Asistente móvil para la rehabilitación de trastornos de muñeca que presenten limitación en el arco de movilidad articular

Trabajo de Grado

Camilo Hernán Cerón Gómez

Director. Ing. Darío Fernando Chamorro Vela
Co Director. PhD. Oscar Andrés Vivas Albán

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telemática

Popayán, Noviembre de 2017

Tabla de contenido

CAPITULO 1 1

1. INTRODUCCION 1

1.1. Motivación 1
1.2. Planteamiento del Problema 2
1.3. Objetivos 4
1.3.1. Objetivo General 4
1.3.2. Objetivos Específicos 4
1.4. Hipótesis 5
1.5. Contribuciones o aportes 5
1.6. Estructura del Documento 5
CAPITULO 2 7

2. ESTADO DEL ARTE 7

2.1. Contexto General 7
2.2. Mano y Muñeca 7
2.2.1. Anatomía de la Muñeca y Mano 8
2.2.2. Enfermedades y Lesiones 9
2.1.1.1. Las fracturas 10
2.1.1.2. Luxaciones 10
2.1.1.3. Esguinces 11
2.1.1.4. Lesiones Tendinosas 11
2.1.1.5. Tendinitis 11
2.1.1.6. La tenosinovitis 11
2.1.1.7. Quemaduras 12
2.1.1.8. Síndrome compartimental 12
2.1.1.9. Infecciones de la mano 13
2.1.1.10. Espasticidad 14
2.1.1.11. Enfermedades reumáticas 14
2.1.1.12. Artrosis 14
2.1.1.13. Artritis 15
2.1.1.14. Síndrome del Túnel del Carpo 15
2.1.1.15. Amputaciones 16
2.2.3. Herramientas 16

2.2.3.1. Goniómetro 16
2.2.3.2. Electrogoniometro flexible 17
2.2.3.3. Inclinometro digital 17
2.2.3.4. Fotogrametría 18
2.2.3.5. Aplicación móvil 19
2.2.4. Goniometría 19
2.2.5. Planimetría 20
2.2.5.1. Plano sagital 20
2.2.5.2. Plano frontal o coronal 21
2.2.5.2.1. Planimetría Desviación radial y cubital de la muñeca 22
2.2.5.3. Plano transversal u horizontal 23
2.2.5.3.1. Planimetría Pronación-supinación de la muñeca 23
2.2.6. Arco de movimiento 24
2.2.6.1. Flexión y Extensión de la Muñeca 25
2.2.6.2. Desviación Cubital y Radial de la Muñeca 25
2.2.7. Procesos de Rehabilitación 26
2.2.7.1. Rehabilitación 26
2.2.7.2. Telerehabilitación 26
2.3. Trabajos Relacionados 27
2.3.1. Búsqueda en fuentes bibliográficas 27
2.3.1.1. Fuentes de Información 27
2.3.1.1.1. PubMed 27
2.3.1.1.2. LILACS 27
2.3.1.1.3. ScienceDirect 28
2.3.1.1.4. IEEE Xplore 28
2.3.1.1.5. ACM 28
2.3.1.1.6. SciELO 29
2.3.1.2. Establecimiento de la Estrategia de Búsqueda 29
2.3.1.3. Criterios de Selección 30
2.3.1.4. Análisis y selección de la información 30
2.3.1.4.1. Tabulación 30

