientos y ejercicios fisioterapéuticas	64
Desarrollo de proyecto aplicando la Metodología Scrum	65
<i>Diagrama de arquitectura de la propuesta tecnológica</i>	65
<i>Roles del equipo SCRUM</i>	66
<i>Historias de usuario</i>	66
<i>Estimación de tiempo</i>	69
<i>Priorización de Historias de Usuario</i>	74
<i>Product backlog</i>	89
<i>ScrumBoard</i>	95
Diagrama de contexto del sistema.....	96
Desarrollo de la aplicación en unity e integración de la pulsera Gforce .	101
Gráfico de la base de datos SQL.....	107
Descripción de la interfaz de usuario del sistema de tele-rehabilitación	108
Descripción de la interfaz de usuario del sistema de seguimiento	116

Limitaciones para el uso del sistema de tele-rehabilitación.	141
Limitaciones para el uso del sistema de seguimiento.....	141
Despliegue y pruebas	142
Introducción al capítulo	142
Despliegue del sistema de seguimiento	142
Despliegue del sistema de tele-rehabilitación.....	142
Pruebas de la aplicación.....	143
Validación del sistema	154
Introducción del capítulo	154
Validación de la Sistema de Tele-rehabilitación	154
Aplicación de la encuesta (SUS)	166
Validación médica	167
Validación de pacientes	168
<i>Análisis e interpretación de los resultados</i>	169
Conclusiones y recomendaciones	181
Conclusiones.....	181
Recomendaciones.....	182
Bibliografía.....	183
ANEXOS	188

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Rutina para el Síndrome de Túnel Carpiano</i>	42
Tabla 2 <i>Gestos predefinidos del brazalete Gforce</i>	49
Tabla 3 <i>Comparación de ejercicios</i>	64
Tabla 4 <i>Roles del equipo Scrum</i>	66
Tabla 5 <i>Historias de usuarios</i>	66
Tabla 6 <i>Estimación de historias de usuarios</i>	69
Tabla 7 <i>Priorización de las historias de usuario</i>	75
Tabla 8 <i>Product Backlog</i>	89
Tabla 9 <i>Caso de prueba 1</i>	144
Tabla 10 <i>Caso de prueba 2</i>	144
Tabla 11 <i>Caso de prueba 3</i>	145
Tabla 12 <i>Caso de prueba 4</i>	146
Tabla 13 <i>Caso de prueba 5</i>	146
Tabla 14 <i>Caso de prueba 6</i>	147
Tabla 15 <i>Caso de prueba 7</i>	148
Tabla 16 <i>Caso de prueba 8</i>	149
Tabla 17 <i>Caso de prueba 9</i>	150
Tabla 18 <i>Caso de prueba 10</i>	152
Tabla 19 <i>Validación de la historia de usuario 1</i>	154
Tabla 20 <i>Validación de la historia de usuario 2</i>	155
Tabla 21 <i>Validación de la historia de usuario 3</i>	155
Tabla 22 <i>Validación de la historia de usuario 4</i>	156
Tabla 23 <i>Validación de la historia de usuario 5</i>	156
Tabla 24 <i>Validación de la historia de usuario 6</i>	157
Tabla 25 <i>Validación de la historia de usuario 7</i>	158

Tabla 26	<i>Validación de la historia de usuario 8</i>	159
Tabla 27	<i>Validación de la historia de usuario 9</i>	159
Tabla 28	<i>Validación de la historia de usuario 10</i>	160
Tabla 29	<i>Validación de la historia de usuario 11</i>	161
Tabla 30	<i>Validación de la historia de usuario 12</i>	161
Tabla 31	<i>Validación de la historia de usuario 13</i>	162
Tabla 32	<i>Validación de la historia de usuario 14</i>	163
Tabla 33	<i>Validación de la historia de usuario 15</i>	163
Tabla 34	<i>Validación de la historia de usuario 16</i>	164
Tabla 35	<i>Validación de la historia de usuario 17</i>	164
Tabla 36	<i>Validación de la historia de usuario 18</i>	165
Tabla 37	<i>Validación de la historia de usuario 19</i>	166
Tabla 38	<i>Validación de la historia de usuario 20</i>	166
Tabla 39	<i>Pregunta 1 de la Encuesta de Usabilidad</i>	169
Tabla 40	<i>Pregunta 2 de la Encuesta de Usabilidad</i>	169
Tabla 41	<i>Pregunta 3 de la Encuesta de Usabilidad</i>	170
Tabla 42	<i>Pregunta 4 de la Encuesta de Usabilidad</i>	170
Tabla 43	<i>Pregunta 5 de la Encuesta de Usabilidad</i>	171
Tabla 44	<i>Pregunta 6 de la Encuesta de Usabilidad</i>	171
Tabla 45	<i>Pregunta 7 de la Encuesta de Usabilidad</i>	172
Tabla 46	<i>Pregunta 8 de la Encuesta de Usabilidad</i>	172
Tabla 47	<i>Pregunta 9 de la Encuesta de Usabilidad</i>	173
Tabla 48	<i>Pregunta 10 de la Encuesta de Usabilidad</i>	173
Tabla 49	<i>Conjunto de datos de las sesiones realizadas</i>	174

Índice de figuras

Figura 1 <i>Anatomía del túnel carpiano</i> _____	30
Figura 2 <i>Anatomía del síndrome de túnel carpiano</i> _____	31
Figura 3 <i>Diagrama de flujo del diagnóstico del STC</i> _____	35
Figura 4 <i>Diagrama de flujo del tratamiento de STC</i> _____	37
Figura 5 <i>Movimiento de extensión</i> _____	40
Figura 6 <i>Movimiento de flexión</i> _____	41
Figura 7 <i>Movimiento de abducción falángica</i> _____	41
Figura 8 <i>Movimiento de flexión metacarpo falángico</i> _____	42
Figura 9 <i>Escala Visual Analógica</i> _____	43
Figura 10 <i>Brazalete gForce-Pro EMG Armband</i> _____	48
Figura 11 <i>Ciclo de la metodología ágil Scrum</i> _____	55
Figura 12 <i>Diagrama de arquitectura de la propuesta tecnológica</i> _____	65
Figura 13 <i>Scrumboard de la gestión del proyecto</i> _____	96
Figura 14 <i>Diagrama de contexto del sistema</i> _____	97
Figura 15 <i>Diagrama de actividades del (Saltarín)</i> _____	98
Figura 16 <i>Diagrama de actividades del juego (Guerra)</i> _____	99
Figura 17 <i>Diagrama de actividades del Juego (Comelón)</i> _____	100
Figura 18 <i>Brazalete Gforce pro encendida</i> _____	101
Figura 19 <i>Brazalete Gforce</i> _____	101
Figura 20 <i>Pulsera Gforce pro cargando</i> _____	102
Figura 21 <i>Colocación correcta del brazalete Gforce</i> _____	102
Figura 22 <i>Diagrama de preparación para el uso del sistema</i> _____	103
Figura 23 <i>Aplicación para el entrenamiento del brazalete</i> _____	103
Figura 24 <i>Conexión de la aplicación Otrain y el brazalete</i> _____	104
Figura 25 <i>Pantalla de gestos predeterminados</i> _____	104

Figura 26	<i>Creación de nuevo modelo</i>	105
Figura 27	<i>Iniciar Entrenamiento</i>	105
Figura 28	<i>Entrenamiento de la pulsera Gforce</i>	106
Figura 29	<i>Comprobación de los ejercicios entrenados</i>	106
Figura 30	<i>Actualización con el modelo entrenado</i>	107
Figura 31	<i>Pantalla de inicio de sesión del sistema de rehabilitación</i>	109
Figura 32	<i>Pantalla de espera de conexión con el brazalete</i>	109
Figura 33	<i>Pantalla que muestra la rutina y juegos activos</i>	110
Figura 34	<i>Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 1)</i>	111
Figura 35	<i>Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 2)</i>	111
Figura 36	<i>Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 3)</i>	111
Figura 37	<i>Diseño del juego 3 de rehabilitación</i>	112
Figura 38	<i>Instrucciones del juego 1</i>	112
Figura 39	<i>Objetivo del juego 1</i>	113
Figura 40	<i>Diseño del juego 2 de rehabilitación</i>	113
Figura 41	<i>Instrucciones del juego 2</i>	114
Figura 42	<i>Objetivo del juego 3</i>	114
Figura 43	<i>Diseño del juego 3 de Rehabilitación</i>	115
Figura 44	<i>Instrucciones del juego 3</i>	115
Figura 45	<i>Objetivo del juego 3</i>	116
Figura 46	<i>Diagrama entidad - relación</i>	107
Figura 47	<i>Pantalla de inicio del sistema de seguimiento</i>	117
Figura 48	<i>Pantalla de Inicio de sesión</i>	117
Figura 49	<i>Mensaje de error de credenciales</i>	118
Figura 50	<i>Menú principal para el administrador</i>	119
Figura 51	<i>Menú principal para el profesional</i>	119

Figura 52 <i>Página Mi Perfil</i> _____	120
Figura 53 <i>Listado de Profesionales</i> _____	121
Figura 54 <i>Registro del profesional</i> _____	122
Figura 55 <i>Editar al profesional</i> _____	123
Figura 56 <i>Actualizar estado Activo</i> _____	124
Figura 57 <i>Actualizar Estado Inactivo</i> _____	124
Figura 58 <i>Listado de pacientes</i> _____	125
Figura 59 <i>Listado de pacientes vacía</i> _____	125
Figura 60 <i>Registro de paciente</i> _____	126
Figura 61 <i>Estado de paciente</i> _____	126
Figura 62 <i>Historia clínica, datos del centro del profesional</i> _____	127
Figura 63 <i>Editar al paciente</i> _____	127
Figura 64 <i>Historia clínica de un paciente</i> _____	128
Figura 65 <i>Eliminar al paciente</i> _____	132
Figura 66 <i>Listado de pacientes con seguimiento</i> _____	132
Figura 67 <i>Registro de rutina</i> _____	133
Figura 68 <i>Visualización de Rutina</i> _____	134
Figura 69 <i>Registro de control</i> _____	135
Figura 70 <i>Visualizar intentos</i> _____	135
Figura 71 <i>Finalizar rutina</i> _____	136
Figura 72 <i>Rutina cancelada</i> _____	136
Figura 73 <i>Página Reportes</i> _____	137
Figura 74 <i>Finalizar Rutina</i> _____	137
Figura 75 <i>Visualización del reporte</i> _____	138
Figura 76 <i>Reporte en PDF del paciente</i> _____	139
Figura 77 <i>Gráfica del progreso de la tele-rehabilitación</i> _____	140

Figura 78 <i>Gráfica del avance general</i> _____	140
Figura 79 <i>Archivos generados</i> _____	143
Figura 80 <i>Pantalla inicial del sistema de seguimiento</i> _____	150
Figura 81 <i>Pantalla de inicio para el administrador</i> _____	152
Figura 82 <i>Pantalla de inicio para el profesional</i> _____	152
Figura 83 <i>Lcdo. Santiago Chanatasig probando el sistema software de Tele-rehabilitación</i> _____	167
Figura 84 <i>Gráfica de comparación de datos(evolución)</i> _____	178
Figura 85 <i>Gráfica del avance general de los controles diarios</i> _____	178
Figura 86 <i>Reporte de controles de un paciente en PDF</i> _____	179

Resumen

El presente proyecto describe el desarrollo de un sistema software de tele-rehabilitación del síndrome de Túnel Carpiano mediante sensores electromiográficos, para el Centro de rehabilitación física y deportiva “FISIOATLAS”, para el desarrollo del sistema se empleó la metodología ágil SCRUM. Como producto final se obtuvo un sistema web, que es capaz de monitorear el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa de los pacientes; el sistema cuenta con módulos de: gestión de profesionales, gestión de pacientes, gestión de historias clínicas, asignación de rutinas, visualización de intentos y controles diarios; este se encuentra desarrollado en el framework Django, de la misma manera se obtuvo el sistema de tele-rehabilitación aplicando realidad virtual no inmersiva, el cual utiliza los ejercicios fisioterapéuticos de rehabilitación para el síndrome del túnel carpiano, que son detectados por el brazalete comercial electromiográfico (EMG) Gforce pro, dicho sistema es capaz de interpretar los datos que emite el brazalete EMG Gforce, empleando los datos recolectados como instrucciones de movimiento del personaje, por otra parte, permite visualizar los datos de la rutina asignada y si esta se ha completado o no, estos entornos fueron desarrollados en el IDE de Unity3d, y la información fue almacenada en la base de datos MariaDB.

Palabras claves:

- **SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO**
- **BRAZALETE ELECTROMIOGRÁFICO**
- **TELE-REHABILITACIÓN**
- **METODOLOGÍA SCRUM**

Abstract

This project describes the development of a tele-rehabilitation software system for Carpal Tunnel syndrome using electromyographic sensors at “FISIOATLAS” Physical and Sports Rehabilitation Center by employing the agile SCRUM methodology. The final product was a web system to monitor compliance with the patients' additional exercises sent to their homes. The system, which is a Django framework, has modules of professional management, patient management, medical records management, routines assignment, visualization of attempts and daily controls. In the same way, applying non-immersive virtual reality, the tele-rehabilitation system was obtained, which uses physiotherapeutic rehabilitation exercises for carpal tunnel syndrome. These exercises are detected by the commercial electromyographic (EMG) bracelet Gforce pro. This system can interpret the data emitted by the EMG Gforce bracelet by the data collected on the person movement instructions. It also allows to view the data of the assigned routine and if it has been completed or not. These settings were developed in the Unity3d IDE, and the information was stored in the MariaDB database.

Key words:

- **CARPIAN TUNNEL SYNDROME**
- **ELECTROMIOGRAPHIC BRACELET**
- **TELE-REHABILITATION**
- **SCRUM METHODOLOGY**

CAPÍTULO 1

1. Definición del problema

1.1. Planteamiento del problema

En Cotopaxi se observa que el 50% de ausentismo laboral se da por problemas músculo - esqueléticas, dentro de las cuales se encuentra el Síndrome del Túnel Carpiano en un 35% de la población adulta (30 años en adelante), quienes asisten a Centros Médicos, donde obtienen una recuperación por medios farmacológicos y fisioterapéuticos, (Bolaños, 2015) menciona que “la mayoría de los pacientes sienten mejoría y dejan de asistir al tratamiento, por lo que con el transcurso del tiempo sufren recaídas las cuales pueden desencadenar en cirugías y pérdida de las funcionalidades, lo cual puede interferir en actividades de la vida diaria”.

Los pacientes con STC no se hacen cargo de su propio autocuidado para mejorar su bienestar, siguiendo con sus actividades en lugar de corregirlas para evitar que aumente el riesgo de tener STC. Esperando que el profesional de la salud cuide de su bienestar, en lugar de contribuir a la finalización del tratamiento. (Aguilar Rodríguez & Marqués Sulé, 2016)

En el Centro de Rehabilitación física y deportiva “FisioAtlas” no cuenta con un sistema software que verifique el cumplimiento de las rutinas complementarias que realizan los pacientes en su casa, tampoco disponen de una aplicación web informativa, que elimine las barreras relacionadas con el tiempo. Actualmente se dispone de 1 fisioterapeuta encargado, que atiende alrededor de 50 pacientes mensuales, de los cuales existe una variabilidad entre 6 a 9 pacientes mensuales que padecen del síndrome de túnel carpiano en una Etapa III, la cual es la más severa presentando atrofia o debilitamiento. Las sesiones terapéuticas pueden variar de acuerdo a la disponibilidad y recursos del paciente.

Dichas personas en la mayoría de casos no completan los ejercicios que fueron enviados a casa por el especialista o no cumplen las repeticiones por cada ejercicio o no realizan los ejercicios correctamente, lo cual provoca que no exista una pronta mejoría en el tratamiento o se convierta en un tratamiento prolongado.

1.2. Formulación del problema

Por toda la información detallada en el punto anterior, se formula la siguiente interrogante:

¿Cómo verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa a los pacientes del síndrome del túnel carpiano del Centro de rehabilitación física y deportiva “FISIOATLAS”?

1.3. Antecedentes

(Benavidez, López, & Escobar, 2018) menciona que el “síndrome del túnel carpiano, es una de las afecciones que más se presenta entre trabajadores que desarrollan una labor intensa, repetitiva, de sometimiento a vibración, a posturas extremas de la muñeca, donde la mano adopta una misma posición durante periodos prolongados”.

Según (Mendoza & Zevallos, 2017) afirma que dicho síndrome no afecta a los individuos en un solo ámbito de trabajo, de lo contrario afecta a quienes realizan trabajos en el área de ensamblaje, elaboración y empaque de productos que utilice las manos, personas que realicen la entrada de datos en computador, etc.

La rehabilitación se ha valido del concepto de la realidad virtual para mejorar las alternativas y opciones para nuevos tratamientos, que estimulen los resultados de las terapias físicas, posibilitando así que la persona tenga una mejor experiencia en la actividad física realizada dentro de su tratamiento, y en el caso de los pacientes de rehabilitación motriz lograr la atención, concentración y diversión del paciente en las

tareas que debe ejecutar. (BARRIOS, RODRIGUEZ, PACHÓN, SIERRA, & MEDINA, 2019)

Los trabajos de investigación similares a nivel mundial tratan de resolver el mismo problema con proyectos que involucran uso de dispositivos electrónicos, pero sin proponer un método que controle los ejercicios realizados en casa. En este aspecto (Shusong & Xia, 2015) proponen un método de rehabilitación inmediato para personas que han sufrido lesiones de la mano. Este trabajo plantea el uso de electrodos que miden señales eléctricas de tres músculos del brazo, con el propósito de medir partes de la extremidad que más daño haya sufrido debido al derrame cerebral. Los autores concluyen que mientras más rápido un paciente empiece la rehabilitación, excelentes resultados se pueden obtener.

1.4. Justificación e importancia

En la ciudad de Latacunga se encuentra el Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOATLAS", el cual atiende a los pacientes con el síndrome de túnel carpiano de forma personal e integral, que comienza desde una evaluación exhaustiva mediante las pruebas Tinel y Phalen para saber que es un caso de túnel carpiano positivo. Además, se usa la tabla de Eva (Escala visual Analógica), la cual permite medir la intensidad de dolor que siente el paciente.

Las rutinas que realiza el fisioterapeuta tienen un tiempo de duración de 5 a 10 minutos, con 6 movimientos: extensión de muñeca, flexión de muñeca, abducción falángica, flexión metacarpo falángico, desviación cubital y desviación radial, se realizan 6 repeticiones de cada uno. Aproximadamente durante 6 sesiones, en donde el objetivo no es cansar el músculo para ganar masa muscular, sino aliviar el dolor.

La importancia del presente proyecto de investigación, es brindar un software de apoyo a la prestación de servicios de rehabilitación, implementando un sistema software que ayude al fisioterapeuta a verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales

enviados a casa en cada paciente con síndrome del túnel carpiano, implementando ventajas de la tecnología como la realidad virtual no inmersiva, inteligencia artificial, procesamiento de señales electromiográficas provistas por sensores comerciales.

Potenciando el mejor acceso a la rehabilitación pronta y no muy costosa de cada paciente. En este documento se presenta las herramientas a utilizar para desarrollar el sistema software y cumplir con los objetivos planteados.

Este sistema será validado por un especialista en el área de fisioterapia, el cual proveerá también todos los parámetros e información necesaria para el desarrollo del sistema.

El proyecto es beneficioso por su bajo costo, ya que en diferentes países se encuentran sistemas de rehabilitación disponibles en un valor de \$14.000 (sistema de rehabilitación IREX VR, GesturetekSalud, Canadá) y \$ 19.000 (Sistema VR Prime 13, OptiTrack, EE. UU.), en este caso el valor promedio que se propone para la ejecución del proyecto, varía entre \$2.500 - \$3.000, cuyo costo es accesible para los centros de rehabilitación.

El proyecto brindará aportes sobre la implementación de realidad virtual no inmersiva y el uso de un dispositivo con sensores electromiográficos, la unión de estas tecnologías serán una herramienta de apoyo para el especialista y futuras investigaciones. Además, existirá un adicional aplicando el método de mamdani que infiere el tiempo de recuperación como una variable lingüística.

1.5. Objetivos generales y específicos

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema software de tele-rehabilitación del síndrome del Túnel Carpiano mediante sensores electromiográficos, para el Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOATLAS".

1.5.2. Objetivos Específicos

- Redactar el marco teórico que describa la rehabilitación del síndrome del túnel carpiano, los fundamentos de realidad virtual no inmersiva, dispositivos que receptan señales electromiográficas, el método de Mamdani y la metodología ágil Scrum mediante fuentes bibliográficas.
- Aplicar la metodología SCRUM para el desarrollo del sistema software.
- Desarrollar un sistema software con sensores electromiográficos que verifique el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa de los pacientes del síndrome del túnel carpiano, mediante funciones propias de la pulsera comercial, entornos virtuales en Unity y el método de Mamdani (Lógica difusa).
- Implementar un sistema software de Tele rehabilitación del síndrome del túnel carpiano que realice el seguimiento del proceso de Tele rehabilitación en el Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS.
- Validar el sistema software desarrollado mediante pruebas de usabilidad, valoración de un fisioterapeuta y cuadros comparativos.

1.6. Hipótesis

Si se desarrolla un sistema software de Tele rehabilitación mediante sensores electromiográficos entonces se verificará el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con el síndrome del túnel carpiano en el centro de Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS.

1.7. Variables de la investigación

1.7.1. Variable Independiente

Sistema software con sensores electromiográficos.

Conceptualización de la variable independiente:

Un sistema software con sensores electromiográficos es un sistema informático que detecta las señales de actividades musculares, emitidas por señales eléctricas a la piel.

1.7.2. Variable Dependiente

Tele rehabilitación del paciente con el síndrome del túnel carpiano.

Indicadores:

- Registro de datos del tratamiento
- Datos comparativos entre sesiones
- Entornos de realidad virtual no inmersiva

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1 Introducción del capítulo

En el presente capítulo se mostrarán los conceptos relevantes acerca del Síndrome de Túnel Carpiano, síntomas y causas, además las tecnologías que se van a usar en el desarrollo del presente proyecto. Es importante realizar una investigación previa al desarrollo de cualquier proyecto para garantizar la factibilidad.

2.2 Antecedentes históricos

La rehabilitación mantiene la misma antigüedad que la humanidad, pero no se presenta información escrita que permita verificar lo que ha sido dicha evolución. Sin embargo, se han encontrado huesos con señales de intervenciones quirúrgicas que indican la preocupación del hombre primitivo por remediar las alteraciones físicas. (Ortiz, 2015)

En 1913, los neurólogos franceses Pierre Marie y Charles Foix informaron los descubrimientos realizados en un cadáver que presentaba el aplastamiento del nervio mediano por el canal carpiano en vista de esto, Moresch planteó el nombre de Síndrome de túnel carpiano. (González, 2014)

En el año 1933, por primera vez Learmonth efectuó un tratamiento para liberar el nervio mediano que presentaba compresión mediante cirugía.

En el año 1947, Brain, Wrigth y Wilkinson comunicaron que pacientes con el síndrome del Túnel del Carpo fueron tratados con resultados positivos. Este síndrome no ha sido difundido en los escritos hasta las investigaciones de Phalen en el año 1950. (Rodríguez, 2016)

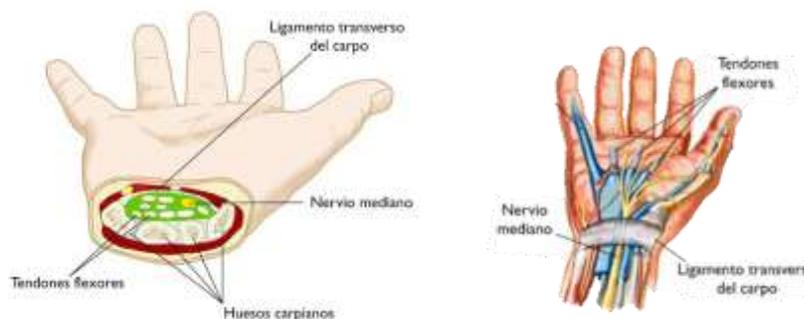
2.3 Túnel carpiano

(American Academy of Orthopaedic Surgeons [AAOS], 2019) define al túnel carpiano como un “conducto estrecho en la muñeca, de aproximadamente una pulgada (2,5 cm) de ancho.”

Dicho conducto tiene poca capacidad para “estirarse” o aumentar su tamaño, debido a que la parte baja del túnel está rodeado por pequeños huesos de la muñeca llamados “huesos carpianos” y la parte superior del túnel es una banda resistente de tejido conectivo llamado “ligamento transverso del carpo” son muy rígidos.

Figura 1

Anatomía del túnel carpiano



Nota. Se muestra la anatomía del túnel carpiano el cual protege al nervio mediano y los tendones flexores. Adaptado de *Síndrome del túnel carpiano (Carpal Tunnel Syndrome)*, por American Academy of Orthopaedic Surgeons [AAOS], 2019.

El nervio mediano es uno de los nervios principales de la mano, formado por un grupo de raíces nerviosas que proceden del cuello, dichas raíces se unen formando un nervio único en el brazo. Dicho nervio recorre el brazo y el antebrazo, pasando a través del túnel carpiano en la muñeca y llegando hasta la mano,

proporcionándole movilidad y sensibilidad a los dedos pulgar, índice, medio y anular.