2.3.1.5. Organización de la Información 36
2.3.1.6. Artículos Relevantes 38
2.3.1.6.1. Mano y Muñeca 38
2.3.1.6.2. Rodilla 39
2.3.1.6.3. Codo 41
2.3.1.6.4. Cuello 42
2.3.1.6.5. Espalda 42
2.3.1.6.6. Hombro 43
2.3.1.6.7. Objetos 3D 44
2.3.2. Aportes y Brechas 44
2.4. Información Comercial 45
2.5. Metodología de Gestión y Desarrollo del Proyecto 46
2.5.1. Scrum 46
2.5.2. Roles Scrum 47
2.5.3. Eventos Scrum 48
2.5.4. Artefactos Scrum 49
2.6. Resumen 50
CAPITULO 3 51
3. CARACTERIZACIÓN GENERAL Y DEFINICIÓN DE TRAUMA, ENFERMEDAD O LESIÓN RELEVANTE 51
3.1. Caracterización de Estudiantes y Fisioterapeutas en el uso de las TIC. 51
3.1.1. Descripción del Grupo de estudio. 52
3.1.2. Ejecución de encuestas 56
3.1.3. Análisis de las encuestas. 57
3.1.4. Resultados 66
3.2. Caracterización de Fisioterapeutas y uso de las TIC 67
3.2.1. Descripción del Grupo de Estudio 67
3.2.2. Ejecución de las Entrevistas 68
3.2.3. Análisis de la Entrevistas 68
3.2.3.1. Red de Conceptos 68
3.2.4. Resultados 71
3.3. Definición de Lesión, Trauma o Enfermedad 72
3.3.1. Análisis de datos 73

3.3.1.1. Caracterización Fractura Distal del Radio 74
3.3.1.1.1. Fracturas Distales del Radio 74
3.3.1.1.2. Características 75
3.3.1.1.3. Clasificación 75
3.3.1.1.4. Tratamiento 76
3.3.1.1.5. Recuperación 77
3.3.1.1.6. Rehabilitación 78
3.4. Resumen 81
CAPITULO 4 83
4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN 83
4.1. Diseño de Usabilidad 83
4.1.1. Prototipos en Papel 84
4.1.2. Descripción de los Flujos 85
4.2. Evaluación de Usabilidad 86
4.2.1. Problemas Detectados en los Flujos 87
4.2.2. Cambios y Diseño Final de las Pantallas y Flujos 89
4.3. Diseño de Aplicación para Pruebas con Sensor 92
4.3.1. Descripción de las pantallas 92
4.3.2. Descripción de los flujos 93
4.4. Resumen 94
CAPITULO 5 95
5. DESARROLLLO DE LA APLICACIÓN 95
5.1. Proceso de Desarrollo 95
5.2. Diagramas Casos de Uso 96
5.3. Diagramas de Flujo 98
5.4. Arquitectura del Sistema 99
5.5. Patrón de Diseño 100
5.6. Herramienta de Desarrollo 101
5.7. Sensores 102
5.8. Implementación de la Herramienta 104
5.9. Resumen 107
CAPITULO 6 109
6. EXPERIMENTACION Y EVALUACION 109
6.1. Precisión del Sensor 109
6.1.1. Materiales y Métodos 109

6.1.2. Procedimiento y Realización de Pruebas 112
6.1.3. Resultados 114
6.2. Aplicación vs el Goniómetro 117
6.2.1. Materiales y Métodos 117
6.2.2. Procedimiento y Realización de Pruebas 118
6.2.3. Resultados 120
6.3. Funcionalidades de la Aplicación 122
6.3.1. Materiales y Métodos 122
6.3.2. Procedimiento y Realización de Pruebas 123
6.3.3. Resultados 124
CAPITULO 7 125
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS 125
7.1. CONCLUSIONES 125
7.2. TRABAJOS FUTUROS 126
8. Referencias 127
ANEXO A 133
ANEXO B 137
ANEXO C 145
ANEXO D 157
ANEXO E 159
ANEXO F 181
ANEXO G 190
ANEXO H 195
ANEXO I 198