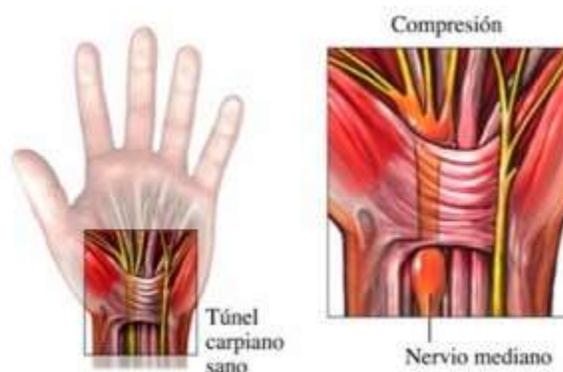
2.4 Síndrome de túnel carpiano (STC)

Según (Trujillo, 2019) el STC “es una afección en la cual existe una presión excesiva en el nervio mediano”.

Dicho nervio es el que controla las sensaciones, impulsos y los músculos encargados de la movilidad de la mano.

Figura 2

Anatomía del síndrome de túnel carpiano



Nota. Comparación entre el túnel carpiano sano y la compresión del mismo. Adaptado de *Síndrome del túnel carpiano*, por Cámara et al. (2018).

El síndrome del túnel carpiano es causado por presión en el nervio mediano cuando dicho nervio pasa por el túnel carpiano como se indica en la *Figura 2*.

2.4.1 Síntomas

(García et al., 2014) mencionan que el STC “es más frecuente en los profesionales y en la mano dominante”, dicho síndrome puede afectar ambas manos, pero especialmente afecta la mano dominante.

Además, Saldaña, (2018) menciona que dicho síndrome también se presenta con una alta incidencia, principalmente en las ocupaciones asociadas a “procesamiento de alimentos, manufactura, tala forestal y construcción, operarios del área de confecciones y cajeros”.

Los síntomas característicos del STC que Benavidez et al. (2018) indica son adormecimiento, parestesias (sensación de hormigueo) en la distribución del nervio mediano, dolor, sensación de hinchazón, debilidad en el agarre y dejar caer las cosas fácilmente.

2.4.2 Causas

- (Saldaña, 2018) redacta diferentes causas de síndrome del túnel del carpo, que puede ser:
- Inflamación de la vaina del tendón flexor por movimientos repetidos de flexión de la muñeca (empaquetamiento, digitadores, instrumentistas musicales)
- Edema por traumatismo u otro tipo (fracturas)
- Compresión del nervio mediano por edema del embarazo o uso de anticonceptivos orales
- Fuerte asociación entre obesidad o sobrepeso y STC
- Artritis reumatoide
- Tuberculosis
- Falla renal y hemodiálisis
- Hipotiroidismo
- Amiloidosis (p.16).

2.4.3 Factores de riesgo

(Smoots, 2015) redacta los factores que pueden incrementar la probabilidad de contraer el Síndrome de Túnel Carpiano:

- Sexo: femenino
- Edad avanzada
- Obesidad
- Consumo excesivo de alcohol
- Tabaquismo
- Actividades con movimientos repetitivos de las manos:
 - Ciertos deportes
 - Coser
 - Tocar instrumentos musicales
 - Mecanografía
 - Tareas de ensamblaje
- Retención de agua por:
 - Insuficiencia cardiaca
 - Problemas renales
- Lesión en las muñecas:
 - Quemaduras
 - Huesos rotos
 - Lesiones por presión o aplastamiento
- Artritis
- Diabetes
- Enfermedad de Raynaud, que deteriora el flujo sanguíneo de las manos
- Afecciones relacionadas con las hormonas:

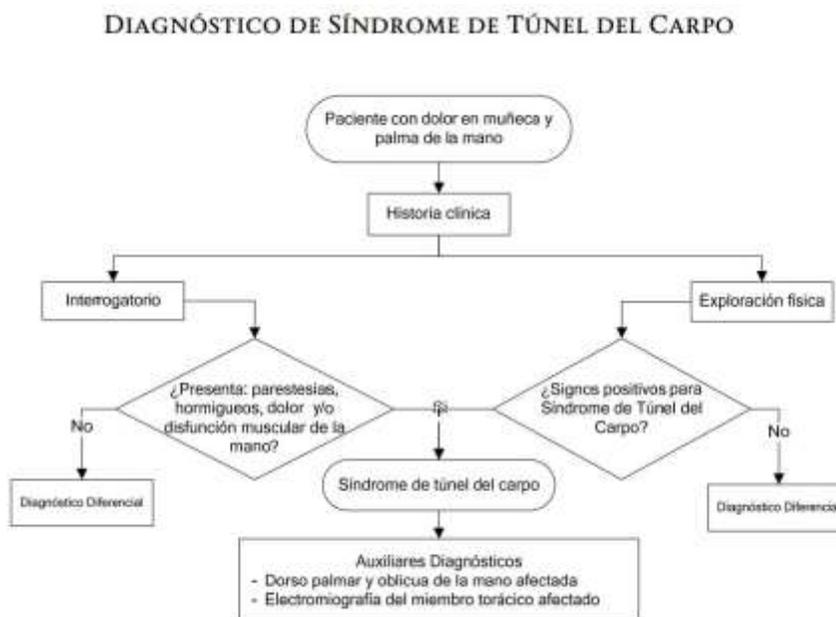
- En el embarazo
- Lactancia
- Menopausia
- Hipotiroidismo
- Exceso de crecimiento hormonal
- Medicamentos:
 - Anticonceptivos por vía oral
 - Píldoras o inyecciones de cortisona

2.4.4 Diagnóstico

Trujillo, (2019) expresa que la muñeca se “examina para detectar dolor, inflamación, calor, decoloración, la sensibilidad y fuerza de cada dedo, así como también los signos de atrofia de los músculos en la base de la mano “.

Figura 3

Diagrama de flujo del diagnóstico del STC



Nota. Flujo a seguir para realizar el diagnóstico de STC. Adaptado de *Diagnóstico y Tratamiento del Síndrome de Túnel del Carpo En Primer Nivel de Atención*. Por Instituto Mexicano del Seguro Social, 2016.

En la **Figura 3**, se muestra el proceso a seguir para el diagnóstico de personas que puedan tener síndrome del túnel carpiano, a continuación, se detalla las maneras de diagnóstico y su proceso:

- Interrogatorio: Se debe obtener información acerca de los síntomas que presenta el paciente con mayor frecuencia, se debe saber la duración, características, localización e irradiación, tratamientos previos, estilo de vida y actividad que realiza.
- Exploración física: (Fóres, Mórato, Vilarrasa, & Millán, 2018) señalan que se realiza “un sondeo de la sensibilidad y fuerza de los dedos como de la mano, mediante pruebas” como son:

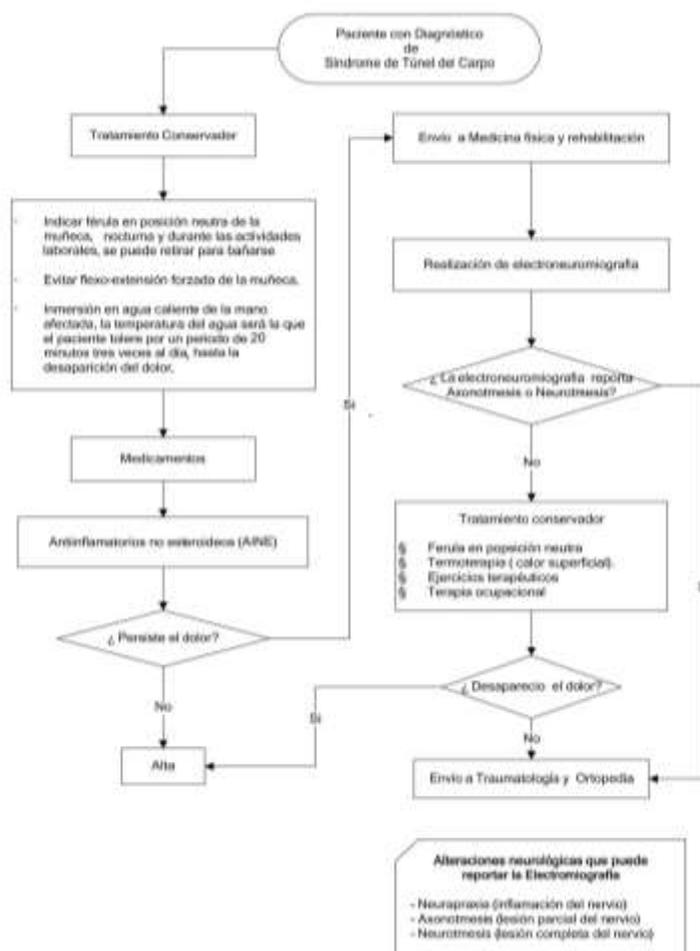
- **Prueba de Tinel:** consiste en que el médico golpea o presiona sobre el nervio mediano en la muñeca de la persona, si se produce hormigueo en los dedos o una sensación parecida a un shock, la prueba es positiva.
- **Prueba Phalen:** consiste en mantener la muñeca en flexión forzada durante 1 minuto, si siente hormigueo en la zona de la palma de la mano y en los dedos o reproducen las molestias en la punta de los dedos, la prueba es positiva.
- Auxiliares diagnósticos: Se realiza exámenes adicionales para la decisión terapéutica.

2.4.5 Tratamiento del síndrome de túnel carpiano

A continuación, se muestra el flujo que se aplica para determinar el tratamiento que debe ser aplicado al paciente.

Figura 4

Diagrama de flujo del tratamiento de STC



Nota. Flujo a seguir para determinar el tratamiento de STC. Adaptado de *Diagnóstico y Tratamiento del Síndrome de Túnel del Carpo En Primer Nivel de Atención*. Por Instituto Mexicano del Seguro Social, 2016.

En la Figura 4, se muestra el proceso para decidir el tratamiento correcto que se usará en las personas con el síndrome de túnel carpiano, a continuación, se detalla:

Tratamiento con medicamento

En este tipo de tratamiento se recomienda el uso de antiinflamatorios para la presencia de dolor.

Tratamiento no farmacológico o conservador

(Fuel, 2017) menciona que el tratamiento conservador en primer nivel de atención radica en inmovilizar en posición neutra de muñeca por un tiempo determinado, existe estudios donde los pacientes observan recuperación con este tipo de tratamiento. Otro de los tratamientos más usados es la termoterapia: sumergir la mano afectada en agua caliente 3 veces al día durante 20 minutos hasta reducir el dolor (p.21).

Según Instituto Mexicano del Seguro Social, (2016) los pacientes de acuerdo al problema que le diagnostique el médico se los puede referir a diversas áreas como pueden ser:

Fisioterapia

En esta área se remiten a los pacientes que presentan el Síndrome del túnel del carpo con dolor persistente.

Ortopedia

Se remite a personas que obtengan el reporte electrofisiológico con referencia pre operatoria.

Reumatología

Se remite a las personas que fueron diagnosticadas con algún padecimiento reumático. (p.16)

Si los síntomas de STC persisten se procede a recomendar una cirugía en la cual se pueda liberar la presión sobre el nervio mediano.

2.5 Grado de rigidez del síndrome del túnel carpiano

Brisebois et al. (2017) plantea “tres etapas de rigidez o severidad del STC”, la etapa I se identifica por entumecimiento, dolor y hormigueo que se produce principalmente durante la noche y se puede aliviar agitando la mano y en la mañana se caracteriza por inflexibilidad de las manos afectadas. Además, existe la etapa II en la cual los síntomas asimismo ocurren durante el día, con posiciones prolongadas o movimientos repetitivos de la mano. La debilidad frecuentemente se desarrolla, y se hace habitual dejar caer las cosas. Finalmente, la etapa III es la más severa y se caracteriza por atrofia o debilitamiento definitivo de los músculos estimulados por el nervio mediano. Debido a una lesión inflexible del nervio, el hormigueo ya no puede estar presente.

2.6 Fisioterapia para el síndrome del túnel carpiano

En la Fisioterapia, se encuentra en los varios enfoques de tratamiento, de manera aislado en combinación, como parte del tratamiento conservado del STC leve o moderado.

(MedLink, 2020) considera que “los ejercicios de estiramiento y fortalecimiento pueden ser útiles en las personas cuyos síntomas han disminuido o terminado”. Dichos ejercicios pueden ser controlados por un fisioterapeuta, quien está apto para emplear ejercicios que traten los impedimentos físicos, o un terapeuta ocupacional, quien está capacitado para evaluar a las personas con impedimentos físicos y ayudar a crear destrezas para garantizar la mejora de su salud y bienestar.

(Benavidez, López, & Escobar, 2018) plantean que “si no se realizan de una manera adecuada pueden tener el efecto contrario y empeorar los síntomas del paciente”.

2.7 Ejercicios fisioterapéuticos en la rehabilitación del STC

Existe una gran variedad de movimientos para la rehabilitación del STC, (Garcia, Diaz Silva, & Rostan Reis) afirma que “la asignación de rutinas con ejercicios de estiramiento enviados por el fisioterapeuta ayuda a reducir el dolor progresivamente y dar movilidad a la muñeca”.

Se seleccionaron cuatro movimientos recomendados por el fisioterapeuta para incluir el mayor número de pacientes con dicho síndrome (Drugs, 2020)

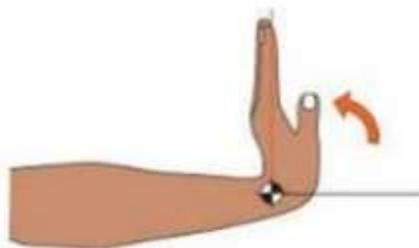
En el proceso se excluyó los movimientos que usen objetos externos como pelotas y bandas, que impidan la concentración del paciente.

Como resultado de este análisis se seleccionaron los siguientes 4 estiramientos:

- **Movimiento de extensión:** Se sube la mano lentamente manteniendo la posición y regresando a la posición inicial.

Figura 5

Movimiento de extensión

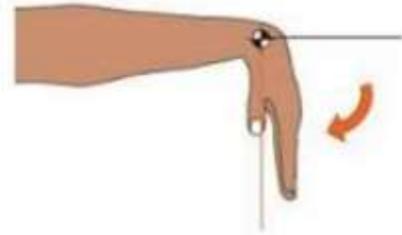


Nota. Movimiento de extensión de la mano. Por (Tovar, 2019).

- **Movimiento de flexión:** se moviliza la mano hacia abajo lentamente y regresándola a la posición inicial.

Figura 6

Movimiento de flexión



Nota. Movimiento de flexión. Por (Tovar, 2019).

- **Movimiento de abducción falángica:** abrir la mano y separar los dedos lo que más pueda y regresar a la posición inicial.

Figura 7

Movimiento de abducción falángica



Nota. Movimiento de abducción falángica. Por (Tovar, 2019).

- **Movimiento de flexión metacarpo falángico:** En este movimiento es necesario cerrar lentamente la mano, formando el “puño” y regresar a la posición inicial.

Figura 8

Movimiento de flexión metacarpo falángico



Nota. Movimiento de flexión metacarpo falángico. Por Tovar, (2019).

(Martins & Siqueira, 2017) recomiendan una cantidad de repeticiones y la duración por movimiento, como se muestra en la **Tabla 1**:

Tabla 1

Rutina para el Síndrome de Túnel Carpiano

Movimientos	Repetición	Duración / Repetición
Movimiento de extensión	6	3 seg
Movimiento de flexión	6	3 Seg
Movimiento de abducción falángica	5	3 Seg
Movimiento de flexión metacarpo falángico	5	3 Seg

En la **Tabla 1**

Rutina para el Síndrome de Túnel Carpiano, se muestra la cantidad de repeticiones necesarias de cada ejercicio para una rutina básica del síndrome de túnel carpiano, para un mejoramiento del dolor.

2.8 Escalas de valoración del dolor

(Tovar, 2019) afirma que “son las técnicas más usadas que permiten medir la intensidad del dolor según la percepción del paciente, dando la posibilidad de cuantificar dicha percepción”.

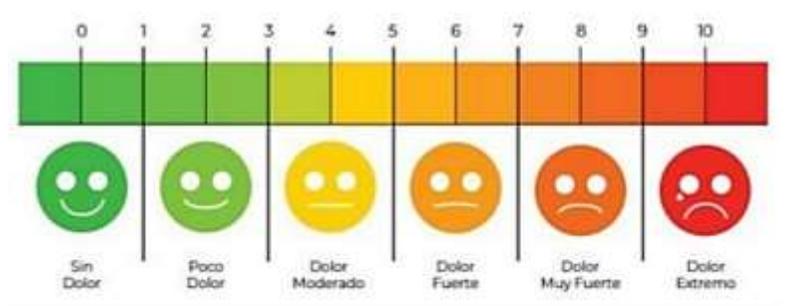
2.8.1 EVA (Escala Visual Analógica)

Según (Guevara, Covarrubias, Delille, & Hernandez, 2021) describe que “EVA es un instrumento validado para la estimación del dolor.”

Dicho instrumento consta de una línea horizontal de 10 centímetros, en la cual se pide al paciente que marque o que indique el número que representa la intensidad de su dolor, iniciando con 0 el cual representa la ausencia de dolor y el 10 representa la mayor intensidad de dolor.

Figura 9

Escala Visual Analógica



Nota. Escala visual analógica. *Por* Andrea Jacqueline Navarro Rocha, 2021.

2.9 Rehabilitación

(Urbano, 2015) afirma que “la rehabilitación es un proceso en el cual se ponen en uso un conjunto de técnicas y tratamientos con el fin de recuperar y/o mejorar la funcionalidad de una estructura alterada con el fin de reponer su estado habitual”. Una vez que se ha sufrido una lesión, ya sea de partes blandas: esguinces de ligamentos,

roturas musculares, tendinitis por sobreesfuerzo o de partes duras: fracturas, fisuras, es obligatorio empezar un proceso de rehabilitación que dependerá, en la mayoría de casos, de la gravedad de la lesión y de si existe la necesidad de recomendar una cirugía.

2.10 Tele-rehabilitación

La tele-medicina (TM) es el uso de las telecomunicaciones para acercar los servicios de salud a los pacientes cuando hay una distancia física entre el profesional y el paciente. La tele-rehabilitación (TR) se basa en el uso de TM en los servicios de rehabilitación.

La tele-rehabilitación según (Urbano, 2015) utiliza “diferentes tipos de tecnologías de telecomunicaciones, incluidos videos, sitios web y programas de computadora para guiar al paciente en el tipo de rehabilitación requerida”. El dispositivo, que el paciente puede usar en casa, también puede ser dotado por el hospital o el médico. Pretende que el médico establezca una serie de objetivos para el paciente, incluidos movimientos físicos, ejercicios físicos o ejercicios mentales, utilizando una variedad de dispositivos, programas y aplicaciones informáticas para guiarlo.

(Barrios et al., 2019) afirma que “la tele-rehabilitación puede dividirse en tres categorías principales: basada en imágenes, basada en sensores y la basada en tecnologías virtuales”.

Se requerirá por parte del paciente tener acceso a internet y a un dispositivo con el que se pueda conectar para realizar la tele-rehabilitación.

2.10.1 Ventajas de la Tele-Rehabilitación

(Vitia, 2017) menciona las ventajas de la tele rehabilitación como: administrar las rutinas de distintos pacientes al mismo tiempo, el paciente podrá realizar los ejercicios

en sus tiempos libres, permitiéndolo que trabaje desde su propia casa y de esta manera reduciendo los costos de movilidad.

2.11 Rehabilitación con realidad virtual

El uso de tecnología de realidad virtual en las áreas de rehabilitación y terapia continúa van creciendo, y se reportan resultados alentadores para aplicaciones que abordan el funcionamiento físico, cognitivo y psicológico humano.

La realidad virtual (VR) se muestra prometedora en la aplicación de la atención médica y porque presenta a los pacientes un enfoque inmersivo, a menudo entretenido, para lograr el objetivo de mejorar el rendimiento. (Ross, Nam, & Chen, 2018)

La realidad virtual (VR) proporciona un medio único adecuado para el logro de varios requisitos para una intervención de rehabilitación eficaz. Específicamente, la terapia se puede proporcionar dentro de un contexto funcional, con propósito y motivador. Muchas aplicaciones de realidad virtual presentan oportunidades para que las personas participen en experiencias, que son atractivas y gratificantes. Además del valor de la experiencia de rehabilitación para el usuario, tanto los terapeutas como los usuarios se benefician de la capacidad de calificar y documentar fácilmente la intervención terapéutica utilizando varios sistemas.

2.12 Realidad virtual en el tratamiento del dolor

En la Universidad de Jordán, según (Muyyad & Eslam, 2018), describe que se realizó un seguimiento a los pacientes con cáncer de seno usando la realidad virtual y obteniendo resultados positivos.

(Miró, Nieto, & Huguet, 2017) menciona que “se pudo reducir el dolor, gracias a la termoterapia y realidad virtual”.

2.13 Rehabilitación virtual

La rehabilitación virtual es el uso de las tecnologías nuevas basadas en simulación de ejercicios mediante herramientas de realidad virtual, en el que los pacientes pueden realizar ejercicios de fisioterapias enviados por su especialista y así ser monitoreado remotamente para evaluar su avance. (Euskadi, 2017)

2.13.1 Principios claves

Cien, (2014) describe como principios claves a la “Es necesario seguir una serie de patrones que permitirán mejorar la funcionalidad de la parte en rehabilitación, pero a la vez no debe tener la percepción de seguir dicho patrón, otro principio es la retroalimentación sensorial que le indique si realiza correctamente el ejercicio y la motivación es otro punto clave”.

2.13.2 Ventajas de la rehabilitación virtual

- **Motivación:** El paciente no debe mantener la sensación de que está siguiendo un patrón para mejorar la funcionalidad de la mano, él debe estar inmerso en el juego.
- **Constancia en el tratamiento:** el paciente al no tener la percepción de realizar los ejercicios tradicionales y pensar en el juego, va recuperando la funcionalidad de la parte lesionada de una manera entretenida y divertida.
- **Seguimiento de los ejercicios.** Se puede controlar y evaluar la cantidad de movimientos de forma numérica.

2.14 Sistema Software

Según (García Peñalvo, 2018) señala que:

Sistema software es el establecimiento y uso de principios sólidos de ingeniería, orientados a obtener software económico que sea fiable y trabaje de manera eficiente en máquinas reales.

2.15 Señales electromiográficas (EMG)

(Ruiz Rubio, 2020) señala que “son señales eléctricas producidas por un músculo durante el proceso de contracción y relajación”. Electromiografía es llamado al proceso de obtención, procesamiento y análisis de señales electromiográficas (EMG).

Dichas señales pueden ser generadas de manera voluntaria por las personas y se requiere un número reducido de sensores y de canales para adquirirlas, representan una excelente opción para sistemas que admitan la comunicación entre el usuario y el computador.

2.16 Sensor comercial electromiográfico

2.16.1 *Brazalete Gforce-Pro EMG Armband*

Según la página oficial (OYMOTION TECHNOLOGIES CO. LTD, 2016) menciona que “GForce PRO se utiliza para identificar gestos principalmente a través de señales EMG”. El sensor de gestos Gforce PRO puede identificar ocho gestos diferentes.

El brazalete es electro-táctil ya que emite estímulos táctiles, generados por una mínima transmisión de electricidad por medio de la piel.

Figura 10*Brazalete Gforce-Pro EMG Armband*

Nota. Estructura del Brazalete Gforce-Pro. Adaptado de. Sensor bioeléctrico. Por (OYMOTION TECHNOLOGIES CO. LTD,2016.

Funcionamiento

El Gforce-Pro EMG Armband permite controlar software o hardware inalámbricamente por medio de Bluetooth. Este dispositivo utiliza sensores de electromiografía de acero inoxidable para detectar cualquier actividad eléctrica que esté ocurriendo en el antebrazo del usuario.

Los sensores están acompañados por una unidad de medición inercial de nueve ejes constituida por un giroscopio que mantiene la orientación, un acelerómetro mide la aceleración del objeto y un magnetómetro es capaz de medir la fuerza de la señal recibida.

Especificaciones técnicas

El Gforce-Pro EMG Armband soporta antebrazos con una circunferencia de entre 65 a 90 milímetros. El brazalete pesa 80 gramos y tiene 10 milímetros de ancho y 40 milímetros de alto.

Software SDK / API:

- Compatible con Windows 7,8,10 y superior
- Compatible con Android 4.0 y superior
- Compatible con el desarrollo Unity3d
- Compatible con Arduino

Gestos y movimientos

Detectar el movimiento en el espacio, aceleración, orientación y giros.

Gestos predefinidos

Los gestos que proporcionan la pulsera son los siguientes movimientos:

Tabla 2

Gestos predefinidos del brazalete Gforce

<p>Gesto: Puño</p> 	<p>Gesto: Abrir la mano</p> 	<p>Gesto: Flexión</p> 
<p>Gesto: Extensión</p> 	<p>Gesto: Pellizco</p> 	<p>Gesto: Disparo</p> 

Estos gestos son detectados mediante las señales electromiográficas las cuales facilitan la detección de un gesto realizado correctamente.

2.17 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es el estudio de elementos que poseen un comportamiento inteligente. Desde el punto informático es construir sistemas y máquinas que presenten un comportamiento similar o muy parecido al de un humano. Según (Romero, Dafonte, Gomez, & Penousal, 2007) menciona que: “La inteligencia artificial es interdisciplinar, y en esta entran disciplinas tan variadas como la Neurociencia, la Psicología, las Tecnologías de la Información, la Ciencia Cognitiva, la Física y las Matemáticas.”

Finalmente, la inteligencia artificial es la combinación de algoritmos planteados para representar diferentes capacidades y actividades del ser humano, así creando máquinas que ayuden a la sociedad.

2.17.1 Lógica difusa

La Lógica difusa es emular el procedimiento de razonamiento humano por mecanismo de inferencia sistemas basados en el conocimiento y la experiencia. La teoría de la Lógica difusa suministra una plataforma matemática que modela la incertidumbre del proceso cognitivo humano, de manera que sea abordable por un computador. (Ricard, 2018)

Se la conoce también como lógica borrosa, imita el comportamiento humano en la toma de decisiones mediante reglas pre-establecidas.

El proceso de Lógica Difusa y el esquema de modelado que permite operar las reglas pre-establecidas sobre conjuntos difusos, se resume de la siguiente manera:

- Fuzzyficación: Asocia a un conjunto difuso un valor numérico, a partir de la función de pertenencia asigna un término lingüístico. Este proceso parte del conocimiento humano para establecer reglas o normas y después ser implementado vía software. Se lo conoce también como “borrificación”.

- Base de conocimiento (Reglas Difusas): Son proposiciones que incorporan variables lingüísticas que permiten cambiar los conjuntos difusos. Se emplea reglas de SI<condición> ENTONCES <conclusión>.
- Motor de inferencia: Es la interpretación de las reglas de tipo SI-ENTONCES para obtener las conclusiones. Los sistemas de inferencia difusa más usados son los llamados métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK).
- Defuzzificación: Asocia un valor numérico a un conjunto difuso que permite evaluar el valor de salida de los modelos difusos. Un sistema de inferencia difusa consigue una conclusión partiendo de la información de entrada, que se expresa en términos difusos. La conclusión se representa por un dato de salida correspondiente a un número real.

2.17.2 Inferencia de Mamdani

Ebrahim Mamdani en el año de 1975 propuso este método, el cual se lo realiza en 4 pasos:

1. Fuzzificación de las variables de entrada.
2. Evaluación de las reglas.
3. Agregación de las salidas de las reglas.
4. Defuzzificación.

Dicho método utiliza las reglas difusas “SI-ENTONCES” (IF-THEN).

Manipulando los datos de la fuzzificación, para aplicar a los antecedentes de las reglas difusas. Se obtiene un resultado numérico utilizando los operadores AND u OR, si una regla tiene múltiples antecedentes. Para saber como se obtiene el resultado usualmente se lista todas las reglas difusas. (Diciembre, 2017)

En este método de Mamdani se lista las reglas difusas, para tener clara la condición y la conclusión. Se emplea la T-Conorma (máximo) para la disyunción (OR) y

T-Norma (mínimo) para el operador AND. El resultado es representado a partir de la evaluación llamada clipping (recorte) que corta la condición con el valor de verdad de la conclusión. Finalmente, usa la agregación para unir las salidas de todas las reglas.

2.18 Realidad virtual

Según (Escartín, 2015) menciona que “la Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente”

Es un entorno de escenas u objetos, que crea en el usuario una sensación de estar inmerso en el propio entorno. Para disfrutar de dicho entorno se necesitan unos dispositivos externos conocidos como gafas de realidad virtual para que el entorno tenga mayor realismo. A continuación se detalla los tipos de realidad virtual.

2.18.1 Realidad virtual no inmersiva

(GrupoAudiovisual, 2019) menciona que “también es conocida como ventana al mundo, o realidad virtual de ventana, es la simulación que se experimenta a través de la pantalla de un ordenador y no de gafas especializadas”.

Frecuentemente se utiliza sistemas de grado inferior para un sonido envolvente, auriculares o joysticks que permiten estimular los sentidos.

(Luengas, Rincón, & Galeano, 2010) afirma que “este enfoque no inmersivo es más barato y tiene probadamente mayor facilidad y rapidez de aceptación en los usuarios”.

La RV no inmersiva, da al usuario un ambiente en el cual puede interactuar en tiempo real, ya sea con un programa, con una persona que se encuentra en otro sitio o con un personaje ficticio que da órdenes y/o comparte con él, utiliza como único medio

el ordenador. En este caso la interacción se limita al manejo de objetos básicos como el teclado y el mouse.

Generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares, por ejemplo el teclado y el ratón, que a través de cascos pesados o guantes.

2.18.2 Realidad virtual inmersiva

La RV Inmersiva utiliza un sistema de gafas de realidad virtual o HMD, (GrupoAudiovisual, 2019) afirma que “puede requerir de un poderoso ordenador capaz de detectar sonidos, la mirada, y otros movimientos sutiles para plasmar la simulación”. De esta manera, se ajusta a la experiencia del usuario separandolo del mundo real, introduciendolo en uno totalmente virtual.

La RV Inmersiva, puede ser creada mediante unas fotografías en 360 grados, como también desde complejas escenas renderizadas en animación 3D.

2.19 Herramienta para la Realidad Virtual No Inmersiva

2.19.1 Unity 3D

(Cobo, 2017) afirma que “es una plataforma de desarrollo que permite crear aplicaciones o juegos para Windows, Android, PlayStation 4, WebGL o Switch, entre muchos”. Además, este software tiene una versión gratuita y una versión Pro de pago, que incorpora funcionalidades que la versión gratuita no posee.

Ventajas de usar Unity 3D

- **Optima curva de aprendizaje** El editor de Unity tiene un gran potencial, ya que mientras el desarrollador más lo usa, se familiariza más y obtiene más habilidad para realizar ajustes o nuevos niveles en su videojuego.

- **Entornos de calidad** Los gráficos tanto de 2D como en 3D presentan una calidad bastante alta y adecuada a las exigencias que tiene el público en la actualidad.
- **Intuitivo** La mayoría de acciones se basan en arrastrar y soltar, lo que provoca que el desarrollador se sienta más cómodo a la hora de ajustar y personalizar aquellas partes del juego que lo requieran.
- **Asset-Store**
La tienda online para videojuegos que tiene Unity es la más completa que existe en la actualidad, presenta una gran cantidad de objetos, elementos y herramientas, assets comerciales y gratuitos creados por Unity Technologies y miembros de la comunidad que facilitan la tarea a los desarrolladores a la hora de crear los videojuegos.
- **Multiplataforma**
Unity permite el desarrollo para plataformas como Mac, Windows, iOS (iPhone e iPad), Xbox 360, PS3, Wii, Android, e incluso para el navegador web.
- **Servicios Unity**
Unity ofrece servicios que complementan muy bien el desarrollo y la gestión del videojuego como almacenar el videojuego en la nube, grabar y compartir archivos audiovisuales por parte de los jugadores como también admite ver la información de los jugadores asimismo permite insertar publicidad en los videojuegos.

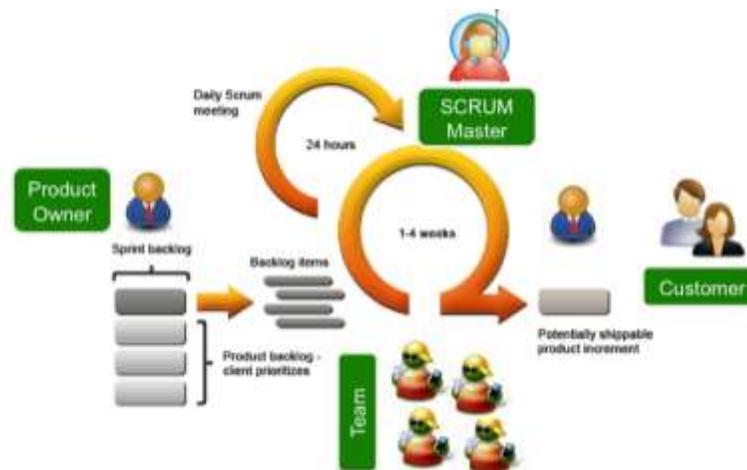
2.20 Metodología ágil scrum

Rodríguez & Dorado, (2015) describe que “Scrum es una de las metodologías de desarrollo ágil de Software más reconocidas a nivel mundial, en el cual se resalta el trabajo en equipo a la hora de desarrollar los productos, así como la independencia que estos deben tener”.

Los fundadores de Scrum formalizaron el marco de trabajo y reglas aplicadas particularmente al desarrollo de software de productos complejos con las cuales se puede realizar entregas rápidas y adaptarse a los constantes cambios del cliente como también permiten manejar la documentación necesaria sin extenderse y apuntar a la satisfacción del usuario.

Figura 11

Ciclo de la metodología ágil Scrum



Nota. Participantes en la metodología ágil Scrum. Adaptado de: Metodologías ágiles.

Por Santimac, 2015.

Scrum está formado por:

- Roles:
 - **Equipo scrum (Scrum Team).** Es un equipo pequeño de 5-9 personas que son multifuncionales y autoorganizados es decir que tienen las competencias necesarias para lograr su objetivo, como también ellos deciden la manera de realizar su trabajo.
 - **Dueño del producto (Product Owner).** Es la persona que tiene conocimiento acerca del flujo de trabajo del negocio y lo que se espera

del producto, es el que se encarga de tomar los requerimientos del cliente y ordenarlos por prioridad, creando el producto backlog.

- **Scrum Master.** Es el encargado de asegurar que el marco de trabajo sea entendido y adaptado, además se encargará de quitar los impedimentos que imposibilite la continuidad del proyecto.
- Elementos:
 - **Product Backlog.** Es la lista de requerimientos del cliente de forma priorizada.
 - **Sprint Backlog.** Es la lista de tareas que se realizarán en un Sprint. Dichas tareas son gestionadas mediante un ScrumBoard, hojas de cálculo, pizarras o herramientas colaborativas.
 - **Incremento.** Es el conjunto de requisitos que se han desarrollado en un Sprint, dichos requisitos están completos y totalmente funcionales.
- Fases de un proyecto en Scrum
 - **Preparación del proyecto.** En esta fase se define el propósito del proyecto, en el cual se da a conocer las necesidades del producto y del cliente., además se define la palabra de “terminado”, es el indicador que demuestra que una tarea está completa.

En esta fase también se declara el product backlog inicial con los requerimientos priorizados.
 - **Planificar un Sprint Backlog.** Esta fase tiene como objetivo realizar una reunión con el producto Owner, el Scrum master y el equipo de desarrollo, que permita seleccionar de la lista del Product Backlog, las funcionalidades prioritarias sobre las que van a trabajar.

En esta fase también se realiza la estimación del tiempo que tardara las tareas del sprint mediante la técnica de planning poker y se mantiene

actualizado el Sprint mediante los diagramas de Burndown para saber el tiempo y tareas restantes.

- **Desarrollo del Sprint Backlog**

En esta sección Trigas, (2018) se describe el desarrollo del Sprint Backlog como:

Reunión de planificación del sprint. Es la reunión en la cual se define las tareas que se tienen que realizar y cuáles son sus objetivos, el equipo tomará sus propias decisiones ya que son auto organizados y multifuncionales.

Reunión Scrum diario. En esta reunión el equipo comparte información relacionada al sprint actual, colaborando para mejorar la productividad de todo el equipo y mejorar los resultados, se menciona que tareas hizo cada integrante y cuáles son sus dificultades. Esta reunión tiene una duración de 15 minutos máximo y contestarán 3 preguntas claves ¿Qué se ha hecho de nuevo respecto a la última reunión diaria?, ¿Qué sea lo siguiente a realizar?, ¿Qué problemas hay para realizarlos?

Reunión de revisión del sprint. En esta reunión el equipo de desarrollo presenta el producto entregable que han implementado, los encargados en la revisión incluido el product owner analiza y verifica el producto. La reunión tiene una duración de 4 horas y se entrega un producto funcional.

Reunión de retrospectiva del sprint. En esta reunión, el equipo indicará los temas relevantes acerca las cosas que se podrían mejorar para el próximo sprint, dichos temas estarán basados en el último entregable. Esta reunión durará 3 horas.

Las fases anteriormente mencionadas son repetidas hasta terminar todas las tareas que se encuentran en el producto backlog.

2.20.1 Ventajas de Scrum

- **Satisfacción del cliente:** Las metodologías ágiles permiten al cliente formar parte del equipo de trabajo y comprometerlo con el resultado final.
- **Simplicidad:** Los eventos de Scrum indican claramente las funciones de cada integrante como: quienes participan, su objetivo, el tiempo que debe tomar y cuál es el resultado esperado. Lo cual facilita a los miembros del equipo la adopción de la metodología.
- **Inspección:** Permite al equipo fortalecer la metodología y detectar en cada equipo y en cada proceso, qué debe ser mejorado a tiempo.
- **Adaptación:** El cambio puede ser efectuado en cualquier momento, incluso dentro del desarrollo de la ejecución de las diferentes iteraciones o Sprint siempre y cuando no afecte la entrega estipulada.
- **Trabajo en equipo:** Cada miembro es una parte esencial en el desarrollo del proyecto, y la colaboración para solucionar cualquier obstáculo relacionado al proyecto.
- **Mayor calidad del software:** En cada iteración se realiza pruebas individuales que generan un software de calidad.
- **Mayor productividad:** Gracias a la motivación del equipo, pueden organizarse con cada una de las actividades establecidas de forma autónoma.
- **Disminución de riesgos:** El hecho de conocer el avance del equipo en el desarrollo de cada iteración y tener funcionalidades priorizadas, permite prevenir riesgos a tiempo.

2.21 Herramientas de desarrollo de un sistema web

Python.

Se ha convertido en unos de los lenguajes de programación más utilizados en el mundo, además, existe muchos documentos, tutoriales, ejemplos de código, foros, etc.

En términos de tiempo de respuesta, flexible y portable, Python funciona muy bien y es realmente eficiente. Debido a que es un lenguaje interpretado, su sintaxis es simple, clara y sencilla; la gran cantidad de librerías disponibles y la potencia del lenguaje, hacen que el desarrollo de la aplicación sea sencilla y muy rápida.

Django.

, existe una gran comunidad de apoyo activa y documentación gratuita, este framework es necesario en el proyecto porque cuenta con un administrador activo por defecto el cual ayuda a mostrar modelos de la base de datos permitiendo crear, editar, ver y eliminar registros. Tiene un control de permiso que ayuda a determinar que usuarios pueden modificar a información de los registros de un modelo específico.

MariaDB.

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto, cuyo principal objetivo es ser rápido, robusto y muy fácil de usar. Una base de datos es una colección estructurada de datos y la información almacenada en la base de datos puede ser tan simple como una agenda o tan grande como la información de una empresa. Es relacional porque almacena datos en tablas separadas, que están vinculadas por una relación que combina datos de varias tablas, mejorando así la velocidad y flexibilidad de las consultas.

Servidor Apache

Es un proyecto de Apache Software Foundation de código abierto, su propósito es proporcionar un servidor web seguro, eficiente y escalable que proporcione servicios

HTTP sincronizados con el estándar HTTP actual. El servidor apache maneja las aplicaciones del lado del servidor estableciendo una conexión bidireccional y / o unidireccional con el cliente y generando una respuesta en cualquier idioma o aplicación del cliente. El código recibido por el cliente generalmente es compilado y ejecutado por un navegador web.

CAPÍTULO III

3. Desarrollo

3.1 Introducción al capítulo

En el presente capítulo se detallará el diseño y desarrollo del sistema propuesto en base a la metodología ágil Scrum, siendo un esquema de trabajo flexible e iterativo al constante cambio, que cubre las necesidades del usuario en cuanto a tiempos de entrega y características del producto.

Se integró el dispositivo electromiográfico, los movimientos fisioterapéuticos y las plataformas necesarias para el desarrollo e implementación del sistema de tele-rehabilitación que registre el movimiento de la mano para así asegurar un correcto movimiento y número de repeticiones, además es preciso considerar un sistema de seguimiento que brinde al profesional la manera de asignar las rutinas de rehabilitación (ejercicios fisioterapéuticos) mediante 3 juegos virtuales, como también para almacenar diferentes parámetros que le ayudarán a tener un registro del avance de cada paciente una vez finalizada la rutina.

Para el desarrollo del sistema de tele rehabilitación, se utilizó Unity, debido a que es una de las mejores plataformas para el desarrollo, ya que ofrece una gran documentación, soporte para desarrolladores, fácil de usar y es compatible con el dispositivo Armband Gforce pro, garantizando un mejor entorno.

Para el desarrollo del sistema de seguimiento se utilizó el lenguaje de programación Python porque su lenguaje es interpretado y su sintaxis es simple, clara y fácil de entender, como Framework se manejó Django por estar centrado en el desarrollo rápido de aplicaciones web, finalmente como gestor de base de datos se

incorporó a MARIADB, dichas tecnologías fueron elegidas por su amplia documentación y tutoriales.

3.2 Selección de la metodología de desarrollo

Actualmente, existen varias metodologías para cada tipo de proyecto a desarrollar. Cuando se habla de metodologías, existen metodologías tradicionales, que tienen atención especial al control de procesos, estableciendo de cierta manera tareas estrictas involucradas en el desarrollo. (Solís & Cabrera, 2016)

También existen las metodologías ágiles, que se enfocan especialmente para satisfacer las necesidades del cliente a través de resultados evidentes en poco tiempo, adaptarse a los cambios en el proceso de desarrollo, el equipo de trabajo es muy valioso y el cliente es un miembro más, que se integra y colabora con el equipo para hacer un software de alta calidad con poca documentación. (Solís & Cabrera, 2016)

Teniendo en cuenta, que en la mayoría de los proyectos la característica principal es la incertidumbre del resultado, la metodología más adecuada para mitigar este problema es Scrum, es la razón por la que se utilizará para el desarrollo de este proyecto, ya que proporcionará adaptabilidad y flexibilidad al cambio de los requisitos de la aplicación que utilizará tecnologías mencionada anteriormente, de la misma forma, se puede lograr una entrega continua de valor, para que los resultados se vean en un cierto período de tiempo, lo cual ayudará al desarrollo del sistema de seguimiento y tele-rehabilitación tengan un alto rendimiento y calidad, lograr cubrir todas las expectativas y necesidades del especialista.

A nivel de aplicabilidad, es apta para este proyecto ya que la metodología ágil trabaja con iteraciones cortas, centrada en el trabajo en equipo y la colaboración continua, es ligera, otro de los aspectos fundamentales es que accede a realizar cambios en los requerimientos funcionales a lo largo del desarrollo. La capacidad ágil

de Scrum es adecuada para proyectos pequeños, estos proyectos tienen alta complejidad y alto riesgo de desarrollo, con un equipo de desarrollo pequeño y un alto grado de interacción con el cliente, usuarios finales y miembros del equipo, ya que fomenta la autoorganización. En cuanto al proceso Scrum, se enfoca principalmente en la gestión de proyectos, involucrando la definición de requisitos, modelos, testing y control de calidad para brindar a los usuarios productos de software de alta calidad.

3.3 Desarrollo del entorno virtual

Posteriormente de un análisis y estudio de campo de los diferentes movimientos fisioterapéuticos de rehabilitación en pacientes con STC, en las diferentes sesiones de rehabilitación asistidas, además del asesoramiento del profesional fisioterapeuta sobre los ejercicios adicionales enviados a casa, se estableció los movimientos que pueden ser compatibles con el dispositivo Armband Gforce Pro.

Para el desarrollo del entorno virtual se incluirá los ejercicios mencionados en juegos virtuales en los cuales el paciente se sienta en un ambiente relajado y atractivo, en el cual se distraiga y no se centre en el dolor que siente en ese momento. Se pretende que el paciente tenga autonomía a la hora de realizar los ejercicios adicionales enviados a casa en un entorno amigable, saludable, cómodo y dinámico, el cual le motive o incentive mediante juegos recreacionales, actividades dinámicas y fáciles de superar. Así mismo, debe realizarse una evaluación de parte del paciente al final de cada sesión respecto a su sentir al finalizar su ejecución.

No se encuentra información que afirme o mencione un entorno virtual específico en donde el paciente se sienta cómodo para realizar los ejercicios, lo que mencionan algunos autores es que es necesario que sea un entorno atractivo e interactivo que atrape a atención del paciente para que se olvide del dolor y se centre en el juego.

3.3.1 Hardware necesario para el sistema de tele rehabilitación

El sistema se compone por un brazalete electromiográfico Armband Gforce Pro, ya que dicho brazalete tiene los movimientos usados para la rehabilitación de pacientes con Síndrome de túnel carpiano y emite una pequeña vibración que indica que se ha realizado correctamente el movimiento, como también tiene los SDK compatibles con las herramientas a usarse en el desarrollo.

3.4 Comparación de movimientos y ejercicios fisioterapéuticos

Una vez seleccionados los movimientos de rehabilitación con ayuda de un profesional terapeuta, y con el conocimiento necesario del funcionamiento del brazalete Gforce, se realiza una comparación entre los movimientos fisioterapeutas y los movimientos que reconoce el brazalete.

Tabla 3

Comparación de ejercicios

Movimientos (Armband Gforce Pro)				
	Mano para arriba	Mano para abajo	Abrir la mano	Puño de mano
Ejercicios fisioterapéuticos				
	Extensión de muñeca	Flexión de muñeca	Abducción falángica	Flexión metacarpo falángico

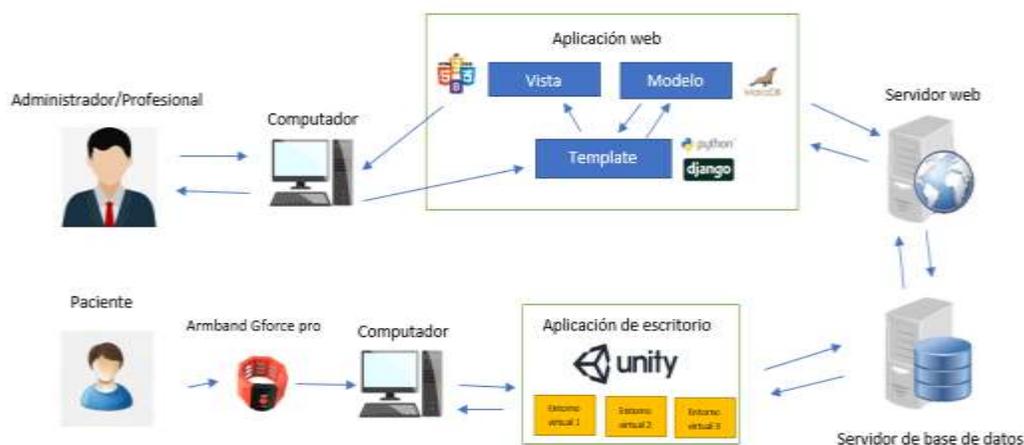
Mediante la similitud de movimientos realizada se demuestra que los movimientos de la rehabilitación tradicional son muy similares a los movimientos del brazalete Armband Gforce, demostrando que no es necesario implementar más movimientos, puesto que los existentes se pueden aplicar a las rutinas enviadas a los pacientes con STC.

3.5 Desarrollo de proyecto aplicando la Metodología Scrum

3.5.1 Diagrama de arquitectura de la propuesta tecnológica

Figura 12

Diagrama de arquitectura de la propuesta tecnológica



En la **Figura 12** se indica la interacción con sus usuarios como son administrador, profesional y paciente, dispositivo externo como es el brazalete electromiográfico Gforce pro, y la base de datos.

3.5.2 Roles del equipo SCRUM

Tabla 4

Roles del equipo Scrum

PERSONA	CONTACTO	ROL
Lic. Ft. Santiago Chanatasig	santy8516@gmail.com	Product Owner
Ing. Marcelo Rolando Álvarez	mralvarez@espe.edu.ec	Scrum Master
Daisy Ximena Ortega Mora Jenny Silvana Rocha Cali	dxortega1@espe.edu.ec jsrocha2@espe.edu.ec	Development Team

3.5.3 Historias de usuario

Tabla 5

Historias de usuarios

N°	HISTORIAS DE USUARIO
HU01	Como paciente quiero que el sistema virtual contenga por lo menos tres entornos que puedan funcionar en base a los movimientos de la mano.
HU02	Como paciente quiero que el sistema almacene los datos necesarios en la base de datos para listar el avance en el seguimiento médico.
HU03	Como paciente quiero que el sistema virtual recepte la información emitida por la pulsera de datos electromiográficos, con el fin de emplear dichos datos en la funcionalidad del entorno virtual.

N°	HISTORIAS DE USUARIO
HU04	Como administrador, quiero realizar el registro de correo y contraseña, para acceder de forma segura a la aplicación web.
HU05	Como administrador, quiero realizar el registro de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para almacenar dicha información.
HU06	Como administrador, quiero realizar actualización de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para tener la información actualizada.
HU07	Como administrador quiero visualizar la información de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para verificar si los datos son correctos.
HU08	Como usuario, quiero realizar el registro del paciente para una previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para guardar la información.
HU09	Como usuario, quiero realizar la actualización de la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para tener la información actualizada.

N°	HISTORIAS DE USUARIO
HU10	Como usuario, quiero visualizar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para verificar si los datos son correctos.
HU11	Como usuario, quiero eliminar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para liberar espacio.
HU12	Como usuario, quiero añadir una historia clínica al paciente con previa cita.
HU13	Como usuario, quiero actualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.
HU14	Como usuario, quiero visualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.
HU15	Como usuario, quiero asignar una rutina de ejercicios mediante la activación de los juegos preestablecidos: Fecha inicio y fin, Observación, Mano derecha o izquierda.
HU16	Como usuario, quiero visualizar el cumplimiento de la rutina de ejercicios de cada paciente mediante controles diarios.
HU17	Como usuario, quiero realizar el registro del control presencial del paciente: Fecha visita, Valoración, Grado de dolor Eva.
HU18	Como usuario, quiero visualizar un reporte de evolución del paciente con los datos importantes: Numero de control e intentos, puntaje y número de movimientos. Con su respectiva descarga en PDF.
HU19	Como usuario, quiero visualizar una gráfica de evolución diaria y una gráfica del avance general del paciente.

N°	HISTORIAS DE USUARIO
HU20	Como usuario, quiero visualizar una estimación de tiempo de recuperación del paciente mediante el método de Mamdani.

3.5.4 Estimación de tiempo

Para la estimación de tiempo se aplicó la técnica de planning poker en la cual los números usados, están basados en la serie de Fibonacci, representando el grado de complejidad necesario para completar cada tarea, además dicha técnica permite la participación colaborativa del equipo de desarrollo.