Tabla de Tablas

Tabla 1 Palabras clave y Formulas 29
Tabla 2 Lista Fuentes Bibliográficas 30
Tabla 3 Búsqueda General 31
Tabla 4 Búsqueda por Titulo 33
Tabla 5 Búsqueda por Título y Resumen 34
Tabla 6 Aportes y Brechas 45
Tabla 7 Búsqueda en la App Store 46
Tabla 8 Problemas detectados 66
Tabla 9 Perfil entrevistado 67
Tabla 10 Análisis de las Dificultades 72
Tabla 11 Criterios para la Selección de Enfermedad, Lesión o Trauma 73
Tabla 12 Enfermedad, Lesión o Trauma 73
Tabla 13 Selección de Enfermedad, Trauma o Lesión 74
Tabla 14 Ejercicios Semana 01 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 78
Tabla 15 Ejercicios Semana 02 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 79
Tabla 16 Ejercicios Semana 03 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 79
Tabla 17 Ejercicios Semana 04 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 80
Tabla 18 Ejercicios Semana 05 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 81
Tabla 19 Ejercicios Semana 06 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013). 81
Tabla 20 Sugerencias Flujo 1 88
Tabla 21 Sugerencias Generales 89
Tabla 22 Caso de Uso - Iniciar Sesión 97
Tabla 23 Caso de Uso – Realizar Evaluación 98
Tabla 24 Sensores Android Studio 103
Tabla 25 Framework para sensores en Android Studio 106
Tabla 26 Lados de la pirámide 110
Tabla 27 Ángulos de la pirámide 111
Tabla 28 Ángulos de la escuadra 112
Tabla 29 Ángulos de la pirámide (desviación Ulnar) 114
Tabla 30 Ángulos de la escuadra (desviación Ulnar) 115
Tabla 31 Ángulos de Error Promedio 116
Tabla 32 ° Evaluador 01 120
Tabla 33 Angulo de Error Promedio 121
Tabla 34 Plantilla Caso de Prueba funcional (Gonzales Palacio, 2009) 123
Tabla 35 Plantilla Caso de Prueba Iniciar Sesión 124
Tabla 36 Casos de Prueba Evaluador 01 124
Tabla 37 Roles Scrum 133
Tabla 38 Sprint 01 135
Tabla 39 Sprint 02 136
Tabla 40 Sugerencias Flujo 1 170
Tabla 41 Sugerencias Flujo 2 170

TABLA 42 SUGERENCIAS FLUJO 3 171
TABLA 43 SUGERENCIAS FLUJO 4 172
TABLA 44 CASO DE USO - INICIAR SESIÓN 182
TABLA 45 CASO DE USO – VER PROGRESO 183
TABLA 46 CASO DE USO – VER PERFIL 183
TABLA 47 CASO DE USO – VER VIDEO 184
TABLA 48 CASO DE USO – VER INFORMACIÓN 185
TABLA 49 CASO DE USO – INGRESAR A EVALUACIÓN 185
TABLA 50 CASO DE USO – REALIZAR EVALUACIÓN 186
TABLA 51 CASO DE USO – REALIZAR EJERCICIO 187
TABLA 52 PRUEBAS DESVIACIÓN ULNAR PIRÁMIDE 192
TABLA 53 PRUEBAS DESVIACIÓN RADIAL PIRÁMIDE 9,3 CM 192
TABLA 54 PRUEBAS FLEXIÓN Y EXTENSIÓN PIRÁMIDE 193
TABLA 55 PRUEBAS DESVIACIÓN ULNAR ESCUADRA 193
TABLA 56 PRUEBAS DESVIACIÓN RADIAL ESCUADRA 194
TABLA 57 PRUEBAS FLEXIÓN Y EXTENSIÓN ESCUADRA 194
TABLA 58 PRUEBAS EVALUADOR 1 195
TABLA 59 PRUEBAS EVALUADOR 2 195
TABLA 60 PRUEBAS EVALUADOR 3 196
TABLA 61 PRUEBAS EVALUADOR 4 196
TABLA 62 PRUEBAS EVALUADOR 5 197
TABLA 63 PRUEBAS EVALUADOR 6 197
TABLA 64 PLANTILLA CASO DE PRUEBA INICIAR SESIÓN 198
TABLA 65 PLANTILLA CASO DE PRUEBA VER PROGRESO 198
TABLA 66 PLANTILLA CASO DE PRUEBA VER PERFIL 199
TABLA 67 PLANTILLA CASO DE PRUEBA VER VIDEO EJERCICIO 199
TABLA 68 PLANTILLA CASO DE PRUEBA VER INFORMACION 200
TABLA 69 PLANTILLA CASO DE PRUEBA INGRESAR A EVALUACION 200
TABLA 70 PLANTILLA CASO DE PRUEBA REALIZAR EVALUACION 201
TABLA 71 PLANTILLA CASO DE PRUEBA REALIZAR EJERCICO 201
TABLA 72 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 01 202
TABLA 73 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 02 202
TABLA 74 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 03 202
TABLA 75 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 04 203
TABLA 76 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 05 203
TABLA 77 CASOS DE PRUEBA EVALUADOR 06 203

Tabla de Figuras

Figura 1 Huesos de la mano y la muñeca [Elaboración Propia] 9
Figura 2 Fractura de radio distal (Lira, 2011) 10
Figura 3 Tenosinovitis de D'Quervain (Rentol McCarroll, 2010). 12
Figura 4 Síndrome Compartimental (Gómez Campdera, Riquelme, & Peláez, 2007) 13
Figura 5 Infecciones de la mano según su ubicación (Garcia Gutierrez & Pardo Gomez, 2006) 14
Figura 6 Mano reumatoide (Vergara Amador & Rojas, 2016) 15
Figura 7 Goniómetro universal (Shin, Lee, Oh, & Kim, 2012) 16
Figura 8 Electrogoniometro flexible (Foltran, Silva, Sato, & Coury, 2013). 17
Figura 9 Inclinometro digital (Kolber, Fuller, Marshall, & Hanney, 2011). 17
Figura 10 Forma de uso de la fotometría (dos Santos, de Oliveira, da Silveira, Carvalho, & Oliveira, 2011) 18
Figura 11 Aplicación móvil utilizada como goniómetro (Jean, 2013) 19
Figura 12 Plano sagital del cuerpo (Edoarado 2011) 21
Figura 13 Plano frontal del cuerpo (Edoarado 2011) 22
Figura 14 Movimiento de desviación Ulnar y Radial (Taboadela, 2007) 23
Figura 15 Movimiento de pronación y supinación (Taboadela, 2007). 23
Figura 16 Arco de Movilidad Articular en Flexión y Extensión de Muñeca (Hoppenfeld, 1999). 25
Figura 17 Arco de Movilidad Articular en Desviación Cubital y Radial de Muñeca (Hoppenfeld, 1999) 25
Figura 18 Búsqueda General, palabras clave [Elaboración Propia] 31
Figura 19 Búsqueda General, Base de Datos [Elaboración Propia] 32
Figura 20 Búsqueda por Título, palabras clave [Elaboración Propia] 33
Figura 21 Búsqueda por Título, base de Datos [Elaboración Propia] 33
Figura 22 Búsqueda por Título y Resumen, palabras clave [Elaboración Propia] 35
Figura 23 Búsqueda por Título y Resumen, base de datos [Elaboración Propia] 35
Figura 24 Mapa mental organización de los grupos [Elaboración Propia] 37
Figura 25 Mapa mental inclusión de artículos [Elaboración Propia] 38
Figura 26 Proceso de Scrum (Schwaber & Sutherland, 2013) 47
Figura 27 Pregunta 1: Edad [Elaboración propia] 52
Figura 28: Edad Estudiantes – Edad Docentes [Elaboración Propia] 53
Figura 29: Pregunta 2: Genero [Elaboración Propia] 53
Figura 30: Pregunta 2: Genero estudiantes vs Genero Docentes [Elaboración propia] 54
Figura 31: Pregunta 3: Semestre que está cursando [Elaboración propia] 54
Figura 32: Pregunta 3: Años de Experiencia en la Docencia [Elaboración propia] 55
Figura 33: Pregunta 4: Años de experiencia en la parte asistencial. [Elaboración propia] 55
Figura 34: Pregunta 5: Profesión [Elaboración propia] 55
Figura 35: Pregunta 1 [Elaboración propia] 56
Figura 36: Pregunta 7 [Elaboración propia] 57
Figura 37: Pregunta 8 y 9 [Elaboración propia] 58
Figura 38 Pregunta 10 [Elaboración propia] 58
Figura 39 Pregunta 11 [Elaboración propia] 59
Figura 40 Pregunta 12 [Elaboración propia] 59
Figura 41 Preguntas 13 y 14 [Elaboración propia] 60