Tabla 6

Estimación de historias de usuarios

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena	Jenny	Valor
		Ortega	Rocha	estimado
HU01	Como paciente, quiero que el sistema virtual contenga por lo menos tres entornos 3D que puedan funcionar en base a los movimientos de la mano.	20	20	20
HU02	Como paciente, quiero que el sistema almacene los datos necesarios en la base de datos para listar el avance en el seguimiento médico.	3	5	5
HU03	Como paciente, quiero que el sistema virtual recete la	13	13	13

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena Ortega	Jenny Rocha	Valor estimado
	información emitida por la pulsera de datos electromiográficos, para una mejor administración de los datos.			
HU04	Como administrador, quiero realizar el registro de correo y contraseña, para acceder de forma segura a la aplicación web.	3	2	3
HU05	Como administrador, quiero realizar el registro de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para almacenar dicha información.	5	3	5
HU06	Como administrador, quiero realizar actualización de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto,	5	2	5

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena	Jenny	Valor
		Ortega	Rocha	estimado
	para tener la información actualizada.			
HU07	Como administrador quiero visualizar la información de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para verificar si los datos son correctos.	2	2	2
HU08	Como usuario, quiero realizar el registro del paciente para una previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para guardar la información.	3	2	3
HU09	Como usuario, quiero realizar la actualización de la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente,	2	2	2

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena Ortega	Jenny Rocha	Valor estimado
	para tener la información actualizada.			
HU10	Como usuario, quiero visualizar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para verificar si los datos son correctos.	1	2	2
HU11	Como usuario, quiero eliminar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para liberar espacio.	2	2	2
HU12	Como usuario, quiero añadir una historia clínica al paciente con previa cita.	20	13	20
HU13	Como usuario, quiero actualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.	8	8	8
HU14	Como usuario, quiero visualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.	5	5	5

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena Ortega	Jenny Rocha	Valor estimado
HU15	Como usuario, quiero asignar una rutina de ejercicios mediante la activación de los juegos preestablecidos: Fecha inicio y fin, Observación, Mano derecha o izquierda.	5	3	5
HU16	Como usuario, quiero visualizar el cumplimiento de la rutina de ejercicios de cada paciente mediante controles diarios.	2	2	2
HU17	Como usuario, quiero realizar el registro del control presencial del paciente: Fecha visita, Valoración, Grado de dolor Eva.	2	2	2
HU18	Como usuario, quiero visualizar un reporte de evolución del paciente con los datos importantes: Numero de control e intentos, puntaje y número de movimientos. Con su respectiva descarga en PDF.	6	6	6
HU19	Como usuario, quiero visualizar una gráfica de evolución diaria y	4	5	5

N°	HISTORIAS DE USUARIO	Ximena	Jenny	Valor
		Ortega	Rocha	estimado
	una gráfica del avance general del paciente.			
HU20	Como usuario, quiero visualizar una estimación de tiempo de recuperación del paciente mediante el método de Mamdani.	8	8	8

3.5.5 Priorización de Historias de Usuario

En este punto se realizará la priorización de las historias de usuario en base a los requerimientos expresados por el product owner. Se aplicó la técnica de Moscow útil dentro de la metodología Scrum, ayuda avanzar de forma más eficiente y permite establecer las prioridades del sistema, además dicha técnica deja en claro desde el principio que ningún individuo en el equipo de desarrollo tiene el poder de querer incluir todas las funcionalidades, o nadie tiene la prioridad sobre los demás miembros del equipo, ya que al final del día quien se beneficia es el equipo de desarrollo.

Esta técnica ayudo a priorizar de forma estratégica y ordenada las historias de usuario, las cuales esta agrupadas en cuatro categorías:

- Debe tener (Must have): Son las historias de usuario totalmente críticas e importantes, sin ellas el sistema sería un fracaso.
- Debería incluir (Should have): Son las historias de usuario que también son críticas, pero no indispensables.
- Podría incluir (Could have): Son las historias de usuario que podrían añadir valor al sistema.

- No se van a hacer (Won't have): Son historias de usuario que no aportan beneficios en este momento, pero más adelante se podrían considerar.

Tabla 7*Priorización de las historias de usuario*

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU01	Como paciente, quiero que el sistema virtual contenga por lo menos tres entornos 3D que puedan funcionar en base a los movimientos de la mano.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener un entorno amigable • Validar la información del formulario actual • Debe tener funcionalidad en base a los movimientos del brazalete. • Se envía un mensaje de “Aun no completas la rutina” o “completaste la rutina, felicidades” luego de terminar cada juego 	X			

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU02	Como paciente, quiero que el sistema almacene los datos necesarios en la base de datos para listar el avance en el seguimiento médico.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener exactitud en el almacenamiento de datos. • Validar la información del formulario actual 	X			
HU03	Como paciente, quiero que el sistema virtual recete la información emitida por la pulsera de datos electromiográficos, con el fin de almacenar dichos datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tener exactitud en la recepción de datos. • Validar la información del formulario actual 	X			
HU04	Como administrador, quiero realizar el registro de correo y contraseña, para acceder de forma	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. 	X			

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
	segura a la aplicación web.	<ul style="list-style-type: none"> • Validar la información del formulario actual. • El administrador no puede enviar un formulario sin completar todos los datos obligatorios. • ¡Se envía un mensaje de “Opss! Ha ocurrido un error, por favor ingresa un email y contraseña correcta”, luego de recibir la información equivocada en el formulario. 				

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU05	Como administrador, quiero realizar el registro de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para almacenar dicha información.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva • Validaciones en sus campos. • No puede guardar la información si existe campos obligatorios vacíos. • Se envía un mensaje: "Guardado correctamente", luego de crear el registro. • Se mostrará un mensaje de error "Error al guardar", en el caso que el registro no sea guardado. 	X			

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU06	Como administrador, quiero realizar actualización de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para tener la información actualizada.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. • No puede modificar la información, si existe campos vacíos. • Se envía un mensaje: "Actualizado Correctamente", luego de modificar el registro. • Se mostrará un mensaje de "Error al Actualizar", en el caso que el registro no sea guardado. 		X		
HU07	Como administrador quiero visualizar la	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una visualización 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
	información de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para verificar si los datos son correctos.	adecuada de los datos cargados. • Cargar la información correcta en cada uno de los campos.				
HU08	Como usuario, quiero realizar el registro del paciente para una previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente,	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. • Validaciones en sus campos. • No puede guardar la información si existe campos 	X			

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
	para guardar la información.	<p>obligatorios vacíos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se envía un mensaje: "Guardado correctamente", luego de crear el registro. Se mostrará un mensaje de "Error al Guardar", en el caso que el registro no sea guardado 				
HU09	Como usuario, quiero realizar la actualización de la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono,	<ul style="list-style-type: none"> Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. No puede modificar la información, si existe campos vacíos. 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
	Fecha de Cita, Patología aparente, para tener la información actualizada.	<ul style="list-style-type: none"> • • Se envía un mensaje: "Actualizado Correctamente", luego de modificar el registro. • Se mostrará un mensaje de "Error al Actualizar", en el caso que el registro no sea guardado. 				
HU10	Como usuario, quiero visualizar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente,	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados. • Cargar la información correcta en cada uno de los campos. 			X	

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
	para verificar si los datos son correctos.					
HU11	Como usuario, quiero eliminar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para liberar espacio.	<ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará un mensaje de confirmación, para verificar si desea o no eliminar el registro. • Se envía un mensaje: "Borrado Correctamente", luego de borrar el registro. 			X	
HU12	Como usuario, quiero añadir una historia clínica al paciente con previa cita.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. • Validaciones en sus campos. • No puede guardar la información si existe campos 	X			

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
		<p>obligatorios vacíos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se envía un mensaje: "Guardado correctamente", luego de crear el registro. Se mostrará un mensaje de "Error al Guardar", en el caso que el registro no sea guardado 				
HU13	Como usuario, quiero actualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.	<ul style="list-style-type: none"> Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. No puede modificar la información, si existe campos vacíos. 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
		<ul style="list-style-type: none"> Se envía un mensaje: "Actualizado Correctamente", luego de modificar el registro. Se mostrará un mensaje de "Error al Actualizar", en el caso que el registro no sea guardado. 				
HU14	Como usuario, quiero visualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.	<ul style="list-style-type: none"> Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados. Cargar la información correcta en cada uno de los campos. 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU15	Como usuario, quiero asignar una rutina de ejercicios mediante la activación de los juegos preestablecidos: Fecha inicio y fin, Observación, Mano derecha o izquierda.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. • Se envía un mensaje: “Rutina asignada”, luego de asignar el registro. • Se mostrará un mensaje de “Error al Guardar”, en el caso que el registro no sea guardado 	X			
HU16	Como usuario, quiero visualizar el cumplimiento de la rutina de ejercicios de cada paciente mediante controles diarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una visualización adecuada de los controles. • Cargar la información correcta en cada 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
		uno de los campos.				
HU17	Como usuario, quiero realizar el registro del control presencial del paciente: Fecha visita, Valoración, Grado de dolor Eva.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva. • Validaciones en sus campos. • No puede guardar la información si existe campos obligatorios vacíos. • Se envía un mensaje: “Esta seguro que desea guardar los datos. Si, ingresado”, luego de crear el registro. • Se mostrará un mensaje de error “Error al guardar”, 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
		en el caso que el registro no sea guardado.				
HU18	Como usuario, quiero visualizar un reporte de evolución del paciente con los datos importantes: Numero de control e intentos, puntaje y número de movimientos. Con su respectiva descarga en PDF.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados. • Cargar la información correcta en cada uno de los campos. • Descargar el reporte en documento PDF 		X		
HU19	Como usuario, quiero visualizar una gráfica de evolución diaria y una gráfica del avance general del paciente.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una visualización adecuada de los graficas con sus respectivos datos cargados. 		X		

N°	HISTORIAS DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	Priorización (Moscow)			
			M	S	C	W
HU20	Como usuario, quiero visualizar una estimación de tiempo de recuperación del paciente mediante el método de Mamdani.	<ul style="list-style-type: none"> Debe tener una visualización adecuada de la estimación de tiempo. 		X		

3.5.6 Product backlog

A continuación, se indica el Product Backlog como una lista con todos los requerimientos iniciales del producto que se va a desarrollar.

Tabla 8

Product Backlog

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
Prioridad de nivel alto				
1	Gestión de profesional	<ul style="list-style-type: none"> Registro de los profesionales. Actualización de los profesionales. 	3	Realizar la gestión de profesionales

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar la información de los profesionales. • Habilitar e inhabilitar los profesionales. 		
2	Gestión de paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de paciente. • Actualización de paciente. • Visualizar la información del paciente. • Eliminación de paciente con previa cita y sin Historia clínica. • Visualizar el listado de 	1	Realizar la gestión de paciente

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
		<p>pacientes con previa cita.</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilitar e inhabilitar el seguimiento del paciente. 		
3	Gestión de Historia Clínica	<ul style="list-style-type: none"> Registrar información en la historia clínica de los pacientes con previa cita. Actualizar la información en la historia clínica de los pacientes con previa cita. 	5	Realizar la gestión de Historia Clínica
4	Conexión de la pulsera electromiográfica	<ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento de la pulsera Gforce 	3	Realizar la conexión de la pulsera con el

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
		<p>Armband Pro en la aplicación Otrain.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación del SDK de la pulsera en el motor de juego unity. • Conexión de la pulsera con el motor de juego unity. • Obtención de los datos que emite la pulsera. 		motor de juego Unity.
5	Desarrollo del Juego 1	<ul style="list-style-type: none"> • Lógica de juego. • Modelación de 3D. • Diseño del entorno 3D. 	8	Realizar el juego 1 con dos movimientos.

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidad de los movimientos en la lógica de juego. 		
6	Desarrollo del Juego 2	<ul style="list-style-type: none"> • Lógica de juego. • Modelación de 3D. • Diseño del entorno 3D. • Funcionalidad de los movimientos en la lógica de juego. 	8	Realizar el juego 2 con dos movimientos.
7	Desarrollo del Juego 3	<ul style="list-style-type: none"> • Lógica de juego. • Modelación de 3D. 	8	Realizar el juego 3 con cuatro movimientos.

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del entorno 3D. • Funcionalidad de los movimientos en la lógica de juego. 		
8	Seguimiento y estadísticas	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de intentos diarios, puntaje y numero de movimientos. • Gráfica de la evolución diaria. • Gráfica del avance general. 	4	Realizar el seguimiento diario del cumplimiento de la rutina del paciente mostrando los intentos y realizar las gráficas de evolución del paciente.
		<ul style="list-style-type: none"> • Prioridad de nivel bajo 		

SPRINT	NOMBRE DEL SPRINT	TAREAS	ESTIMACIÓN DE TIEMPO (días)	DESCRIPCIÓN
9	Reportes	<ul style="list-style-type: none"> • Reporte de avance del paciente. 	2	Realizar el reporte final del tratamiento.
10	Lógica difusa	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de tiempo de recuperación del paciente mediante el método de Mamdani. 	4	Realizar la implementación de la lógica difusa al sistema usando el método de Mamdani.

3.5.7 ScrumBoard

La gestión de Sprint se manejó mediante la herramienta colaborativa Trello, que se adapta a la gestión de proyectos, permite subir archivos, colocar fechas de caducidad, y emite recordatorios antes que finalice la tarea.

Figura 13

ScrumBoard de la gestión del proyecto



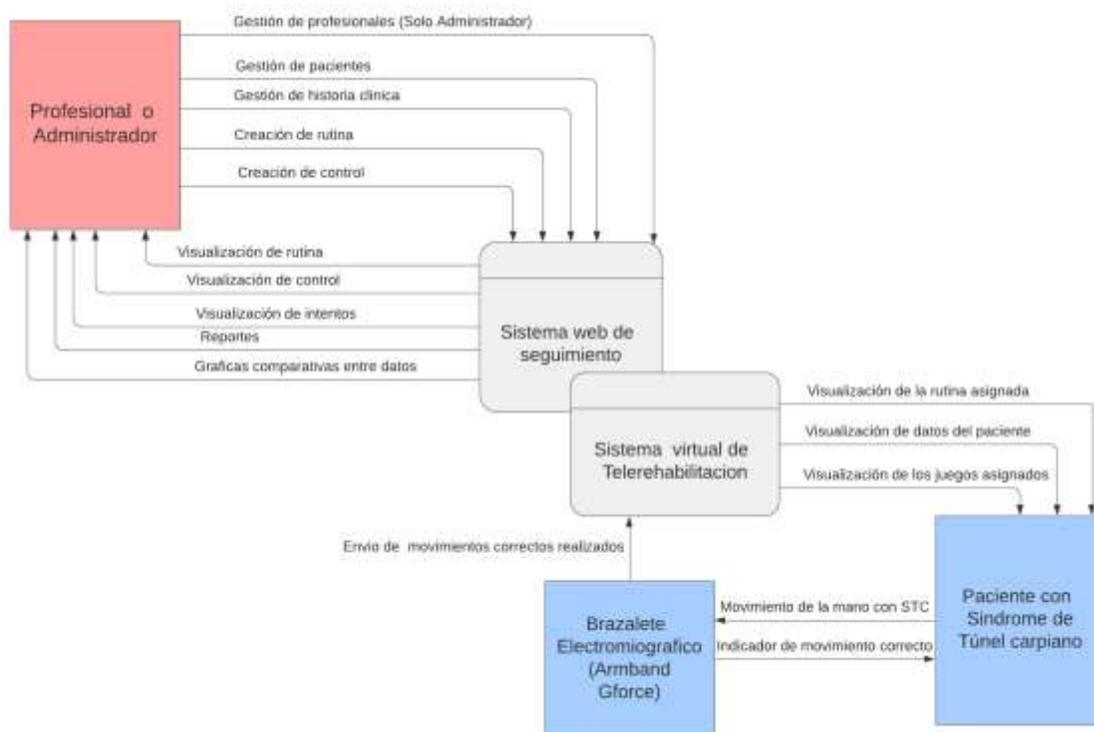
En la **Figura 13** se muestra la herramienta trello, en la cual se encuentran las tareas asignadas divididas en bloques de “Cosas por hacer”, “En proceso”, “Pruebas” y “Hecho”, para gestionar el avance del proyecto mediante fechas de caducidad, tareas terminadas y etiquetas.

3.6 Diagrama de contexto del sistema

En el siguiente diagrama se muestra las entidades que interactúan con el sistema, como son el profesional, el administrador, el paciente y el brazalete electromiográfico.

Figura 14

Diagrama de contexto del sistema

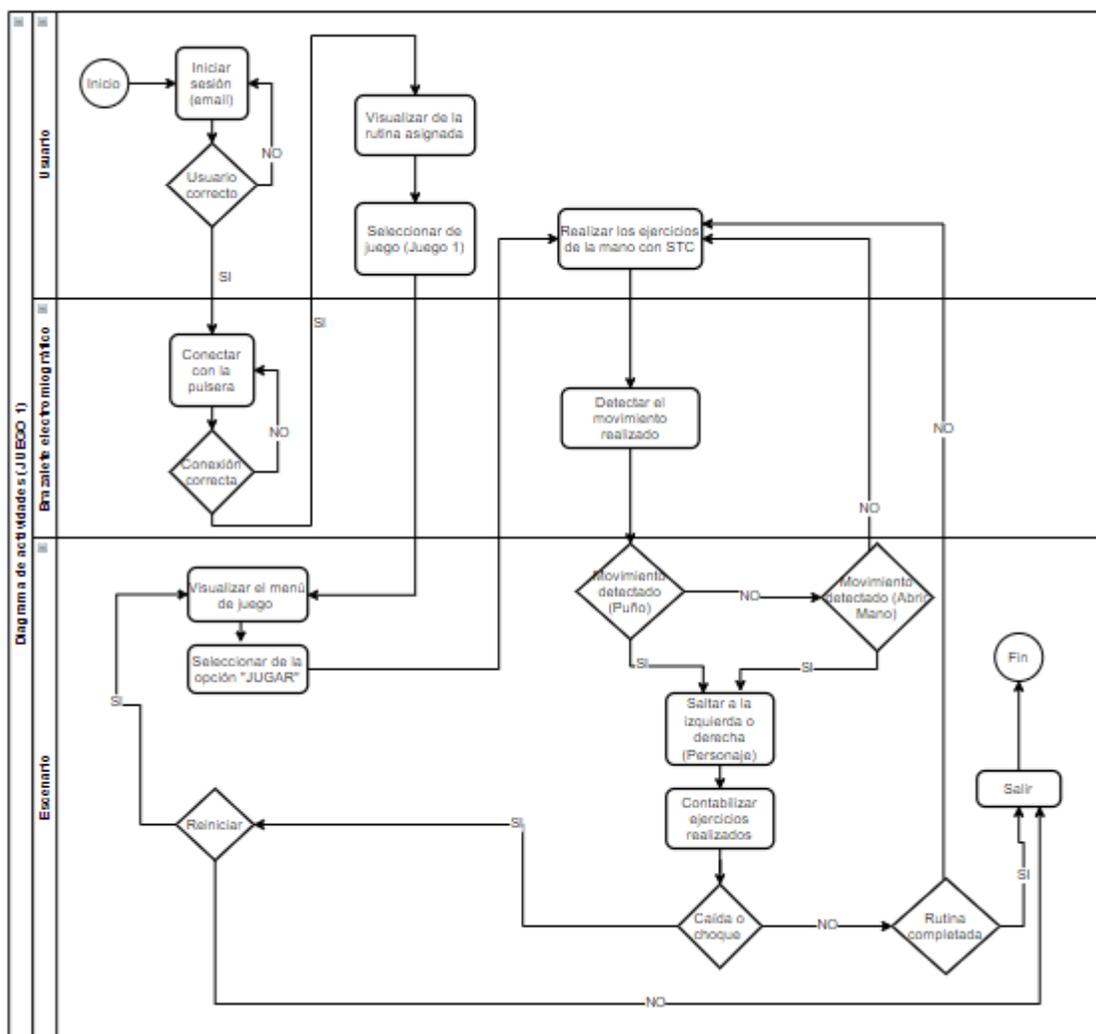


Se observa en la **Figura 14** La interacción de las entidades con el sistema, mediante tareas o proceso que realiza cada individuo.

3.6.1 Diagrama de actividades del Juego (Saltarín)

Figura 15

Diagrama de actividades del (Saltarín)

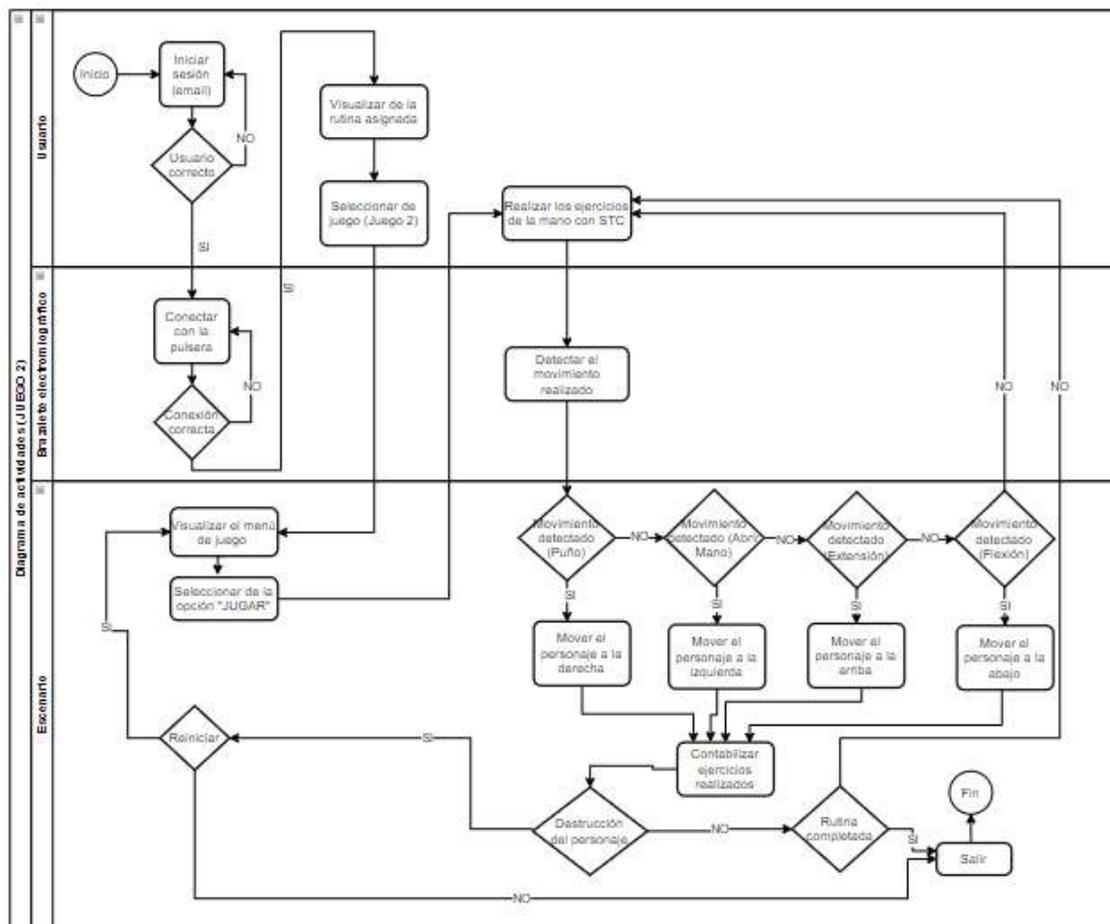


La **Figura 15** muestra las actividades que se realiza el personaje en el Juego 1 para cumplir el objetivo. El paciente debe movilizar la mano para que el brazalete detecte los movimientos realizados y puedan ser interpretados por el juego como una instrucción de movimiento del personaje, en este caso el juego de Saltarín el cual debe saltar de un lado hacia otro.

3.6.2 Diagrama de actividades del Juego (Guerra)

Figura 16

Diagrama de actividades del juego (Guerra)

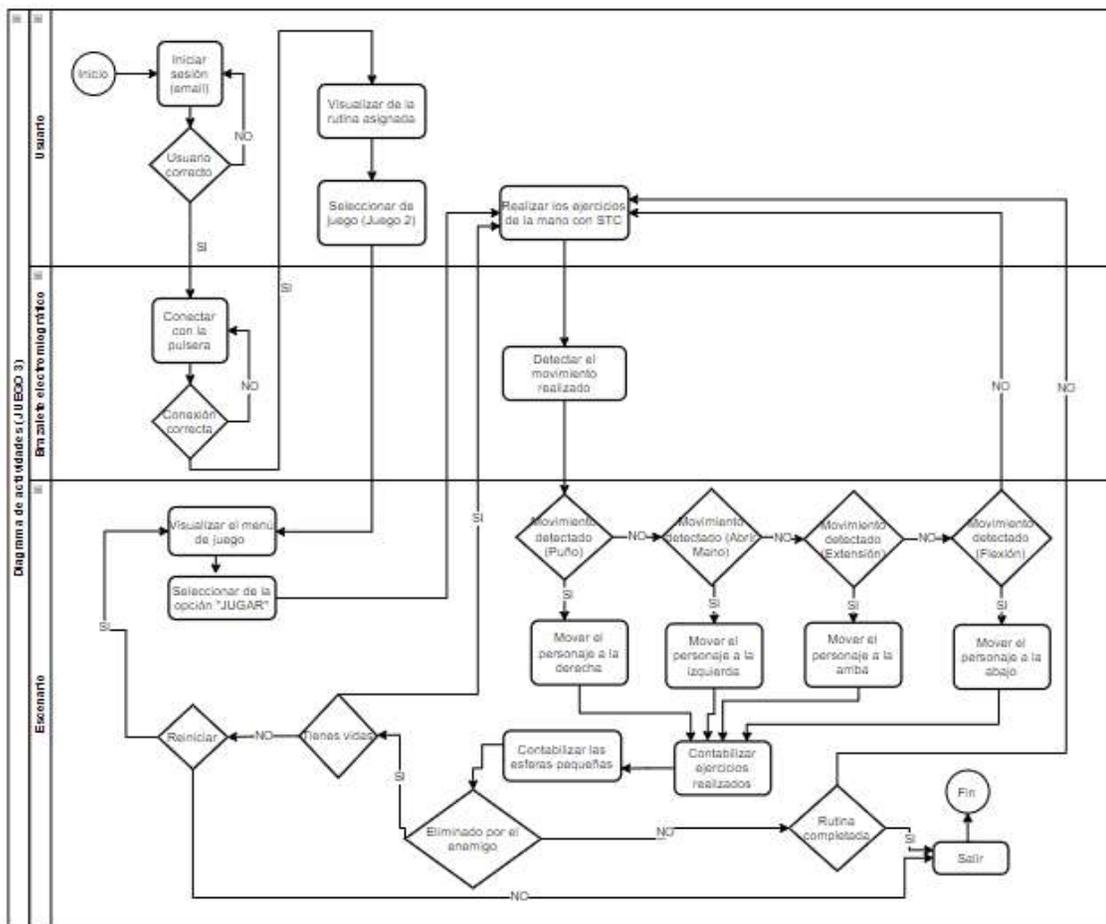


La **Figura 16**, muestra las actividades que realiza el personaje en el Juego 2 para cumplir el objetivo. El paciente debe movilizar la mano para que el brazalete detecte los movimientos realizados y puedan ser interpretados por el juego como una instrucción de movimiento del personaje, en este caso el juego de Guerra el cual movilizarse en los cuatro sentidos para evitar ser impactado o destruido por el enemigo.