FIGURA 42 PREGUNTA 15 [ELABORACIÓN PROPIA] 60
FIGURA 43 PREGUNTA 16, 17 Y 18 [ELABORACIÓN PROPIA] 61
FIGURA 44 PREGUNTA 19, 19A Y 19B [ELABORACIÓN PROPIA] 62
FIGURA 45 PREGUNTA 19C Y 19D [ELABORACIÓN PROPIA] 62
FIGURA 46 TRAUMAS, LESIONES Y / O ENFERMEDADES MÁS RELEVANTES [ELABORACIÓN PROPIA] 63
FIGURA 47 TRASTORNOS CON SESIONES DE REHABILITACIÓN EN CASA Y HERRAMIENTAS MÓVILES [ELABORACIÓN PROPIA] 63
FIGURA 48 DIFICULTAD TRAUMA, LESIÓN Y / O ENFERMEDAD [ELABORACIÓN PROPIA] 64
FIGURA 49 PREVALENCIA DE LOS TRAUMAS, LESIONES O ENFERMEDADES DE MUÑECA [ELABORACIÓN PROPIA] 65
FIGURA 50 IMPACTO DE HERRAMIENTA MÓVIL EN LAS LESIONES, TRAUMAS O ENFERMEDADES [ELABORACIÓN PROPIA] 65
FIGURA 51 RED DE CONCEPTOS [ELABORACIÓN PROPIA] 69
FIGURA 52 BENEFICIOS - RED DE CONCEPTOS [ELABORACIÓN PROPIA] 69
FIGURA 53 DIFICULTADES - RED DE CONCEPTOS [ELABORACIÓN PROPIA] 70
FIGURA 54 CARACTERÍSTICAS - RED DE CONCEPTOS [ELABORACIÓN PROPIA] 71
FIGURA 55 ALGUNOS TIPOS DE FRACTURAS DISTALES DE RADIO (AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS, 2014) 76
FIGURA 56 DÍA 1 DE LA SEMANA 1 [ELABORACIÓN PROPIA] 85
FIGURA 57 FLUJO CAMBIO DE DÍA [ELABORACIÓN PROPIA] 86
FIGURA 58 FLUJO 1 Y SUGERENCIAS [ELABORACIÓN PROPIA] 88
FIGURA 59 SUGERENCIAS GENERALES [ELABORACIÓN PROPIA] 89
FIGURA 60 DÍA 1 DE LA SEMANA 1 [ELABORACIÓN PROPIA] 90
FIGURA 61 VER Y HACER CADA EJERCICIO DE REHABILITACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 91
FIGURA 62 PANTALLA INICIAL APLICACIÓN SENSOR [ELABORACIÓN PROPIA] 92
FIGURA 63 PANTALLAS SECUNDARIAS APLICACIÓN SENSOR [ELABORACIÓN PROPIA] 93
FIGURA 64 FLUJO APLICACIÓN SENSOR [ELABORACIÓN PROPIA] 94
FIGURA 65 DIAGRAMA DE CASOS DE USO [ELABORACIÓN PROPIA] 96
FIGURA 66 DIAGRAMA DE FLUJO – LOGIN [ELABORACIÓN PROPIA] 99
FIGURA 67 ARQUITECTURA [ELABORACIÓN PROPIA] 99
FIGURA 68 PATRÓN DE DISEÑO (ANDROID DEVELOPERS, S.F.) 101
FIGURA 69 ANDROID STUDIO – ENTORNO DE DESARROLLO [ELABRACION PROPIA] 102
FIGURA 70 INTEGRACIÓN DE SENSORES (ANDROID DEVELOPERS, S.F.) 103
FIGURA 71 EJES Y MOVIMIENTOS DEL ROTACIÓN (ANDROID DEVELOPERS, S.F.) 104
FIGURA 72 ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA. [ELABORACIÓN PROPIA] 107
FIGURA 73 PIRÁMIDE EN AUTODESK 3DS MAX [ELABORACIÓN PROPIA] 110
FIGURA 74 CARAS Y LADOS DE LA PIRÁMIDE [ELABORACIÓN PROPIA] 111
FIGURA 75 LADOS DE LA ESCUADRA DE 45° [ELABORACIÓN PROPIA] 112
FIGURA 76 DESVIACIÓN ULNAR CON PIRÁMIDE IRREGULAR [ELABORACIÓN PROPIA] 113
FIGURA 77 DESVIACIÓN ULNAR CON ESCUADRA DE 45° [ELABORACIÓN PROPIA] 113
FIGURA 78 ÁNGULOS DE ERROR [ELABORACIÓN PROPIA] 116
FIGURA 79 GONIÓMETRO UNIVERSAL [ELABORACIÓN PROPIA] 117
FIGURA 80 SMARTPHONE CON ADAPTADOR [ELABORACIÓN PROPIA] 118
FIGURA 81 APLICACIÓN SENSOR VS GONIÓMETRO UNIVERSAL (MOVIMIENTO DE DESVIACIÓN ULNAR Y RADIAL) [ELABORACIÓN PROPIA] 119
FIGURA 82 APLICACIÓN SENSOR VS GONIÓMETRO UNIVERSAL (MOVIMIENTO DE FLEXIÓN Y EXTENSIÓN) [ELABORACIÓN PROPIA] 119
FIGURA 83 CODIFICACIÓN ENTREVISTA DOCENTE 01 [ELABORACIÓN PROPIA] 157
FIGURA 84 CODIFICACIÓN ENTREVISTA DOCENTE 02 [ELABORACIÓN PROPIA] 157