3.6.3 Diagrama de actividades del Juego (Comelón)

Figura 17

Diagrama de actividades del Juego (Comelón)



La **Figura 17**, muestra las actividades que realiza el personaje en el Juego 3 para cumplir el objetivo. El paciente debe movilizar la mano para que el brazalete detecte los movimientos realizados y puedan ser interpretados por el juego como una instrucción de movimiento del personaje, en este caso el juego de Comelón el cual debe movilizarse en los cuatro sentidos para recolectar esferas pequeñas y evitar ser eliminado por el enemigo.

3.7 Desarrollo de la aplicación en unity e integración de la pulsera Gforce

Uso y colocación adecuada del brazalete (Gforce)

Encendido:

Cuando el brazalete Gforce esté apagado, presione el botón y el dispositivo vibrará durante unos 500 ms y el LED verde parpadeará. De lo contrario, el dispositivo podría estar baja batería.

Figura 18

Brazalete Gforce pro encendida



Apagado:

Cuando el brazalete Gforce esté encendido, presione y mantenga presionado el botón durante aproximadamente 5 segundos y luego suelte botón.

Figura 19

Brazalete Gforce



Carga de energía

Cuando se encuentra sin energía, se apagará automáticamente. Puedes ser recargado con un cable micro USB. Durante la carga, la luz LED roja está encendida y tomará aproximadamente 2 horas para ser completada.

Figura 20

Pulsera Gforce pro cargando

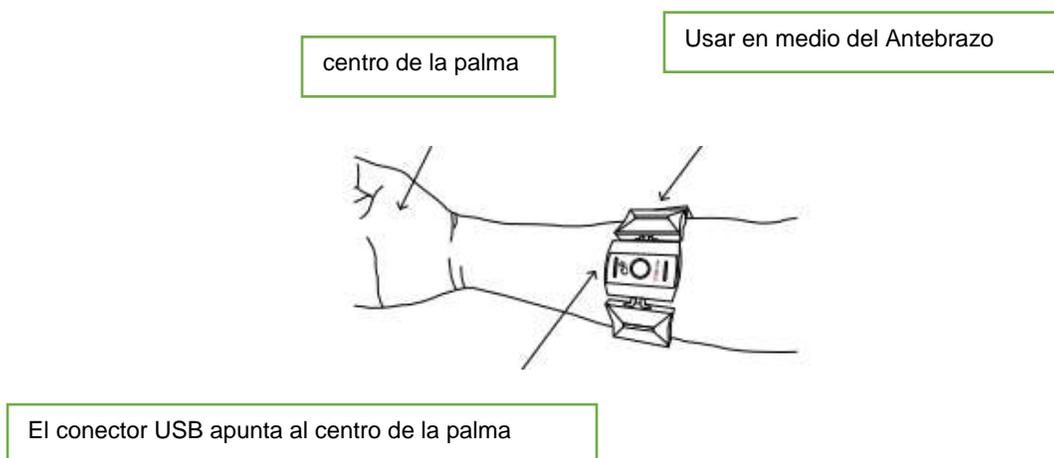


Una vez que la carga este completa, el LED rojo se apagará automáticamente.

Colocación adecuada del brazalete

Figura 21

Colocación correcta del brazalete Gforce



La manera correcta de colocarse el brazalete es como se muestra en la Figura 17., con el conector de carga apuntando al centro de la palma de la mano y el brazalete Gforce debe mantenerse apretado en el antebrazo, para que los gestos sean reconocidos.

Preparación de la pulsera Gforce

- Para iniciar, se coloca correctamente el **brazalete** en el antebrazo como se indica en la parte de arriba en **colocación adecuada del brazalete**.

Figura 22

Diagrama de preparación para el uso del sistema



- Después, abrir la carpeta con el nombre Otrain que se encuentra en los archivos entregados y ejecutar la aplicación “OTrain_oym”.

Figura 23

Aplicación para el entrenamiento del brazalete

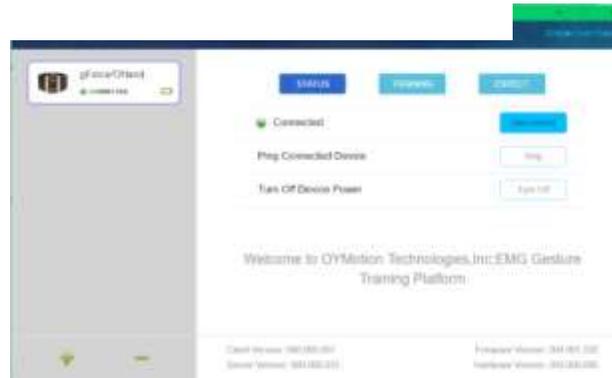
natives_blob.bin	17/11/2017 2:52
node.dll	17/11/2017 2:52
ohand-deskapp	8/6/2018 4:23
OTrain_oym	13/6/2018 1:38
pdf_viewer_resources.pak	17/11/2017 2:52
raw1.bin	20/4/2021 9:37
raw2.bin	20/4/2021 9:38

Si la aplicación emite un error, al ejecutar dicha aplicación, carga el brazalete por dos horas y vuélvelo a intentar.

- Una vez realizado este paso, muestra esta pantalla en donde se debe presionar el botón **Connect** para conectar la pulsera.

Figura 24

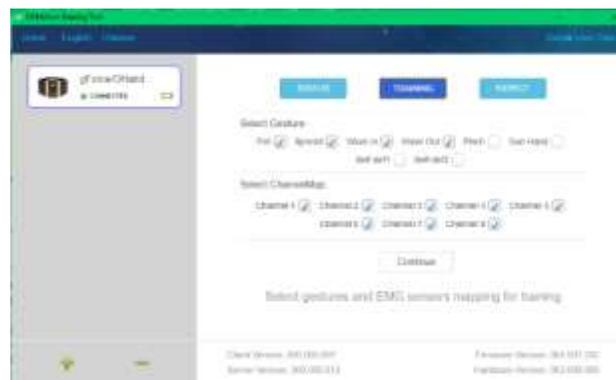
Conexión de la aplicación Otrain y el brazalete



Cuando el brazalete se haya conectado, presione el botón **Training** en donde aparecerá la siguiente pantalla.

Figura 25

Pantalla de gestos predeterminados

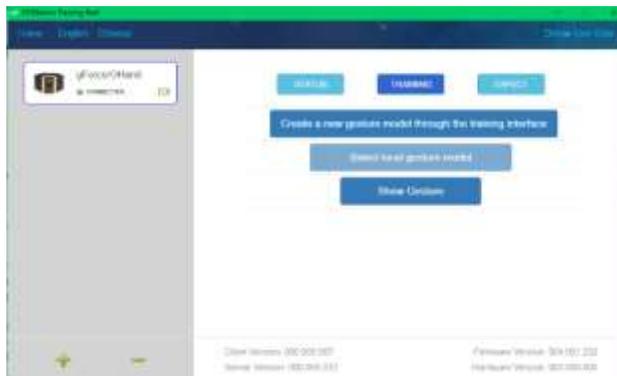


En esta pantalla, seleccionar las opciones como muestra la **Figura 25** y seleccionamos **Continue**.

A continuación, presionar el botón **“Create a new gesture model through the training interface”**

Figura 26

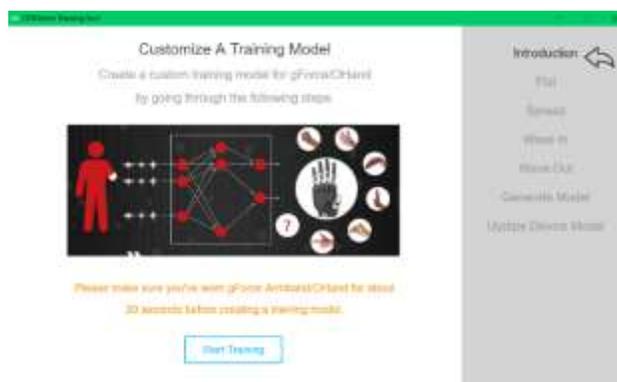
Creación de nuevo modelo



Se mostrará la siguiente pantalla, en la cual presionamos **“Start training”**

Figura 27

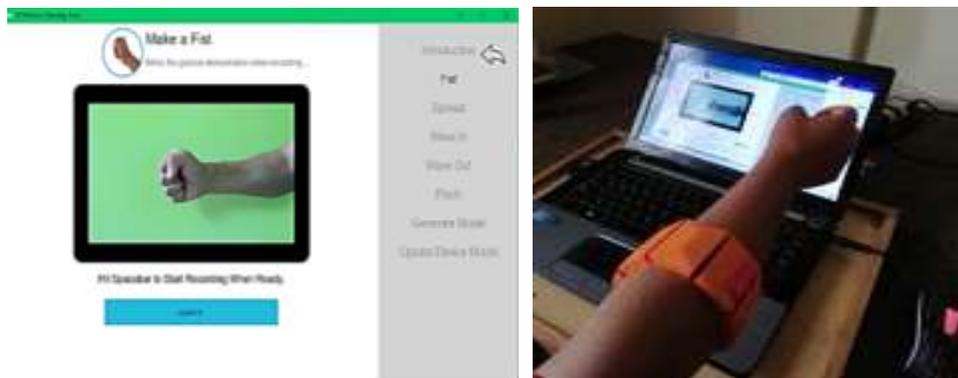
Iniciar Entrenamiento



Como siguiente paso, se realiza el entrenamiento de cada uno de los gestos provistos por la pulsera Gforce, son 4 ejercicios que la aplicación mostrara el tiempo que debe hacerlo y la manera correcta de hacerlo.

Figura 28

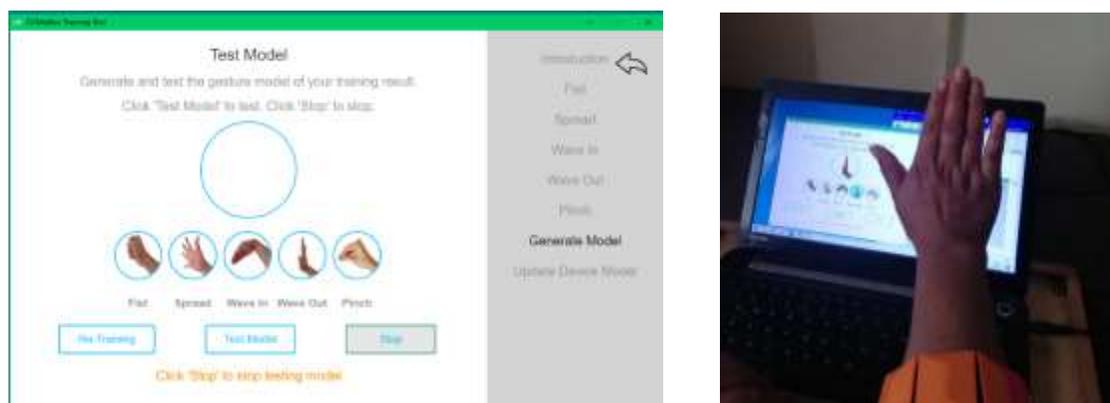
Entrenamiento de la pulsera Gforce



A continuación, se prueba que los movimientos se efectúen de acuerdo con el entrenamiento, para probar presionamos **“Test model”** y repita los ejercicios aleatoriamente para probar el funcionamiento del brazalete.

Figura 29

Comprobación de los ejercicios entrenados



Para finalizar, selecciona **“Update Device Model”**, por consiguiente, la aplicación carga el modelo generado en el entrenamiento, cuando finalice este proceso, debe apagar y prender el brazalete Gforce.

utilizar MariaDB, que es un sistema de administración de base de datos que integra las tablas necesarias para una mejor organización de datos.

Una parte integral del sistema es obtener información de haber realizado ejercicios de una rutina de cada paciente, para lo cual se implementó contendrá datos personales del paciente, rutina de ejercicios mediante juegos, controles y progreso.

3.9 Descripción de la interfaz de usuario del sistema de tele-rehabilitación

A la hora de conectar el brazalete mantener una distancia de menos de 10cm entre el brazalete y el USB, se podrá realizar los intentos necesarios hasta que logre cumplir la rutina, estos datos se almacenarán automáticamente para que el especialista pueda visualizar el cumplimiento de los ejercicios realizados en casa y cuando el ejercicio se realice correctamente el brazalete emite una pequeña vibración que le indica que se detecta el movimiento correcto.

Pantalla de inicio de sesión

Se muestra la pantalla de inicio de sesión, en el cual debe ingresar el correo que haya dado al especialista.

Figura 32

Pantalla de inicio de sesión del sistema de rehabilitación



Se realizará la validación si el paciente posee una rutina y si la rutina está en las fechas vigentes.

Pantalla de conexión del brazalete Gforce con la aplicación

La aplicación inicia a conectarse con el brazalete. Una vez realizada la conexión, proseguirá a la siguiente pantalla que es la pantalla de indicaciones y juegos activos.

Figura 33

Pantalla de espera de conexión con el brazalete



Si no se conecta con la pulsera es necesario reiniciar la aplicación.

Pantalla de indicaciones y juegos activos.

En la pantalla se indica, la rutina que fue asignada por el especialista, como es: el nombre del paciente, fecha de inicio, fecha fin de la rutina, número de sesiones, la mano a realizar la rehabilitación y observación, como también muestra los juegos habilitados por el especialista.

Figura 34

Pantalla que muestra la rutina y juegos activos



Pantalla de ingreso de la Escala de Valoración Analógica (Dolor) antes de iniciar la rutina.

En la pantalla se muestra, una lista de opciones que detallan el rango de la Escala Visual Analógica (EVA), el rango es de 0- 10, siendo 10 el dolor más fuerte de la escala. Además, posee un botón "Guardar y continuar", el cual almacenara los datos seleccionados.

Figura 35

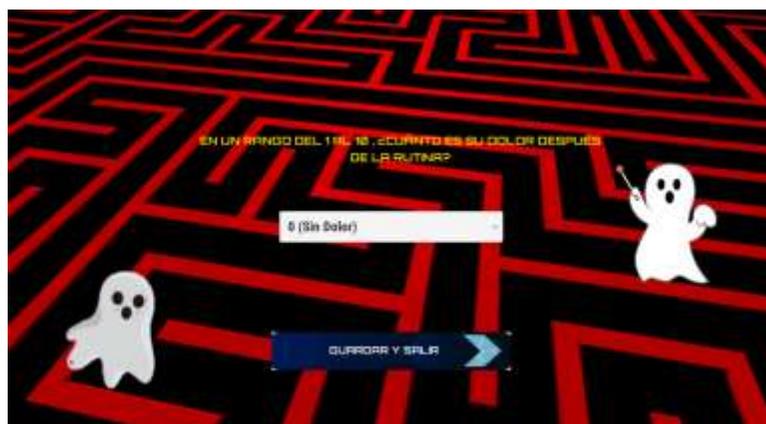
Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 1)

**Figura 36**

Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 2)

**Figura 37**

Pantalla de Ingreso de EVA antes de la rutina (Juego 3)



El botón “Guardar”, almacenará los datos seleccionados. Dicha pantalla se muestra antes y después de cada rutina realizada.

Pantalla general al juego 1 (Saltarin)

El juego consiste en que un personaje (Ninja) debe ir saltando de un lado hacia otro evitando caer en los espacios vacíos e impactarse con los obstáculos para ello usa 2 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano.

Figura 38

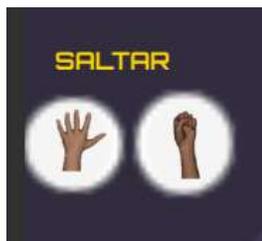
Diseño del juego 3 de rehabilitación



En este juego puede usar cualquiera de los ejercicios como son puño y abrir la mano, los dos movimientos generan el salto, sin importar en qué lado se encuentre.

Figura 39

Instrucciones del juego 1



El objetivo del juego es realizar 6 movimientos de cada ejercicio, una vez cuando cumpla el objetivo, habrá terminado la rutina.

Figura 40

Objetivo del juego 1



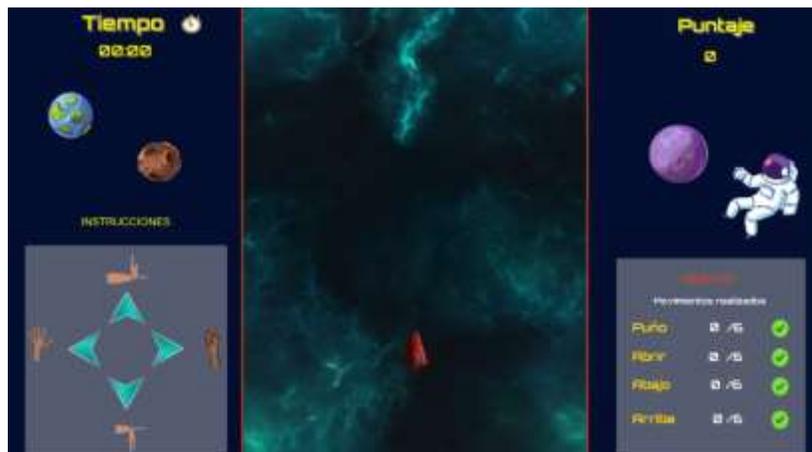
Además, se muestra gráficamente los movimientos que debe realizar, el tiempo realizado, el puntaje, y el número de movimientos que se ha realizado por cada ejercicio.

Pantalla general al juego 2 (Guerra)

El juego consiste en un cohete, el cual debe evitar impactarse con enemigos y asteroides para ello usa los 4 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano, mano arriba y mano abajo, para movilizar al jugador y evitar el choque.

Figura 41

Diseño del juego 2 de rehabilitación



Se usa el ejercicio de puño para moverse a la derecha, el ejercicio de abrir la mano para moverse al lado izquierdo, el ejercicio de la mano para arriba se usa para moverse para arriba y el ejercicio para abajo, mueve el cohete para abajo.

Figura 42

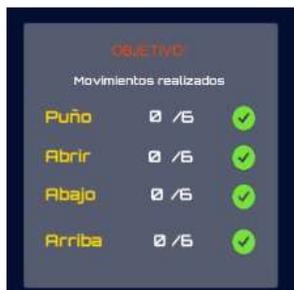
Instrucciones del juego 2



El objetivo del juego es realizar 6 movimientos de cada ejercicio, una vez cuando cumpla el objetivo, habrá terminado la rutina.

Figura 43

Objetivo del juego 3



Además, se muestra gráficamente los movimientos que debe realizar, el tiempo realizado, el puntaje y el número de movimientos que se ha realizado por cada ejercicio.

Pantalla general al juego 3 (Comelón)

El juego consiste en que la esfera grande choque a 100 esferas pequeñas para lo cual usa los 4 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano, mano arriba y

mano abajo, para movilizar al jugador como también posee objetos (enemigos) que se mueven en el camino del jugador que lo destruyen si lo tocan.

Figura 44

Diseño del juego 3 de Rehabilitación



Se usa el ejercicio de puño para moverse a la derecha, el ejercicio de abrir la mano para moverse al lado izquierdo, el ejercicio de la mano para arriba se usa para moverse para arriba y el ejercicio para abajo, mueve el cohete para abajo.

Figura 45

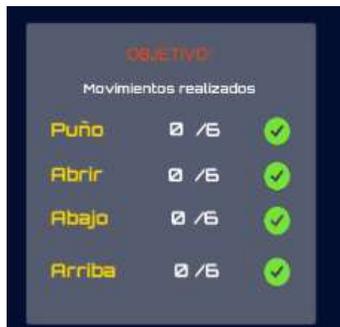
Instrucciones del juego 3



El objetivo del juego es realizar 6 movimientos de cada ejercicio además debe recolectar 100 esferas pequeñas, una vez cuando cumpla el objetivo, habrá terminado la rutina.

Figura 46

Objetivo del juego 3



Además, se muestra gráficamente los movimientos que debe realizar, el tiempo realizado, el puntaje, y el número de movimientos que se ha realizado por cada ejercicio.

3.10 Descripción de la interfaz de usuario del sistema de seguimiento

El sistema de seguimiento consta de distintos módulos, para el uso del profesional (fisioterapeuta) de una manera fácil e intuitiva, permitiéndolo gestionar el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con síndrome del túnel carpiano, mediante un sistema que integra juegos virtuales de rehabilitación.

Pantalla de inicio del sistema de seguimiento

En la pantalla de inicio al ingresar al sistema de seguimiento, se puede observar en la parte izquierda "FisioAtlas", y en la parte derecha las opciones Home, Nosotros, Servicios, Contactos e Iniciar Sesión como se observa en la **Figura 47**

Figura 47

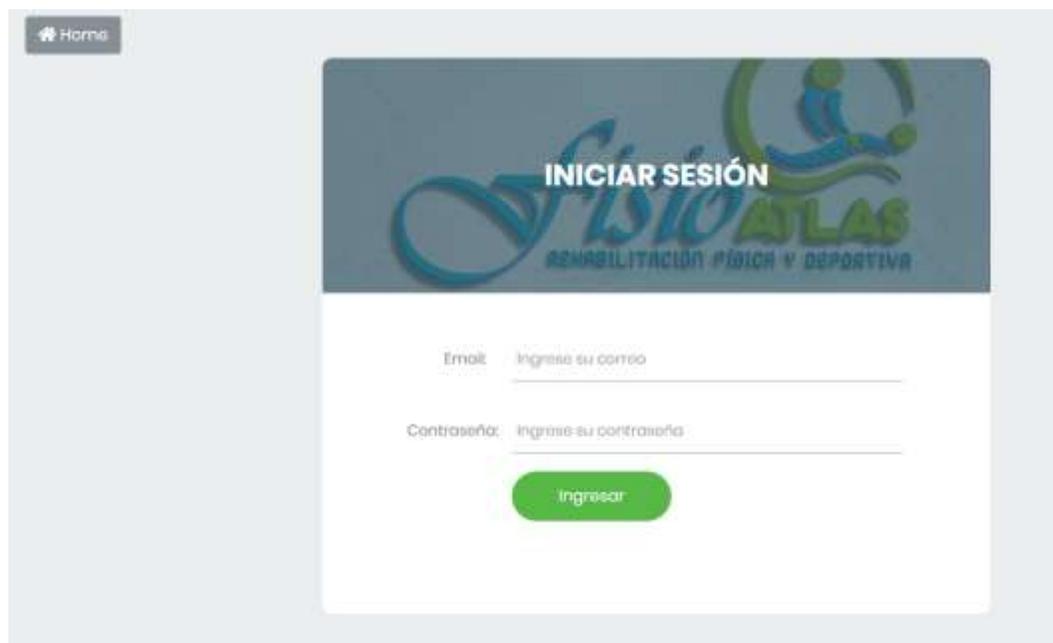
Pantalla de inicio del sistema de seguimiento



Al seleccionar la opción "Iniciar Sesión", se abre una pantalla para llenar los campos correo y contraseña establecidos en el formulario de registro permitiéndolo ingresar de forma segura al sistema, ver **Figura 48**

Figura 48

Pantalla de Inicio de sesión



Se validará que el correo y contraseña sean correctos, caso contrario se mostrará un mensaje y un icono de advertencia.

Figura 49

Mensaje de error de credenciales



Menú principal

Una vez iniciada la sesión se visualiza el menú con los permisos permitidos según los perfiles de usuario, como pueden ser:

- Para administrador: se visualizará el perfil, el módulo de profesionales, pacientes, Seguimiento y reportes.
- Para profesional: se visualizará el perfil, el módulo de pacientes, seguimiento y reportes.

Además, hay que recordar que el botón de cerrar sesión, el menú y el logo del Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOATLAS", están presentes en todo el sistema de seguimiento.