FIGURA 85 CODIFICACIÓN ENTREVISTA DOCENTE 03 [ELABORACIÓN PROPIA] 158
FIGURA 86 PANTALLA DE DESTRUCCIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 159
FIGURA 87 GRILLA DE APLICACIONES [ELABORACIÓN PROPIA] 159
FIGURA 88 MENÚ DE LA APLICACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 160
FIGURA 89 PERFIL DE USUARIO [ELABORACIÓN PROPIA] 160
FIGURA 90 HISTORIAL DE USO [ELABORACIÓN PROPIA] 161
FIGURA 91 DÍA 1 DE LA SEMANA 1 [ELABORACIÓN PROPIA] 161
FIGURA 92 MENSAJE FLOTANTE (IZ), DESCRIPCIÓN DE EJERCICIOS A EVALUAR (DE) [ELABORACIÓN PROPIA] 162
FIGURA 93 MENSAJE FLOTANTE (IZ), EJERCICIOS A EVALUAR (DE) [ELABORACIÓN PROPIA] 162
FIGURA 94 PANTALLA DE ESPERE [ELABORACIÓN PROPIA] 163
FIGURA 95 PANTALLA DE AVISO (IZ), PANTALLA DE ÁNGULOS (DR) [ELABORACIÓN PROPIA] 163
FIGURA 96 PANTALLA DE AVISO (IZ), PANTALLA DE ÁNGULOS (DR) [ELABORACIÓN PROPIA] 164
FIGURA 97 PANTALLA DE MOVIMIENTOS POR EJERCICIO [ELABORACIÓN PROPIA] 164
FIGURA 98 FLUJO CAMBIO DE DÍA [ELABORACIÓN PROPIA] 165
FIGURA 99 FLUJO EXAMEN [ELABORACIÓN PROPIA] 166
FIGURA 100 FLUJO REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS [ELABORACIÓN PROPIA] 167
FIGURA 101 FLUJO OPCIONES DE MENÚ [ELABORACIÓN PROPIA] 168
FIGURA 102 FLUJO 1 – SUGERENCIAS [ELABORACIÓN PROPIA] 169
FIGURA 103 FLUJO 2 – SUGERENCIAS [ELABORACIÓN PROPIA] 170
FIGURA 104 FLUJO 3 – SUGERENCIAS [ELABORACIÓN PROPIA] 171
FIGURA 105 FLUJO 4 – SUGERENCIAS [ELABORACIÓN PROPIA] 171
FIGURA 106 INICIO DE SESIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 172
FIGURA 107 DÍA 1 DE LA SEMANA 1 [ELABORACIÓN PROPIA] 173
FIGURA 108 INTERFAZ DEL VIDEO DE CADA EJERCICIO [ELABORACIÓN PROPIA] 173
FIGURA 109 CONTEO DE SERIES Y TIEMPO DE DESCANSO [ELABORACIÓN PROPIA] 174
FIGURA 110 EVALUACIÓN DE PROGRESO [ELABORACIÓN PROPIA] 175
FIGURA 111 INTERFAZ DE VIDEO DE CADA EVALUACIÓN DE LOS 4 MOVIMIENTOS DE LA MUÑECA [ELABORACIÓN PROPIA] 175
FIGURA 112 MOMENTOS EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LOS 4 MOVIMIENTOS DE LA MUÑECA [ELABORACIÓN PROPIA] .. 176
FIGURA 113 PROGRESO DEL PACIENTE [ELABORACIÓN PROPIA] 177
FIGURA 114 PERFIL DEL PACIENTE [ELABORACIÓN PROPIA] 177
FIGURA 115 INFORMACIÓN DE CONDICIONES DE USO Y DE LA APLICACIÓN EN GENERAL [ELABORACIÓN PROPIA] 178
FIGURA 116 VER Y HACER CADA EJERCICIO DE REHABILITACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 178
FIGURA 117 VER Y REALIZAR EVALUACIÓN DIARIA [ELABORACIÓN PROPIA] 179
FIGURA 118 NAVEGACIÓN GENERAL DE LA APLICACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 180
FIGURA 119 DIAGRAMA DE CASOS DE USO [ELABORACIÓN PROPIA] 181
FIGURA 120 DIAGRAMA DE COSOS DE USO EXTENDIDO [ELABORACIÓN PROPIA] 181
FIGURA 121 DIAGRAMA DE FLUJO INICIAR SESIÓN, VER TRATAMIENTO, VER PROGRESO [ELABORACIÓN PROPIA] 187
FIGURA 122 DIAGRAMA DE FLUJO VER PERFIL, VER INFORMACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 188
FIGURA 123 DIAGRAMA DE FLUJO VER VIDEO EJERCICIO, VER VIDEO EVALUACIÓN, INGRESAR A EVALUACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA] 188
FIGURA 124 DIAGRAMA DE FLUJO REALIZAR EJERCICIO [ELABORACIÓN PROPIA] 189
FIGURA 125 DESVIACIÓN ULNAR PIRÁMIDE [ELABORACIÓN PROPIA] 190
FIGURA 126 DESVIACIÓN ULNAR ESCUADRA [ELABORACIÓN PROPIA] 190
FIGURA 127 DESVIACIÓN RADIAL PIRÁMIDE [ELABORACIÓN PROPIA] 190
FIGURA 128 DESVIACIÓN RADIAL ESCUADRA [ELABORACIÓN PROPIA] 191