Figura 50

Menú principal para el administrador

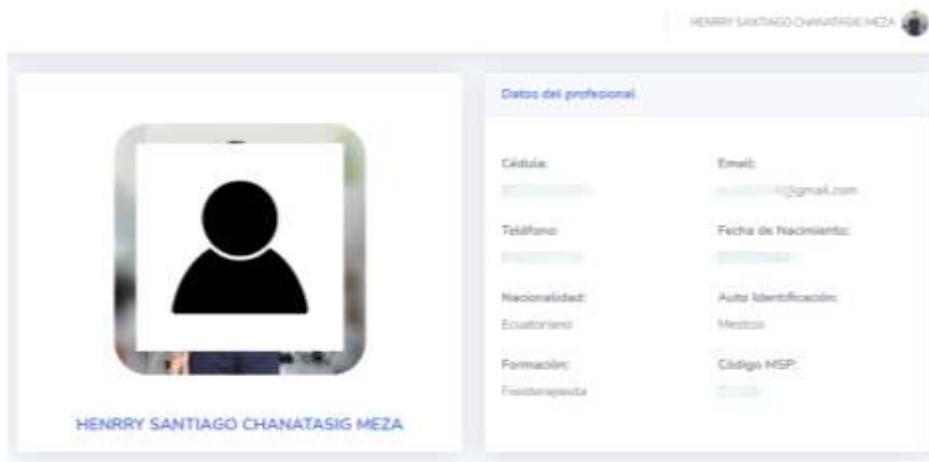
**Figura 51**

Menú principal para el profesional



Página Mi Perfil

Al seleccionar la opción Mi Perfil, se puede visualizar un formulario que contendrá la información personal del profesional que haya iniciado sesión y su respectiva fotografía.

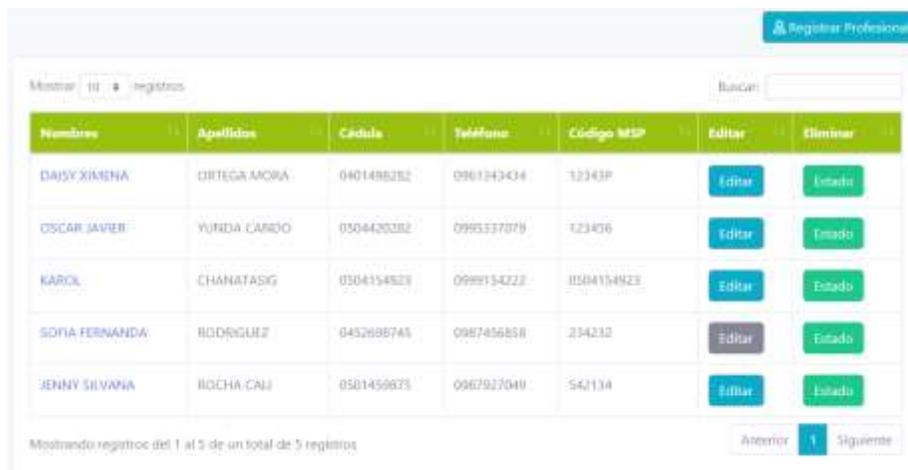
Figura 52*Página Mi Perfil***Página Profesionales**

Al seleccionar Profesionales, se despliega el listado de los profesionales existentes, en el listado se muestra los datos importantes, además, se muestra el botón Editar que permitirá modificar la información del profesional, y Estado que permitirá poner al profesional seleccionado en Activo e Inactivo dentro del sistema.

Además, se puede visualizar la opción de un buscador y el botón para registrar un nuevo profesional.

Figura 53

Listado de Profesionales



Nombre	Apellidos	Cédula	Teléfono	Código MSP	Editar	Eliminar
DAISY XIMENA	ORTEGA MORA	0401486282	0961343434	12343P	Editar	Estado
OSCAR JAVIER	VUENDA CANDO	0504420282	0995337079	123406	Editar	Estado
KAROL	CHANATASIG	0504154823	0999134222	0504154N23	Editar	Estado
SOFIA FERNANDA	RODRIGUEZ	0452688745	0987456858	234232	Editar	Estado
JENNY SILVANA	BOCHA CALI	0501459875	0967927040	542134	Editar	Estado

Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 5 registros

Anterior 1 Siguiente

Gestión Profesional

Al seleccionar la opción Registrar Profesional, el administrador puede observar el formulario con las opciones: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP y Foto, información para ser llenada.

Figura 54*Registro del profesional*

Registro de Profesional

Nombres:*

Apellidos:*

Cédula:*

Email:*

Contraseña:*

• This field is required.

Teléfono:*

Fecha de Nacimiento:*

Nacionalidad:*

Auto Identificación:*

Formación:*

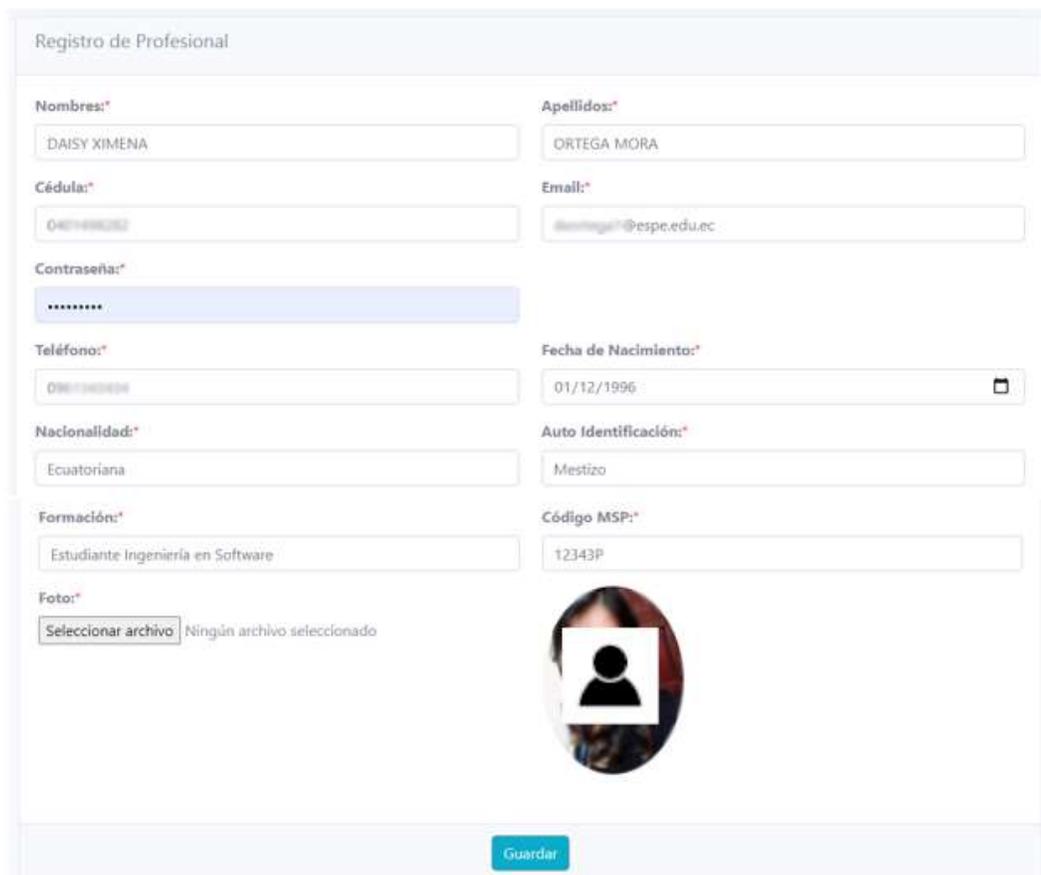
Código MSP:*

Fotos:*

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Guardar

Al momento de seleccionar la opción Editar como se muestra en la **Figura 53**, se despliega el formulario lleno con los datos del registro del profesional y cada uno con la opción para ser editados. Finalmente, en la parte baja hay el icono guardar que permite almacenar los nuevos datos.

Figura 55*Editar al profesional*

Registro de Profesional

Nombres:* DAISY XIMENA	Apellidos:* ORTEGA MORA
Cédula:* 0407498282	Email:* dortega@espe.edu.ec
Contraseña:* *****	
Teléfono:* 0981188888	Fecha de Nacimiento:* 01/12/1996
Nacionalidad:* Ecuatoriana	Auto Identificación:* Mestizo
Formación:* Estudiante Ingeniería en Software	Código MSP:* 12343P
Foto:* Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado	

Guardar

En el icono Estado como se muestra en la **Figura 53**, se puede poner al profesional seleccionado en Activo e Inactivo dentro del sistema, y en la parte baja dos iconos de Cancelar y Actualizar.

Figura 56

Actualizar estado Activo



A screenshot of a web application dialog box titled "Actualizar Estado" with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar, there is a label "Estado:" followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing the selected option "Activo". At the bottom of the dialog, there are two buttons: a red "Cancelar" button and a green "Actualizar" button.

Figura 57

Actualizar Estado Inactivo



A screenshot of a web application dialog box titled "Actualizar Estado" with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar, there is a label "Estado:" followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing the selected option "Inactivo". At the bottom of the dialog, there are two buttons: a red "Cancelar" button and a green "Actualizar" button.

Página Pacientes

Al escoger la opción Pacientes, se puede visualizar los pacientes existentes en la aplicación para tener una previa cita en el centro, en esta lista se encontrarán datos importantes como: Nombres, Apellidos, Cédula, Teléfono, Fecha cita. En esta pantalla también se visualizan dos iconos: Estado, que sirve para activar al paciente una Historia Clínica y Acción, para poder eliminar al paciente que no tenga activado una Historia Clínica, y a su vez acceder a llenar los datos de una historia clínica. Además, se puede visualizar la opción de un buscador y el botón para registrar un nuevo paciente.

Figura 58

Listado de pacientes



Registrar Paciente

Mostrar 10 registros

Buscar

Nombres	Apellidos	Cédula	Teléfono	Fecha Cita	Estado	Acción
ENAR	GUAMAN	1002487925	0961170595	24-04-2021	<input type="checkbox"/>	Eliminar
MARIBEL	MORA	0401498290	0994528654	06-04-2021	<input checked="" type="checkbox"/>	Historia Clínica
JOSE DEJID	ORTEGA TANICUCHI	0401498752	0994528846	05-04-2021	<input type="checkbox"/>	Eliminar

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

En la **Figura 59** se muestra el listado de pacientes cuando no existe ningún dato ingresado por el profesional.

Figura 59

Listado de pacientes vacía

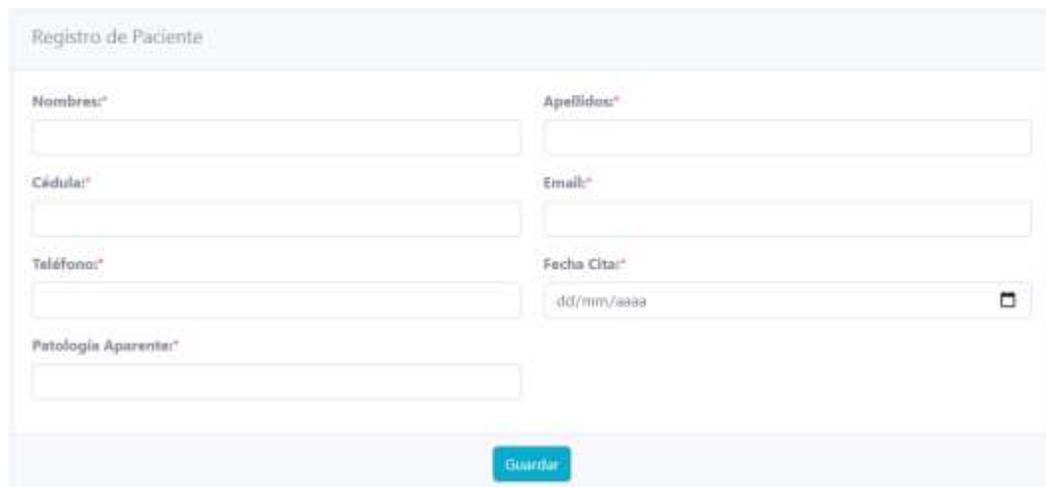


Gestión Pacientes

Al seleccionar la opción Registrar Paciente, el administrador o profesional puede observar el formulario donde consta los campos: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha cita, Patología Aparente.

Figura 60

Registro de paciente



Registro de Paciente

Nombres*

Apellidos*

Cédula*

Email*

Teléfono*

Fecha Cita*

Patología Aparenter*

Al seleccionar el icono Estado como se observa en la **Figura 58**, se despliega un mensaje para confirmar que se va activar una historia clínica al paciente, y en la parte baja hay dos iconos Cancelar y Si, continuar.

Figura 61

Estado de paciente



Al seleccionar el icono Historia Clínica como se observa en la **Figura 58**, se muestra el formulario lleno con los datos generales del centro de salud física y deportiva “FisioAtlas” y los datos del profesional que está atendiendo al Paciente.

Figura 62

Historia clínica, datos del centro del profesional

BLOQUE A: Datos Generales de la Unidad Operativa			
Fecha de Consulta/Atención:	25-04-2021	Lugar de Atención:	Latacunga
Nombre Unidad Operativa:	CENTRO DE TERAPIA FISICA Y DEPORTIVA "FisioAtlas"	Institución del Sistema:	Red Privado
Provincia:	Cotopasí	Cantón:	Latacunga
		Parroquia:	San Buena Aventura

BLOQUE B: Datos del Profesional			
Nombres y Apellidos:	HENRRY SANTIAGO CHANATASIG MEZA	Fecha de Nacimiento:	20-03-1993
Nacionalidad:	Ecuatoriano	Cédula:	0503870917
Autoidentificación:	Mestizo		
Formación personal:	Fisioterapia	Código MSP:	51710
Contactos:	0987982214	Correo:	santy8516@gmail.com

Además, se puede observar los datos del paciente anteriormente ingresado y los campos con la opción para ser actualizados.

Figura 63

Editar al paciente

BLOQUE C: Datos del Paciente	
Nombres*	Apellidos*
BLANCA ERLINDA	MORA COBAGANGO
Cédula*	Email*
1713379632	blancamora@gmail.com
Teléfono*	Fecha Atención*
0988979632	25/04/2021 
Patología Agente*	
Síndrome de Túnel Carpiano	

En la parte baja se observa los campos para llenar de una historia clínica, finalmente hay el icono guardar.

Figura 64

Historia clínica de un paciente

Patología Aparente: <input type="text" value="Síndrome de Túnel Carpiaco"/>	
Fecha Nacimiento: <input type="text" value="dd/mm/aaaa"/>	Sexo: <input type="text" value="-----"/>
Estado Civil: <input type="text" value="-----"/>	Provincia de residencia: <input type="text" value="-----"/>
Cantón de residencia: <input type="text" value="--Selección--"/>	Parroquia: <input type="text"/>
Dependientes: <input type="text" value="-----"/>	
Nombre Representante: <input type="text"/>	Cédula Representante: <input type="text"/>

1. SIGNOS VITALES	
Peso: <input type="text"/>	Temperatura: <input type="text"/>
Talla: <input type="text"/>	Presión arterial: <input type="text"/>
IMC: <input type="text"/>	Frecuencia respiratoria: <input type="text"/>
Frecuencia cardíaca: <input type="text"/>	

2. ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	
2.1. ANTECEDENTES PATOLÓGICOS PERSONALES	
a) Hábitos de Salud	
Actividad física: <input type="text"/>	Alimentación: <input type="text"/>
Consumo: <input type="text" value="-----"/>	
b) Medicamentos	
Nombre medicamento: <input type="text"/>	Nombre comercial: <input type="text"/>
Administración: <input type="text"/>	Frecuencia: <input type="text"/>

c) Medicamentos

Patologías:

Intervenciones quirúrgicas:

C) Patologías:

d) Intervenciones quirúrgicas:

2.2. ANTECEDENTES PATOLÓGICOS FAMILIARES

HTA:

DM:

Dislipidemias:

ECV:

Alergias:

Cáncer:

Otros:

3. MOTIVO DE CONSULTA:

4. ESTADO FUNCIONAL / NIVEL ACTIVIDAD:

REVISIÓN APARATOS / SISTEMAS:*

5. TEST / MEDICIONES

5.1. EXPLORACIÓN FÍSICA

a) Inspección:*

b) Palpación:*

5.2. APLICACIÓN DE PRUEBAS

Calificar:*

6. DIAGNÓSTICO

a) Diagnóstico Clínico:*

a) Diagnóstico Fisioterapéutico:*

7. EXÁMENES COMPLEMENTARIOS

Diagnóstico Clínico:*

8. PRONÓSTICO:*

9. INTERVENCIÓN

Objetivo Inicial:*

Etapas I Objetivo de intervención:*

Plan de tratamiento:*

Etapas II Objetivo de intervención:*

Plan de tratamiento:*

The image shows a screenshot of a web form with several text input fields. The fields are arranged vertically and are labeled as follows:

- Etapa III Objetivo de intervención:*
- Plan de tratamiento:*
- Plan de cuidado:*
- Plan de cuidado:*
- 10. RESULTADOS:*
- 11. ANEXOS:*

At the bottom of the form, there is a blue button labeled "Guardar".

Al seleccionar el icono Eliminar como se observa en la **Figura 58**, se puede visualizar la información del registro, y por ende seleccionar el botón “Cancelar” o el botón “Si, eliminar”.

Figura 65

Eliminar al paciente



Página Seguimiento

Al seleccionar la opción Seguimiento, se despliega todos los pacientes que han sido registrados en la aplicación y que tienen una historia clínica, en esta lista se encontraran datos importantes, más un icono Crear rutina para asignar los juegos a cumplir en la casa, y Control para realizar un seguimiento del cumplimiento de la rutina.

Además, se puede visualizar la opción de un buscador.

Figura 66

Listado de pacientes con seguimiento

The screenshot shows a web interface for patient tracking. At the top, there is a search bar labeled "Buscar:" and a dropdown menu set to "Mostrar 10 registros". Below this is a table with the following columns: "Nombres", "Apellidos", "Cédula", "Teléfono", and "Fecha Cita". Each row represents a patient and includes a button for "Crear rutina" or "Control".

Nombres	Apellidos	Cédula	Teléfono	Fecha Cita	
BLANCA ERLINDA	MORA COBAGANGO	1713379632	0988079632	25-04-2021	Crear rutina
EIVAR	GUAMAN	1002487925	0961170995	24-04-2021	Control
MARIBEL	MORA	0401488390	0994526654	06-04-2021	Crear rutina

At the bottom of the table, it says "Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros". There are also navigation buttons: "Anterior", "1" (highlighted), and "Siguiente".

Gestión Rutina

Al seleccionar la opción Crear Rutina, el administrador o profesional puede observar el formulario donde se muestran los campos: Fecha Inicio, Fecha Fin, Número

sesiones (se coloca automáticamente), Mano derecha o izquierda, Observación, Seleccionar los juegos (saltarín, guerra o comelón). Y en la parte de abajo un icono Guardar.

Figura 67

Registro de rutina

Registro Actividad paciente: BLANCA ERLINDA MORA COBAGANGO

Fecha Inicio: 23/05/2021 Fecha Fin: 28/05/2021

Número sesiones: 6 Mano: Derecha Izquierda

Observación: Síndrome de Tinel carpiano en la mano Derecha, demasiado dolor.

Seleccione los juegos



Activo

Saltarín

Un personaje el cual usa 2 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano, para mover al jugador hacia el lado derecho e izquierdo evitando caer en los espacios vacíos.



Activo

Guerra

Un cohete el cual usa los 4 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano, mano arriba y mano abajo, para mover al jugador y evitar el choque con otro objeto.



Activo

Comelón

Una estera el cual usa los 4 movimientos de la mano como son puño, abrir la mano, mano arriba y mano abajo, para mover al jugador y recolectar todas las esteras pequeñas, como también posee objetos (enemigos) que se mueven en el camino del jugador.

En la **Figura 66** se selecciona el icono Control, para desplegar la información de la actividad establecida al Paciente y el número de controles asignados automáticamente para cada juego activado. En la parte inferior el icono Finalizar Rutina.

Figura 68*Visualización de Rutina*

Información de Actividad

Fecha Inicio: 23-05-2021 Fecha Fin: 28-05-2021
Número de Controles: 6 Mano: Derecha

Estimación del Tratamiento: Normal

Control N° 1	Control N° 2	Control N° 3
Fecha Visita: 24-05-2021 Valoración: Existencia de dolor Grado de dolor: 8	Fecha Visita: 25-05-2021 Valoración: Se redujo el dolor Grado de dolor: 7	Fecha Visita: 26-05-2021 Valoración: Se comienza a dar movilidad al músculo Grado de dolor: 6
Ver Intentos	Ver Intentos	Ver Intentos

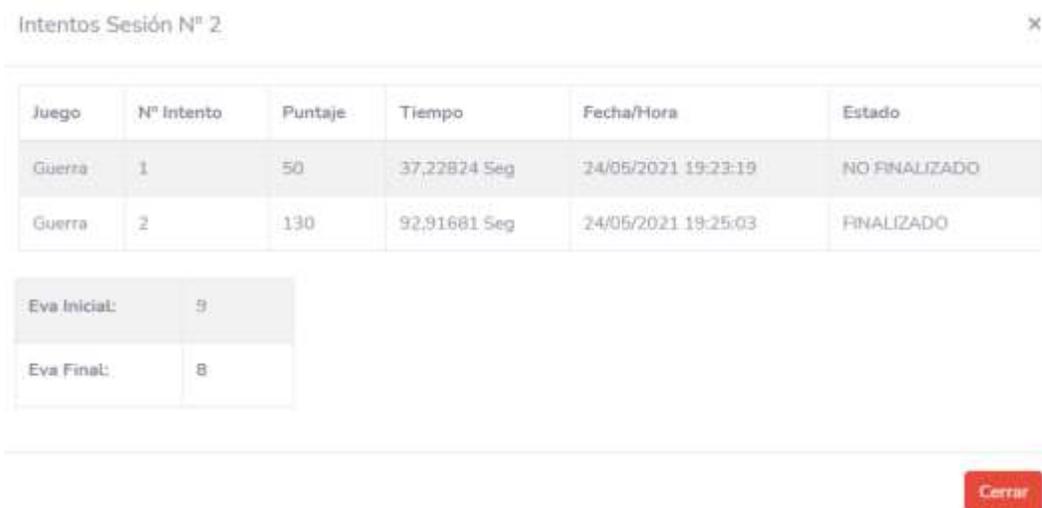
Control N° 4	Control N° 5	Control N° 6
Fecha Visita: 27-05-2021 Valoración: Mayor movilidad Grado de dolor: 5	Fecha Visita: 28-05-2021 Valoración: Comienzo de fuerza en el músculo Grado de dolor: 5	Fecha Visita: 29-05-2021 Valoración: Mayor Fuerza del músculo Grado de dolor: 1
Ver Intentos	Ver Intentos	Ver Intentos

[Finalizar Rutina](#)

En el icono Editar dentro del control, se puede llenar los campos de Fecha Visita, Valoración y Grado de Dolor.

Figura 69*Registro de control*


Al seleccionar el icono Ver Intentos como se observa en la **Figura 68**, se despliega el formulario lleno con los datos de los intentos realizados por cada paciente.

Figura 70*Visualizar intentos*


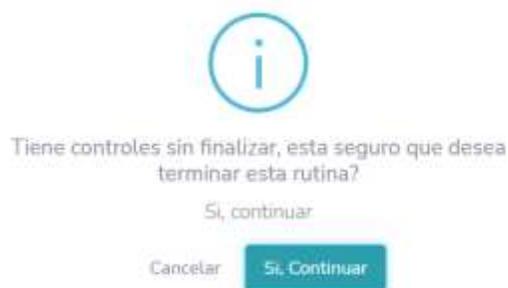
Juego	N° Intento	Puntaje	Tiempo	Fecha/Hora	Estado
Guerra	1	50	37,22824 Seg	24/05/2021 19:23:19	NO FINALIZADO
Guerra	2	130	92,91681 Seg	24/05/2021 19:25:03	FINALIZADO

Eva Inicial:	9
Eva Final:	8

Como se observa en la **Figura 68** el icono Finalizar Rutina, al seleccionarlo se puede observar un mensaje con dos botones Cancelar y Si, Continuar.

Figura 71

Finalizar rutina



Y finalmente la Rutina queda cancelada y no se puede editar los controles.

Figura 72

Rutina cancelada

Información de Actividad

Fecha Inicio: 01-05-2021 Fecha Fin: 06-05-2021

Número de Controles: 6 Mano: Derecha

Estimación del Tratamiento: Largo

Control Nº 1	Control Nº 2	Control Nº 3
Fecha Visita: 07-05-2021	Fecha Visita: 25-05-2021	Fecha Visita: Sin Registrar
Valoración: 123	Valoración: 0	Valoración: Sin Registrar
Grado de dolor: 5	Grado de dolor: 4	Grado de dolor: Sin Registrar
Ver Intentos	Ver Intentos	Ver Intentos

Control Nº 4	Control Nº 5	Control Nº 6
Fecha Visita: Sin Registrar	Fecha Visita: Sin Registrar	Fecha Visita: Sin Registrar
Valoración: Sin Registrar	Valoración: Sin Registrar	Valoración: Sin Registrar
Grado de dolor: Sin Registrar	Grado de dolor: Sin Registrar	Grado de dolor: Sin Registrar
Ver Intentos	Ver Intentos	Ver Intentos

Página Reportes

Al seleccionar la opción Reportes, el administrador o profesional puede observar todos los pacientes que hayan terminado los controles diarios durante la rutina, en esta lista se encontraran datos importantes, más un icono Reporte para visualizar los datos de la rutina enviada al paciente, y Gráficas para realizar un seguimiento de la evolución. Además, se puede visualizar la opción de un buscador.

Figura 73

Página Reportes



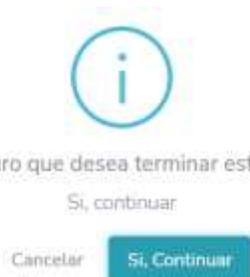
Nombre	Apellido	Cédula	Teléfono	Fecha Cita	Reporte	Gráficas
BLANCA ERLINDA	MORA COBAGANÓ	1713379632	0988579632	25-04-2021	Reporte	Gráficas
MIRELLA	PANCHÁ	0504230962	0992464091	27-04-2021	Reporte	Gráficas
MARCO	PEREZ	173528885	0987982214	27-04-2021	Reporte	Gráficas
MANUEL ANTONIO	SOLÍS	0403257896	0988979632	20-04-2021	Reporte	Gráficas
JENNY SILVANA	BOLCHA CAU	0904351549	0987927049	20-04-2021	Reporte	Gráficas

Visualización Reporte

Para visualizar al paciente en la lista de reportes, anteriormente se debe haber terminado la rutina.

Figura 74

Finalizar Rutina



En la **Figura 73**, al seleccionar el icono Reporte se despliega el nombre del profesional y del paciente, y datos importantes como es el nombre del juego con sus respectivos controles diarios (fecha y hora), el número de intentos realizados por cada uno, el número de movimientos repeticiones realizados dentro de cada juego y finalmente el estado de la rutina (Finalizado o sin finalizar).

Figura 75

Visualización del reporte

Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOATLAS"

Fisioterapeuta:
LIC. HENRRY SANTIAGO CHANTASIG

Paciente:
BLANCA MELINDA HERRERA CIBADANOS

Juego	N° Control	N° Intento	Puntaje	Tiempo	Fecha/Hora	Mov Abajo	Mov Abrir	Mov Arriba	Mov Puño	Estado
Saltarín	Control N° 1	1	3	8,063573 Seg	23/05/2021 20:23:12	0	1	0	1	NO FINALIZADO
Saltarín	Control N° 1	2	7	10,9829 Seg	23/05/2021 20:23:29	0	5	0	1	NO FINALIZADO
Saltarín	Control N° 1	3	3	4,588966 Seg	23/05/2021 20:24:05	0	0	0	2	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 3	3	100	23,67418 Seg	25/05/2021 21:24:25	7	12	8	11	FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	4	18	19,08424 Seg	28/05/2021 19:39:30	2	0	0	2	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	5	53	24,78664 Seg	28/05/2021 19:39:55	3	4	1	4	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	6	72	28,88134 Seg	28/05/2021 19:40:24	8	9	2	8	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	7	90	16,24905 Seg	28/05/2021 19:40:48	7	12	2	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	8	112	12,01007 Seg	28/05/2021 19:41:01	7	15	4	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	9	123	10,26041 Seg	28/05/2021 19:41:12	8	17	6	12	FINALIZADO

[Descargar pdf](#)

Además, un botón para poder descargar el reporte del paciente, como un archivo PDF.

Figura 76

Reporte en PDF del paciente



Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOATLAS"

Fisioterapeuta: Lic. HENRRY SANTIAGO CHANTASIG

Paciente: BLANCA ERLINDA MORA OSORIO

Juego	N° Control	N° Intento	Puntaje	Tiempo	Fecha/Hora	Mov. Abajo	Mov. Abre	Mov. Arriba	Mov. Puño	Estado
Salto	Control N° 1	1	3	6,063573 Seg	23/05/2021 20:23:12	0	1	0	1	NO FINALIZADO
Salto	Control N° 1	2	7	10,3829 Seg	23/05/2021 20:23:29	0	5	0	1	NO FINALIZADO
Salto	Control N° 1	3	3	4,588966 Seg	23/05/2021 20:24:05	0	0	0	2	NO FINALIZADO
Salto	Control N° 1	4	5	9,953705 Seg	23/05/2021 20:28:52	0	0	0	4	NO FINALIZADO
Salto	Control N° 1	5	3	4,141942 Seg	23/05/2021 20:29:02	0	1	0	5	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	7	90	16,24806 Seg	28/05/2021 19:40:48	7	12	2	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	8	112	12,01007 Seg	28/05/2021 19:41:01	7	15	4	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	9	123	10,26041 Seg	28/05/2021 19:41:12	8	17	6	12	FINALIZADO

Nota: En caso de alguna duda, consultar con su respectivo médico.

Visualización Gráficas

Al seleccionar el icono Gráficas como se muestra en la **Figura 73**, se despliegan dos gráficas que van a representar la evolución del paciente en las rutinas. En la primer grafica está el progreso de la tele-rehabilitación, en la barra color azul está representado el grado de dolor Eva con el que empieza el paciente su rutina diaria, y la barra color naranja con el grado de dolor Eva que finaliza.

Figura 77

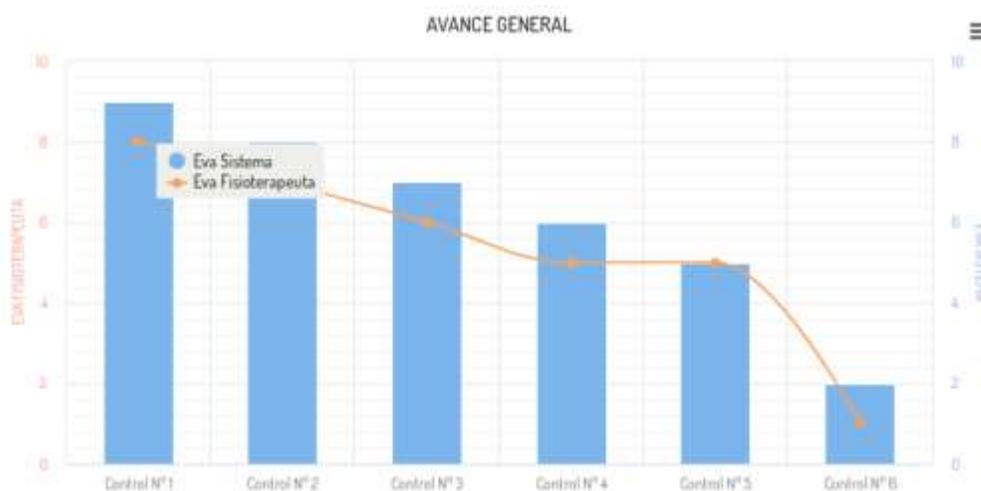
Gráfica del progreso de la tele-rehabilitación



En la segunda gráfica se muestra el Avance general del paciente, la barra azul representa el grado de dolor Eva final con el que termina el paciente al cumplir la rutina diaria, mientras que la línea color naranja es el valor del grado de dolor Eva que ingresa el profesional después de una evaluación exhaustiva en el centro.

Figura 78

Gráfica del avance general



3.11 Limitaciones para el uso del sistema de tele-rehabilitación.

- El uso del sistema será exclusivamente para pacientes con síndrome del túnel carpiano del centro de rehabilitación que hayan sido asignados una rutina.
- Para usar el sistema es necesario tener conexión a internet no inferior a 256 b/s.
- La computadora debe estar conectada a la pulsera cargada y encendida mediante el USB Dongle.

3.12 Limitaciones para el uso del sistema de seguimiento.

- El navegador Web en Windows debe ser Google Chrome 50 o versiones superiores, Firefox 50 o versiones superiores.

CAPÍTULO IV

4. Despliegue y pruebas

4.1 Introducción al capítulo

Una vez concluido el desarrollo del sistema de seguimiento y el sistema de tele-rehabilitación se despliegan en sus plataformas para que puedan interactuar entre ellas. También se cuenta con el Servidor de base de datos MariaDB.

Adicional a esto se realizó un manual de usuario el cual está dirigido al paciente y al profesional para el uso del brazalete GForce pro y del sistema de tele-rehabilitación (ver **Anexo A**).

4.2 Despliegue del sistema de seguimiento

La aplicación se encuentra alojada en un repositorio privado con las siguientes características:

- Paquete de alojamiento: Host Personal
- Versión del PHPMyAdmin: 4.9.5
- Versión Apache: 2.4.41
- Versión MariaDB: 10.3.25

Debe estar denominada por un dominio para poder acceder al sistema de seguimiento. Finalmente se accede por la URL: <https://www.fisioatlaslatacunga.com/>.

4.3 Despliegue del sistema de tele-rehabilitación

A continuación, se describe como generar el exe de la aplicación:

Seleccionar la opción de menú **File** -> **Build Settings**, se escoge la plataforma PC (Windows), se presiona “Build” o “Build and run”, ya que los dos generan los ejecutables del juego, pero el segundo “Build and run” lo inicia.

Como siguiente paso se selecciona la carpeta y se pulsa el botón **Seleccionar Carpeta**. Se inicia el proceso de compilación.

Una vez completado el proceso se generará los archivos necesarios para que la aplicación pueda ser distribuida en dicho caso el nombre de la aplicación es “TeleRehabilitaciónSTC”.

Figura 79

Archivos generados

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Mono	9/4/2021 17:06	Carpeta de archivos	
TeleRehabilitacionSTC_Data	9/4/2021 17:06	Carpeta de archivos	
17_21_39_485	9/4/2021 17:25	Documento de te...	995 KB
519D412D0796	9/4/2021 17:21	Archivo	4 KB
TeleRehabilitacionSTC	9/4/2021 17:06	Aplicación	636 KB
UnityCrashHandler64	10/2/2021 11:27	Aplicación	1,426 KB
UnityPlayer.dll	10/2/2021 11:27	Extensión de la ap...	22,922 KB
WinPixEventRuntime.dll	10/2/2021 11:16	Extensión de la ap...	33 KB

El .exe será distribuida por el especialista para su instalación en computadores compatibles.

4.4 Pruebas de la aplicación

Las pruebas descritas en el presente documento fueron realizadas para verificar y validar el correcto funcionamiento de la integración de las aplicaciones. Estas pruebas permiten identificar falencias y errores que se correspondan a la funcionalidad, navegabilidad, usabilidad e implementación del sistema de seguimiento y el sistema de tele-rehabilitación, además, verificar la transmisión de los datos en tiempo real.

Esto permite cumplir con las expectativas del profesional y sus pacientes, con respecto al Sistema Software de Tele-rehabilitación del Síndrome de Túnel Carpiano mediante sensores electromiográficos.

A continuación, se muestran dichas pruebas.

Casos de pruebas de interfaz y de funcionalidad

Sistema de tele-rehabilitación

Tabla 9

Caso de prueba 1

Casos de pruebas	N° 1: Inicialización de la aplicación
Condiciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe disponer de internet • El paciente debe tener instalada la aplicación en su computador 	
Entrada:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe ejecutar la aplicación y esta debe mostrar la pantalla de inicio de sesión 	
Resultados:	
<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso con éxito, se muestra la pantalla de inicio de sesión 	
Estado de la prueba:	
<ul style="list-style-type: none"> • Exitosa 	

Tabla 10

Caso de prueba 2

Casos de pruebas	N° 2: Acceso a la aplicación
Condiciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe disponer de internet • El paciente debe estar registrado en el sistema de seguimiento • El paciente debe tener asignado una rutina • La aplicación debe mantenerse en ejecución 	

Entrada:

- El paciente debe ingresar un correo para el inicio de sesión

Resultados:

- Ingreso con éxito, se muestra la pantalla de conexión con el brazalete

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Tabla 11*Caso de prueba 3*

Casos de pruebas**N° 3: Ingreso al juego (Saltarín).**

Condiciones:

- El paciente debe disponer de internet
 - El paciente debe haber iniciado sesión
 - El paciente debe tener juegos asignados por el profesional
 - El paciente debe tener colocado la pulsera Gforce en el antebrazo que padece STC.
 - El paciente debe tener conectado el USB Dongle a su computador
-

Entrada:

- El paciente debe seleccionar el juego que le fue asignado por el profesional en este caso el juego (Saltarín).
-

Resultados:

- Ingreso con éxito, se muestra el entorno del juego (Saltarín).
-

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Tabla 12*Caso de prueba 4*

Casos de pruebas	N° 4: Ingreso al juego (Guerra)
Condiciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe disponer de internet • El paciente debe haber iniciado sesión • El paciente debe tener juegos asignados por el profesional • El paciente debe tener colocado la pulsera Gforce en el antebrazo que padece STC. • El paciente debe tener conectado el USB Dongle a su computador • La aplicación debe mantenerse en ejecución 	
Entrada:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe seleccionar el juego que le fue asignado por el profesional en este caso el juego (Guerra). 	
Resultados:	
<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso con éxito, se muestra el entorno del juego (Guerra). 	
Estado de la prueba:	
<ul style="list-style-type: none"> • Exitosa 	

Tabla 13*Caso de prueba 5*

Casos de pruebas	N° 5 Ingreso al juego (Comelón)
Condiciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente debe disponer de internet • El paciente debe haber iniciado sesión 	

-
- El paciente debe tener juegos asignados por el profesional
 - El paciente debe tener colocado la pulsera Gforce en el antebrazo que padece STC.
 - El paciente debe tener conectado el USB Dongle a su computador
 - La aplicación debe mantenerse en ejecución
-

Entrada:

- El paciente debe seleccionar el juego que le fue asignado por el profesional, en este caso el juego (Comelón).
-

Resultados:

- Ingreso con éxito, se muestra el entorno del juego (Comelón).
-

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Tabla 14*Caso de prueba 6***Casos de pruebas****N° 6: Ejecución del juego**

Condiciones:

- El paciente debe disponer de internet
 - El paciente debe haber iniciado sesión
 - El paciente debe tener juegos asignados por el médico
 - El paciente debe tener colocado la pulsera Gforce en el antebrazo que padece STC.
 - El paciente debe tener conectado el USB Dongle a su computador
 - La aplicación debe mantenerse en ejecución
-

Entrada:

- El paciente debe realizar los ejercicios que demanda la aplicación

Resultados:

- Ejecución con éxito, el objeto principal es movilizado mediante los movimientos detectados por la pulsera Gforce.

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Tabla 15*Caso de prueba 7*

Casos de pruebas**N° 7: Almacenamiento de datos**

Condiciones:

- El paciente debe disponer de internet
- El paciente debe haber iniciado sesión
- El paciente debe tener juegos asignados por el profesional
- El paciente debe tener colocado la pulsera Gforce en el antebrazo que padece STC.
- El paciente debe tener conectado el USB Dongle a su computador
- La aplicación debe mantenerse en ejecución

Entrada:

- El paciente debe movilizar y realizar los ejercicios del control diario, para emitir los datos mediante el brazaletes electromiográfico.

Resultados:

-
- Almacenamiento exitoso, se muestra un mensaje de que los datos fueron guardados exitosamente.
-

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Sistema de seguimiento

Una vez finalizada la fase de desarrollo, se realizará las respectivas pruebas para la validación y verificación de la funcionalidad del sistema de seguimiento desarrollada, según los requerimientos iniciales.

Tabla 16

Caso de prueba 8

Casos de pruebas

N° 8: Iniciar la pantalla inicial del sistema de seguimiento.

Condiciones:

- El profesional/administrador debe disponer de internet.
 - El profesional/administrador debe ejecutar un navegador web.
-

Entrada:

- El profesional/administrador al introducir la url:
www.fisioatlaslatacunga.com, debe mostrarse del mismo modo que la **Figura 63.**
-

Resultados:

- Ingreso con éxito, al ingresar a la url se muestra la pantalla inicial del mismo modo que la ilustración 63.
-

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Figura 80

Pantalla inicial del sistema de seguimiento

**Tabla 17**

Caso de prueba 9

Casos de pruebas**N° 9: Acceso al sistema de seguimiento**

Condiciones:

- El profesional/administrador debe disponer de internet
 - El profesional/administrador debe estar registrado en el sistema de seguimiento.
 - La aplicación debe mantenerse en ejecución.
-

Entrada:

-
- El profesional/administrador debe ingresar con un correo y una contraseña, para el inicio de sesión, y se debe visualizar la misma pantalla que la **Figura 64** para el administrador y la **Figura 65** para el profesional.

Resultados:

- Ingreso con éxito, se muestra la pantalla de inicio del sistema de seguimiento.

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

Figura 81

Pantalla de inicio para el administrador

**Figura 82**

Pantalla de inicio para el profesional

**Tabla 18**

Caso de prueba 10

Casos de pruebas	N° 10: Verificación de formularios y links vacíos.
-------------------------	---

Condiciones:

- El profesional/administrador debe disponer de internet
 - El profesional/administrador debe ejecutar un navegador web.
-

Entrada:

- El profesional/administrador debe ingresar a la url:
www.fisioatlaslatacunga.com,
- Validación de enlaces.
- Validación de Tabs.
- Validación de diseño de formularios.

Resultados:

- Ingresos con éxito a los enlaces y formularios, no existe ningún link vacío.

Estado de la prueba:

- Exitosa
-

CAPÍTULO V

5. Validación del sistema

5.1 Introducción del capítulo

En el desarrollo del presente capítulo se realizará la validación del sistema de seguimiento y el sistema de Tele-rehabilitación, de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos en el capítulo III; y la validación mediante SUS, que es una técnica que permite conocer de forma directa que tan satisfechos se encuentran los usuarios usando el Sistema Software de Tele-rehabilitación mediante sensores electromiográficos.

Con la ayuda del profesional de salud del centro rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS se realizará una validación médica y de los pacientes, para verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con el síndrome del túnel carpiano.

5.2 Validación de la Sistema de Tele-rehabilitación

La validación del sistema se realiza mediante la lista de chequeo de los criterios de aceptación que se estableció en los requerimientos iniciales.

Tabla 19

Validación de la historia de usuario 1

HU01:

Como paciente, quiero que el sistema virtual contenga por lo menos tres entornos 3D que puedan funcionar en base a los movimientos de la mano.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener un entorno amigable	x		
Validar la información del formulario actual	x		

Debe tener funcionalidad en base a los movimientos de la pulsera	x
Se envía un mensaje de “Aun no completas la rutina” o “completaste la rutina, felicidades” luego de terminar cada juego	x

Tabla 20

Validación de la historia de usuario 2

HU02:

Como paciente, quiero que el sistema almacene los datos necesarios en la base de datos para listar el avance en el seguimiento médico.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener exactitud en el almacenamiento de datos.	x		
Validar la información del formulario actual	x		

Tabla 21

Validación de la historia de usuario 3

HU03:

Como paciente, quiero que el sistema virtual recepte la información emitida por la pulsera de datos electromiográficos, con el fin de almacenar dichos datos.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Tener exactitud en la recepción de datos.	x		

Validar la información del formulario actual	x
--	---

Tabla 22*Validación de la historia de usuario 4***HU04:**

Como administrador, quiero realizar el registro de correo y contraseña, para acceder de forma segura a la aplicación web.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva	x		
Validar la información del formulario actual	x		
El administrador no puede enviar un formulario sin completar todos los datos obligatorios.	x		
¡Se envía un mensaje de “Opss! Ha ocurrido un error, por favor ingresa un email y contraseña correcta”, luego de recibir la información equivocada en el formulario.	x		

Tabla 23*Validación de la historia de usuario 5***HU05:**

Como administrador, quiero realizar el registro de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento,

Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para almacenar dicha información.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva	x		
Validar la información del formulario actual	x		
El administrador no puede enviar un formulario sin completar todos los datos obligatorios.	x		
Se envía un mensaje: “Guardado correctamente”, luego de crear el registro.	x		
Se mostrará un mensaje de error “Error al guardar”, en el caso que el registro no sea guardado.	x		

Tabla 24

Validación de la historia de usuario 6

HU06:

Como administrador, quiero realizar actualización de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para tener la información actualizada.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
-------------------------------	-----------	-----------	--------------------

No puede modificar la información, si existe campos vacíos.	x
Se envía un mensaje: “Actualizado Correctamente”, luego de modificar el registro.	x
Se mostrará un mensaje de “Error al Actualizar”, en el caso que el registro no sea guardado.	x

Tabla 25

Validación de la historia de usuario 7

HU07:

Como administrador quiero visualizar la información de los profesionales: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Contraseña, Teléfono, Fecha de Nacimiento, Nacionalidad, Auto Identificación, Formación, Código MSP, Foto, para verificar si los datos son correctos.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados	x		
Cargar la información correcta en cada uno de los campos.	x		

Tabla 26*Validación de la historia de usuario 8***HU08:**

Como usuario, quiero realizar el registro del paciente para una previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para guardar la información.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva	x		
Validaciones en sus campos.	x		
No puede guardar la información si existe campos obligatorios vacíos.	x		
Se envía un mensaje: "Guardado correctamente", luego de crear el registro.	x		
Se mostrará un mensaje de "Error al Guardar", en el caso que el registro no sea guardado	x		

Tabla 27*Validación de la historia de usuario 9***HU09:**

Como usuario, quiero realizar la actualización de la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para tener la información actualizada.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva	x		
No puede modificar la información, si existe campos vacíos.	x		
Se envía un mensaje: "Actualizado Correctamente", luego de modificar el registro.	x		
Se mostrará un mensaje de "Error al Actualizar", en el caso que el registro no sea guardado.		x	

Tabla 28

Validación de la historia de usuario 10

HU10:

Como usuario, quiero visualizar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para verificar si los datos son correctos.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados.	X		
Cargar la información correcta en cada uno de los campos.	X		

Tabla 29*Validación de la historia de usuario 11***HU11:**

Como usuario, quiero eliminar la información del paciente con previa cita: Nombres, Apellidos, Cédula, Email, Teléfono, Fecha de Cita, Patología aparente, para liberar espacio.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Se mostrará un mensaje de confirmación, para verificar si desea o no eliminar el registro.	x		
Se envía un mensaje: "Borrado Correctamente", luego de borrar el registro.	x		

Tabla 30*Validación de la historia de usuario 12***HU12:**

Como usuario, quiero añadir una historia clínica al paciente con previa cita.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva.	x		
Validaciones en sus campos.	x		
No puede guardar la información si existe campos obligatorios vacíos.	x		

Se envía un mensaje: “Guardado correctamente”, luego de crear el registro.	x
Se mostrará un mensaje de “Error al Guardar”, en el caso que el registro no sea guardado.	x

Tabla 31

Validación de la historia de usuario 13

HU13:

Como usuario, quiero actualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva.	x		
No puede modificar la información, si existe campos vacíos.	x		
Se envía un mensaje: “Actualizado Correctamente”, luego de modificar el registro.	x		
Se mostrará un mensaje de “Error al Actualizar”, en el caso que el registro no sea guardado.	x		

Tabla 32*Validación de la historia de usuario 14*

HU14:

Como usuario, quiero visualizar la información de la historia clínica al paciente con previa cita.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados.	x		
Cargar la información correcta en cada uno de los campos.	x		

Tabla 33*Validación de la historia de usuario 15*

HU15:

Como usuario, quiero asignar una rutina de ejercicios mediante la activación de los juegos preestablecidos: Fecha inicio y fin, Observación, Mano derecha o izquierda.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva.	x		
Se envía un mensaje: "Rutina asignada", luego de asignar el registro.	x		
Se mostrará un mensaje de "Error al Guardar", en el caso que el registro no sea guardado.	x		

Tabla 34*Validación de la historia de usuario 16*

HU16

Como usuario, quiero visualizar el cumplimiento de la rutina de ejercicios de cada paciente mediante controles diarios.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los controles.	x		
Cargar la información correcta en cada uno de los campos.	x		

Tabla 35*Validación de la historia de usuario 17*

HU17

Como usuario, quiero realizar el registro del control presencial del paciente: Fecha visita, Valoración, Grado de dolor Eva.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe poseer una interfaz gráfica de usuario intuitiva.	x		
Validaciones en sus campos	x		
No puede guardar la información si existe campos obligatorios vacíos.	x		

Se envía un mensaje: “Esta seguro que desea guardar los datos. Si, ingresado”, luego de crear el registro. x

Se mostrará un mensaje de error “Error al guardar”, en el caso que el registro no sea guardado. x

Tabla 36

Validación de la historia de usuario 18

HU18

Como usuario, quiero visualizar un reporte de evolución del paciente con los datos importantes: Numero de control e intentos, puntaje y número de movimientos. Con su respectiva descarga en PDF.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los datos cargados.	x		
Cargar la información correcta en cada uno de los campos.	x		
Descargar el reporte en documento PDF	x		

Tabla 37*Validación de la historia de usuario 19*

HU19

Como usuario, quiero visualizar una gráfica de evolución diaria y una gráfica del avance general del paciente.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de los graficas con sus respectivos datos cargados.	x		

Tabla 38*Validación de la historia de usuario 20*

HU20

Como usuario, quiero visualizar una estimación de tiempo de recuperación del paciente mediante el método de Mamdani.

Lista de chequeo

Criterio de Aceptación	SI	NO	OBSERVACIÓN
Debe tener una visualización adecuada de la estimación de tiempo.	x		

5.3 Aplicación de la encuesta (SUS)

(Trymyui, 2021) menciona que “La escala de usabilidad del sistema (system usability scale SUS) es una métrica estandarizada para calcular la usabilidad de un sitio web u otro sistema interactivo”. SUS utiliza un cuestionario de 10 preguntas, los usuarios responden a cada pregunta en una escala de 5 puntos, desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo". Estas respuestas luego se utilizan para

generar una puntuación de usabilidad general extremadamente confiable para su sistema.

La interpretación de los resultados se basa en si es menor a 50 no aceptable, entre 50-70 marginal y mayor a 70 es Aceptable.

5.4 Validación médica

El profesional (fisioterapeuta) realiza la manipulación del sistema software de Tele-rehabilitación mediante sensores electromiográficos, para aprobar el correcto funcionamiento del mismo, comprobando que cumpla con todas las historias de usuario establecidas en la metodología Scrum. Para esta validación se cuenta con la colaboración del Lcdo. Santiago Chanatasig, líder del Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS, como se observa en la **Figura 83**

Figura 83

Lcdo. Santiago Chanatasig probando el sistema software de Tele-rehabilitación



Para verificar la usabilidad del sistema se aplica la encuesta SUS al profesional, una vez realizado los cálculos necesarios se obtuvo un resultado en el cuestionario SUS de 82,5 puntos, que quiere decir que el sistema es **aceptable**, siendo intuitivo y fácil de usar como también cumpliendo las expectativas y necesidades del usuario. Lo cual

demuestra que el uso del sistema se adaptó a los ejercicios adicionales necesarios para culminar su total rehabilitación.

Cuando el profesional ha sido capacitado acerca del uso del sistema este puede enseñar a los pacientes su funcionamiento, ya que el uso del sistema es sencillo de comprender.

5.5 Validación de pacientes

Para esta investigación se utilizó el muestreo no probabilístico, y está constituida por 8 pacientes que fueron seleccionados mediante sujetos voluntarios, los cuales padecen el Síndrome del Túnel Carpiano ” con etapa III , los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión para dicha aplicación, mediante el consentimiento y colaboración de los pacientes y el especialista Fisioterapeuta del Centro de Rehabilitación Física y Deportiva “FisioAtlas”, se aplicó el sistema de Tele Rehabilitación, a los pacientes con STC.

Con los criterios de inclusión como son:

- Pacientes hombres o mujeres desde los 30 en adelante.
- Con una valoración clínica de STC, establecida mediante un diagnóstico de exploración física como puede ser: La prueba de Tinel o prueba Phalen.
- Remitidos por consultas externas como traumatología.

Criterios de exclusión

- Mujeres embarazadas.
- Personas con cáncer a cualquier nivel.
- Personas con artritis inflamatorias
- Personas con trastornos de la tiroides.
- Personas que no se hayan realizado cirugías de liberación de STC.

5.5.1 Análisis e interpretación de los resultados

Pregunta 1. Pienso que me gustaría utilizar este producto con frecuencia

Tabla 39

Pregunta 1 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	1	0%
Neutral	0	12.5%
De acuerdo	2	25%
Totalmente de acuerdo	5	62.5%
Total	8	100%

Pregunta 2. Encontré el producto innecesariamente complejo

Tabla 40

Pregunta 2 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	4	50%
En desacuerdo	1	12.5%
Neutral	1	12.5%
De acuerdo	1	12.5%
Totalmente de acuerdo	1	12.5%
Total	8	100%

Pregunta 3. Me pareció que el producto era fácil de usar

Tabla 41

Pregunta 3 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Neutral	2	25%
De acuerdo	3	37,5%
Totalmente de acuerdo	3	37,5%
Total	8	100%

Pregunta 4. Creo que voy a necesitar la ayuda de una persona técnica para poder utilizar este producto

Tabla 42

Pregunta 4 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	5	62,5%
En desacuerdo	0	0%
Neutral	1	12,5%
De acuerdo	2	25%
Totalmente de acuerdo	0	0%
Total	8	100%

Pregunta 5. Me pareció que las diversas funciones de este producto están bien integradas

Tabla 43

Pregunta 5 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Neutral	0	0%
De acuerdo	2	25%
Totalmente de acuerdo	6	75%
Total	8	100%

Pregunta 6. Me pareció que había demasiada inconsistencia en este producto

Tabla 44

Pregunta 6 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	5	62,5%
En desacuerdo	2	25%
Neutral	0	0%
De acuerdo	1	12,5%
Totalmente de acuerdo	8	100%
Total		

Pregunta 7. Me imagino que la mayoría de personas aprenderían a usar este producto muy rápidamente

Tabla 45

Pregunta 7 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Neutral	2	25%
De acuerdo	0	0%
Totalmente de acuerdo	6	75%
Total	8	100%

Pregunta 8. Me pareció que el producto es muy complicado de usar

Tabla 46

Pregunta 8 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	6	75%
En desacuerdo	1	12,5%
Neutral	1	12,5%
De acuerdo	0	0%
Totalmente de acuerdo	0	0%
Total	8	100%

Pregunta 9. Me sentí con mucha confianza al usar el producto

Tabla 47

Pregunta 9 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	1	12,5%
Neutral	0	0%
De acuerdo	2	25%
Totalmente de acuerdo	5	62,5%
Total	8	100%

Pregunta 10. Tenía que aprender muchas cosas antes de que pudiera comenzar a utilizar este producto

Tabla 48

Pregunta 10 de la Encuesta de Usabilidad

Opción	N° de Individuos	(%)
Totalmente en desacuerdo	3	37,5%
En desacuerdo	3	37,5%
Neutral	1	12,5%
De acuerdo	1	12,5%
Totalmente de acuerdo	0	0%
Total	8	100%

Cálculo:

$X =$ Suma de los puntos para todas las preguntas impares - 1

$Y = 5 -$ Suma de los puntos para todas las preguntas pares

Puntaje SUS = $(X + Y) \times 2.5$

Resultados:

Una vez realizado los cálculos necesarios se obtuvo un resultado en el cuestionario SUS de 81,5 puntos, que quiere decir que el sistema es **aceptable**, siendo intuitivo y fácil de usar como también cumpliendo las expectativas y necesidades del usuario.

5.6 Validación de la hipótesis propuesta

Para validar que el sistema de tele-rehabilitación tiene la capacidad de verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales se aplicará la prueba de hipótesis por T Student, la cual es óptima para muestras menores de 30.

Para verificar esta hipótesis se seleccionó una muestra de 8 pacientes, que utilizaron el sistema en varias sesiones, en base a estos datos se obtiene la media de 6 sesiones con un nivel de confianza de 95%, para garantizar el resultado de los cálculos estadísticos.

Datos de las sesiones realizadas por los pacientes:

Tabla 49

Conjunto de datos de las sesiones realizadas

PACIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº DE SESIONES REALIZADAS	10	6	4	6	10	7	8	5

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

x_i = Valores de un conjunto de datos

\bar{x} = promedio del conjunto de datos

n = tamaño de la muestra

De los datos obtenidos del sistema de tele-rehabilitación se realiza un análisis para calcular la desviación estándar:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$= \frac{(10 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(6 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(4 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(6 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(10 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(7 - 7)^2}{8 - 1}$$

$$+ \frac{(8 - 7)^2}{8 - 1} + \frac{(5 - 7)^2}{8 - 1} = \frac{34}{7} = \sqrt{\frac{34}{7}} = 2,2038$$

Se procede a plantear la hipótesis nula y la hipótesis alternativa en base al proyecto:

H(o): Si se desarrolla un sistema software de Tele rehabilitación mediante sensores electromiográficos entonces se verificará el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con el síndrome del túnel carpiano en el centro de Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS.

H(i): Si se desarrolla un sistema software de Tele rehabilitación mediante sensores electromiográficos entonces no se verificará el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con el síndrome del túnel carpiano en el centro de Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS.

Fórmula T Student

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

μ = promedio poblacional de la variable a estudiar (número de sesiones)

\bar{x} = promedio de variable analizada de la muestra

n = tamaño de la muestra

gl = grados de libertad

α = nivel de significancia

S = Desviación estándar de la muestra

Datos obtenidos

$$\mu = 6$$

$$\bar{x} = 7$$

$$n = 8$$

$$gl = n - 1 = 8 - 1 = 7$$

$$\alpha = 0,05$$

$$t = 2,2038$$

Se aplica la fórmula de t Student con los datos recolectados:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{7 - 6}{\frac{2,2038}{\sqrt{8}}} = 1,2834$$

Se obtiene los valores críticos basados en los grados de libertad y el tamaño de la muestra, designando así, la región de aceptación y rechazo:

$$-1,8946 < \text{Área de aceptación} < 1,8946$$

Comprobación de la hipótesis

En base a los resultados se muestra que 1,2834 se encuentra dentro de la región de aceptación

$$-1,8946 < 1,2834 < 1,8946$$

De esta manera se acepta la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 95%, y con esto se puede concluir que el sistema software de Tele rehabilitación mediante sensores electromiográficos si permite verifica el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa del paciente con el síndrome del túnel carpiano en el centro de Centro de rehabilitación física y deportiva FISIOATLAS.

5.7 Comparación de datos entre sesiones o controles diarios

Para comprobar si el sistema de seguimiento desarrollado puede formar parte del proceso de tele-rehabilitación para pacientes con Síndrome de túnel carpiano, se necesita visualizar el avance de la rutina de los controles diarios, para verificar si las molestias producidas por el síndrome de túnel carpiano disminuyen al aplicar el sistema.

Como se puede observar en la gráfica del Progreso de Tele-rehabilitación (ver **Figura 84**) que tiene 6 controles, en el primero y segundo se visualiza que el objetivo es reducir el dolor, en el tercero y cuarto se mejora la movilidad bajando considerablemente el dolor, finalizando en el quinto y sexto con mayor fuerza en el musculo y un leve dolor. La barra de color azul representa el grado de dolor Eva inicial con el cual el paciente empieza a realizar el primer juego, y la barra en color naranja el grado de dolor Eva final al concluir el juego, y así sucesivamente con todos los controles.

Figura 84

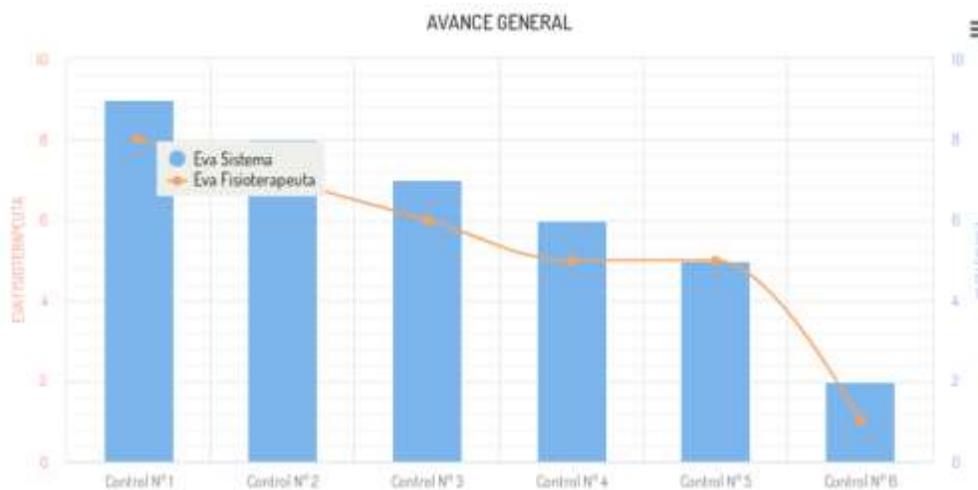
Gráfica de comparación de datos (evolución)



En la segunda gráfica del Avance General, se muestra al análisis completo del grado de dolor Eva ingresado por el paciente al finalizar el juego, representado por la barra color azul, y después de una valoración presencial del fisioterapeuta al paciente se ingresa un grado de dolor Eva que está representado por la línea de color naranja como se observa en la **Figura 85**.

Figura 85

Gráfica del avance general de los controles diarios



5.8 Reporte de datos

Una vez finalizada la rutina del paciente, se selecciona la opción Finalizar Rutina, permitiendo acceder a la opción reporte, el cual podrá ser visualizado y descargado.

El reporte mostrará los datos útiles para el profesional en el cual verificará el cumplimiento de la rutina, tal como se muestra en la **Figura 86**. Como también permitirá llevar un control del avance de cada paciente.

Es importante mencionar que, en cada ejecución de la rutina enviada al paciente, el fisioterapeuta puede verificar cuantos movimientos son correctos (Abajo, abrir, arriba, puño) y el número de intentos realizados en cada control.

Figura 86

Reporte de controles de un paciente en PDF



Centro de rehabilitación física y deportiva "FISIOTLAS"

Fisioterapeuta: LIC. HENRRY SANTIAGO CHANTASIG

Paciente: GILBERTO FERRER MONA (CONDOMINIO)

Juego	Nº Control	Nº Intento	Puntaje	Tiempo	Fecha-Hora	Mov Abajo	Mov Abrir	Mov Arriba	Mov Puño	Estado
Sabarrn	Control Nº 1	1	3	6,063573 Seg	23/05/2021 20:23:12	0	1	0	1	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	2	7	10,9829 Seg	23/05/2021 20:23:29	0	5	0	1	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	3	3	4,598986 Seg	23/05/2021 20:24:05	0	0	0	2	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	4	5	9,953705 Seg	23/05/2021 20:28:52	0	0	0	4	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	5	3	4,141942 Seg	23/05/2021 20:29:02	0	1	0	5	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	6	3	6,378166 Seg	23/05/2021 20:29:14	0	2	0	6	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 1	7	5	7,024151 Seg	23/05/2021 20:29:25	0	6	0	6	FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 4	8	1	4,228437 Seg	26/05/2021 21:28:13	0	0	0	0	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 4	9	1	4,235975 Seg	26/05/2021 21:28:22	0	0	0	0	NO FINALIZADO
Sabarrn	Control Nº 4	10	11	17,32017 Seg	26/05/2021 21:28:43	0	5	0	4	NO FINALIZADO

Baharín	Control N° 4	11	3	6,890041 Seg	26/05/2021 21:28:54	0	6	0	6	FINALIZADO
Guerná	Control N° 2	1	90	37,22624 Seg	24/05/2021 19:23:19	1	5	0	4	NO FINALIZADO
Guerná	Control N° 2	2	130	92,91681 Seg	24/05/2021 19:25:03	6	18	6	19	FINALIZADO
Guerná	Control N° 5	3	10	14,98507 Seg	27/05/2021 20:20:04	0	1	0	1	NO FINALIZADO
Guerná	Control N° 5	4	60	33,91652 Seg	27/05/2021 20:20:47	3	8	2	5	NO FINALIZADO
Guerná	Control N° 5	5	70	50,93831 Seg	27/05/2021 20:21:44	7	16	5	11	NO FINALIZADO
Guerná	Control N° 5	6	0	1,447308 Seg	27/05/2021 20:21:54	7	15	6	11	FINALIZADO
Comelón	Control N° 3	1	53	48,55882 Seg	25/05/2021 21:23:49	3	5	2	7	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 3	2	72	10,85607 Seg	25/05/2021 21:24:00	3	6	3	8	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 3	3	100	23,67418 Seg	25/05/2021 21:24:25	7	12	8	11	FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	4	18	19,08424 Seg	28/05/2021 19:39:30	2	0	0	2	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	5	53	24,78664 Seg	28/05/2021 19:39:55	3	4	1	4	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	6	72	28,66134 Seg	28/05/2021 19:40:24	6	9	2	8	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	7	90	16,24905 Seg	28/05/2021 19:40:48	7	12	2	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	8	112	12,01007 Seg	28/05/2021 19:41:01	7	15	4	11	NO FINALIZADO
Comelón	Control N° 6	9	123	10,25041 Seg	28/05/2021 19:41:12	8	17	6	12	FINALIZADO

Nota: En caso de alguna duda, consultar con su respectivo médico.

CAPÍTULO VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- El sistema software de tele-rehabilitación de síndrome de túnel carpiano mediante sensores electromiográficos, permitió verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa de los pacientes, justificado gracias a la aceptación de la hipótesis basada en T Student, con un nivel de confianza del 95%.
- La construcción del marco teórico permitió recopilar información necesaria acerca del síndrome de túnel carpiano, realidad virtual no inmersiva, dispositivos que recepcen señales electromiográficas, de esta manera se seleccionó la metodología y herramientas para el desarrollo del sistema.
- La aplicación de la metodología ágil Scrum ayudó a gestionar el desarrollo de los entregables de una manera flexible, ágil e iterativa con una rápida respuesta al cambio.
- El desarrollo del sistema software con sensores electromiográficos permitió verificar el cumplimiento de los ejercicios adicionales enviados a casa de los pacientes del síndrome del túnel carpiano gracias a las funciones propias del brazalete electromiográfico GForce Pro, entornos desarrollados en unity3d y un sistema web que permite visualizar los datos recolectados en la tele-rehabilitación.
- La implementación de este proyecto, cumplió satisfactoriamente las expectativas y requerimientos de los usuarios finales que intervienen en el proceso de tele-rehabilitación de STC del centro.

- La encuesta de usabilidad (SUS) arrojó un resultado de 82,5 puntos como aceptación favorable permitiendo validar la facilidad y sencillez de usar el sistema. Además, los reportes y gráficas fueron unas herramientas útiles al momento de analizar la evolución del paciente mediante datos comparativos entre las sesiones realizadas.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir desarrollando este tipo de sistemas de tele-rehabilitación que verifiquen el cumplimiento de las rutinas complementarias aportando a la recuperación temprana del paciente.
- Se recomienda utilizar el brazalete Gforce pro en el desarrollo de este tipo de sistemas, por ser capaz de adaptarse a diferentes áreas del conocimiento y herramientas de desarrollo software.
- Se recomienda el uso de la metodología ágil Scrum para desarrollar este tipo de sistemas, por su ciclo interactivo e incremental entregando productos funcionales y de alto valor.
- Se recomienda ampliar el alcance del sistema de tele-rehabilitación en posteriores investigaciones, incrementado nuevos módulos, para la rehabilitación física de otro tipo de lesiones que permita verificar el cumplimiento de las rutinas complementarias.

Bibliografía

- American Academy of Orthopaedic Surgeons [AAOS]. (Septiembre de 2019). *Síndrome del túnel carpiano (Carpal Tunnel Syndrome)*. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de OrthoInfo: <https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/sindrome-del-tunel-carpiano-carpal-tunnel-syndrome/>
- BARRIOS, M., RODRIGUEZ, L., PACHÓN, C., SIERRA, J., & MEDINA, B. (2019). Functional telerehabilitation based on interactive virtual environments as a rehabilitation proposal for patients with disabilities. *Revista ESPACIOS*, 1.
- Benavidez, N., López, N., & Escobar, L. (2018). *SINTOMATOLOGIA DEL SINDROME DEL TUNEL DEL CARPO EN LOS DOCENTES DEL PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA DE LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI*. Cali: FSUSC.
- Bolaños, A. (2015). *INCIDENCIA DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO POR MOVIMIENTOS REPETITIVOS EN CAJERAS, QUE ACUDEN AL CENTRO DE REHABILITACIÓN ATRHEX DE LA CIUDAD DE LATACUNGA*. Ambato: UTA.
- Cobo, G. (Junio de 2017). Desarrollo de una aplicación móvil de realidad virtual para el aprendizaje en las aulas.
- Diciembre, S. (2 de Octubre de 2017). *core.ac.uk*. Recuperado el 24 de Enero de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/153569963.pdf?fbclid=IwAR1nJt-J8-7-Ja9zo1euj3nNWLnf3xCE6-ID1fkOliauuAtWu1jLvJROta0>
- Drugs. (11 de Diciembre de 2020). *“Ejercicios Para El Síndrome Del Túnel Carpiano”*. Recuperado el 17 de Marzo de 2021, de https://www.drugs.com/cg_esp/ejercicios-para-el-s%C3%ADndrome-del-t%C3%BAnel-carpiano.html#:~:text=Lentamente%20doble%20los%20dedos%20y,musl o%20o%20sobre%20una%20mesa.

- Escartín, E. (2015). *LA REALIDAD VIRTUAL, UNA TECNOLOGÍA EDUCATIVA A NUESTRO ALCANCE*. Cuba.
- Euskadi, E. (21 de Marzo de 2017). *Esclerosis multiple euskadi*. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de Rehabilitación Virtual: <https://www.esclerosismultipleeuskadi.org/rehabilitacion-virtual/#:~:text=Fisioterapeutas%20de%20Adembi.-,La%20rehabilitaci%C3%B3n%20virtual%20es%20el%20entrenamiento%20basado%20en%20ejercicios%20de,uso%20de%20las%20nuevas%20tecnolog%C3%ADas.>
- Fóres, J., Mórato, M., Vilarrasa, R., & Millán, N. (17 de Julio de 2018). *Clinic Barcelona*. Recuperado el 09 de Marzo de 2021, de Clinic Barcelona: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/sindrome-del-tunel-carpiano/diagnostico>
- Fuel, Y. (2017). *CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS DEL SÍNDROME DE TÚNEL DEL CARPO EN EL PERSONAL ADMINISTRATIVO UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, IBARRA 2017*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/>: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7340/1/06%20ENF%20838%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?fbclid=IwAR3Wg-ehZY2y--goCSSfcrQaCjFM71n0RG5YmPUq3CzvGTBB6lu2LbWHXYo>
- García Peñalvo, F. (2018). *Ingeniería del Software*. Salamanca.
- García, F. G., Díaz Silva, F. W., & Rostan Reis, D. (s.f.). Síndrome del túnel carpiano. *Facultad de Ciencias Médicas "Miguel Enriquez"*. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana.
- González, A. (2014). *Síndrome del tunel carpiano idiopático:Correlación clínica, neurofisiológica y laboral. Evolución de los parámetros neurofisiológicos postratamiento conservador y-o quirúrgico*. Madrid.
- GrupoAudiovisual. (1 de Julio de 2019). *Tipos de Realidad Virtual y Tipos de Gafas de Realidad Virtual*. Recuperado el 02 de Febrero de 2021, de

GrupoAudiovisual: <https://grupoaudiovisual.com/tipos-de-realidad-virtual-y-tipos-de-gafas-de-realidad-virtual/>

- Guevara, U., Covarrubias, A., Delille, R., & Hernandez, A. (12 de 11 de 2021). Parámetros de práctica para el manejo del dolor agudo perioperatorio. *Researchgate*. Recuperado el 09 de Abril de 2021, de [researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/242672943_Parametros_de_practica_para_el_manejo_del_dolor_agudo_perioperatorio](https://www.researchgate.net/publication/242672943_Parametros_de_practica_para_el_manejo_del_dolor_agudo_perioperatorio)
- Luengas, L. A., Rincón, D. A., & Galeano, K. J. (2010). REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA: INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS DE APLICACIÓN EDUCATIVA. *Visión Actual*, 1.
- Martins, R. S., & Siqueira, M. G. (Noviembre de 2017). Conservative therapeutic management of carpal tunnel syndrome. São Paulo. Recuperado el 02 de Febrero de 2021, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2017001100819&lang=pt
- MedLink. (6 de Junio de 2020). *Síndrome del túnel carpiano (Spanish)*. Recuperado el 02 de Abril de 2021, de [MedLinkNeurology: https://www.medlink.com/handouts/sindrome-del-tunel-carpiano-spanish](https://www.medlink.com/handouts/sindrome-del-tunel-carpiano-spanish)
- Mendoza, A., & Zevallos, J. (2017). Recuperado el 14 de Marzo de 2021, de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/1606/TITULO%20-%20Zevallos%20Quispe%2C%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miró, J., Nieto, R., & Huguet, A. (2017). Realidad virtual y manejo del dolor. Virgili.
- Muyyad, A., & Eslam, B. M. (2018). Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: A randomized control trial. Jordan.

- Ortiz, A. (17 de Septiembre de 2015). *Historia de la rehabilitación y su evolución*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/AlbyGallardo/clase-historia-rehabilitacion>
- OYMOTION TECHNOLOGIES CO. LTD. (Mayo de 2016). *OYMotion Magic Now*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2020, de OYMotion Magic Now: <http://www.oymotion.com/>
- Ricard, I. (2018). De la lógica difusa a la inteligencia artificial. Hacia un futuro transhumano. *Ars Brevis* , 65.
- Rodriguez, E. (2016). *HERNÁNDEZ EAR. DISEÑO DE UN DISPOSITIVO AUTOMÁTICO TERMO-ELECTRÓNICO PARA EL TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO*. Recuperado el 22 de Marzo de 2021, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3406/1/RodriguezHernand>
- Romero, J., Dafonte, C., Gomez, Á., & Penousal, F. (2007). *INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y COMPUTACIÓN AVANZADA*. Santiago de Compostela: Edita Fundación Alfredo Brañas.
- Ross, T., Nam, S., & Chen, K. (2018). Inmersión de realidad virtual para rehabilitación - Revisión. *Ergonomía aplicada*, 153-161.
- Ruiz Rubio, R. (2020). *Aplicaciones de las señales electromiográficas*. Obtenido de Encuentros.
- Saldaña, S. (2018). *PREVALENCIA DE SINTOMATOLOGÍA DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO EN EL EJERCICIO PROFESIONAL DEL ODONTÓLOGO EN EL HOSPITAL MILITAR CENTRAL DURANTE EL PERIODO DE ENERO A MARZO DEL AÑO 2018*. Lima.
- Shusong, X., & Xia, Z. (2015). EMG-Driven Computer Game For Post-Stroke Rehabilitation. *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, (págs. 32-36).

- Smoots, E. (Agosto de 2015). *Síndrome del Túnel Carpiano*. Recuperado el 15 de Enero de 2021, de wnyurology.com: <https://www.wnyurology.com/content.aspx?chunkiid=103770>
- Solís, J., & Cabrera, A. (2016). "Metodologías Tradicionales Vs Metodologías Ágiles. Univ. Técnica Part. Loja, Esc. Ciencias en Comput.
- Tovar, A. (2019). *Manejo y detección del dolor a partir del uso de realidad virtual en pacientes con síndrome del túnel carpiano*. Recuperado el 26 de Abril de 2021, de repository unimilitar: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32383/TovarPinzonAlejandro2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trujillo, R. (2019). *Trujillo Amador Traumatologo Ortopedista*. Recuperado el 03 de Febrero de 2021, de Trujillo Amador Traumatologo Ortopedista: <https://drtrujilloamador.com/sindrome-del-tunel-carpiano/>
- Trymyui. (2021). *SUS: The System Usability Scale*. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de Trymyui: <https://www.trymyui.com/sus-system-usability-scale>
- Urbano, G. (05 de Marzo de 2015). *Las técnicas de rehabilitación más utilizadas*. Recuperado el 13 de Enero de 2021, de Deustosalud: <https://www.deustosalud.com/blog/rehabilitacion/tecnicas-rehabilitacion-mas-utilizadas>
- Vitia. (2017). *Telerehabilitación*. Recuperado el 05 de Marzo de 2021, de Vitia: <http://www.vitia.es/producto/meditouch/telerehabilitacion/>

ANEXOS