FIGURA 129 FLEXIÓN Y EXTENSIÓN PIRÁMIDE [ELABORACIÓN PROPIA]..... 191
FIGURA 130 FLEXIÓN Y EXTENSIÓN ESCUADRA [ELABORACIÓN PROPIA]..... 191

CAPITULO 1
1. INTRODUCCION

1.1. Motivación

Una de las dificultades que tiene los pacientes que afrontan un proceso de rehabilitación, es que no cuentan muchas veces con la motivación necesaria para poder realizar una adecuada recuperación, esto radica en que los pacientes tienen un periodo de desconexión con los profesionales de la salud cuando se les asignas terapias de rehabilitación en el hogar, esta falta de motivación radica en el poco control que tienen los profesionales de la salud sobre la forma en la cual los pacientes desarrollan sus procesos de rehabilitación en el hogar, además de la falta de herramientas que sirvan para valorar y guiar dichos procesos. Esta problemática sumada a las dificultades que tienen algunos pacientes en desplazarse ya sea a hospitales o centros de salud a causa de largas distancias o debido a dificultades físicas de los pacientes, como las que podría presentar personas en situación de discapacidad o personas de la tercera edad. Por estas razones nace la idea de construir una herramienta móvil que sirva para medir y guiar los procesos de rehabilitación de trastornos de muñeca y monitorear dichos procesos por parte de los profesionales de la salud. De esta manera la herramienta móvil, busca asistir los procesos de rehabilitación de muñeca para aumentar el control de los proceso de rehabilitación y servir de ayuda a los pacientes, disminuyendo los desplazamientos de los pacientes a los centros de atención y mejorando su motivación en los proceso de recuperación, además de aumentar el control sobre los proceso de rehabilitación de los pacientes por parte de los procesionales de la salud.

1.2. Planteamiento del Problema

El sistema osteomuscular está formado por la unión de huesos, articulaciones y músculos que principalmente brindan soporte, protección y movimiento, en él se pueden presentar distintas lesiones y complicaciones derivadas de factores genéticos o de agentes externos que pueden tener contacto con esta parte del cuerpo. Las lesiones osteomusculares se definen como los problemas de salud del aparato locomotor o sistema músculo esquelético, que afectan a los músculos, los tendones, el esqueleto óseo, los cartílagos, los ligamentos y los nervios (Luttmann, Caffier, & Pekki, 2004).

Existen distintos factores que pueden incidir en la presencia de lesiones osteomusculares, tales como los marcadores genéticos, que influyen en el desarrollo de enfermedades como la artritis. La profesión y el oficio causan gran cantidad de lesiones, desde caídas en deportistas de alto rendimiento, lesiones por malas posturas o esfuerzos desmedidos. En Colombia el 90% de las lesiones ocurridas en ambientes laborales son lesiones osteomusculares, donde las manos, miembros inferiores, tronco, piel y miembros superiores son las partes del cuerpo más afectados en dichos accidentes (Ministerio del Trabajo, 2014) .

Las manos son la herramienta para interactuar con el mundo exterior, por ello es importante mantener su cuidado y brindar la mejor atención cuando se presenta alguna complicación o enfermedad en esta parte del cuerpo. Según estudios realizados en Colombia el 88% de las lesiones producidas en el trabajo son trastornos musculoesqueléticos de estos el 42.5% corresponde al Síndrome del Túnel Carpiano (Ministerio del Trabajo, 2013).

Muchos de los traumas presentados en la mano y muñeca pueden generar una disminución de la amplitud en el arco de movilidad articular (AMA[1]) debido a su alta complejidad osteomuscular. Para algunos traumas como tendinitis, artritis, fracturas o enfermedades similares al síndrome del túnel carpiano (STC[2]), existen algunos tipos de tratamientos a nivel de fármacos, inmovilizaciones temporales, fisioterapias e intervenciones quirúrgicas; los procesos de rehabilitación pueden ser lentos dependiendo de la complejidad y tipo de

[1] AMA : Arco de Movilidad Articular
[2] STC : Síndrome del Túnel Carpiano

lesión, dificultando el seguimiento que tiene los profesionales de la salud hacia sus pacientes (Polo, Rueda, Cortes, Martinez, & Nieto, 2006).

Los procesos de rehabilitación se desarrollan en distintos escenarios, inicialmente en un centro de salud y principalmente en el hogar del paciente, esto se debe a que la frecuencia en la que se tienen realizar los ejercicios de rehabilitación es diaria para que tenga efectos positivos a largo plazo. La interacción con el profesional de la salud muchas veces se limita a la realización de controles y a la supervisión en la ejecución de los ejercicios, en donde la evolución del paciente es medida por medio de distintas herramientas y dispositivos en cada una de estas sesiones. Debido a que los profesionales de la salud no siempre pueden estar presentes en la realización de los ejercicios, se dificulta llevar un seguimiento permanente y adecuado de los procesos de rehabilitación, impidiendo que el tratamiento se realice de la mejor manera (Ministerio de la Proteccion Social, 2004).

El desarrollo de nuevas herramientas y la implementación de nuevas tecnologías, tales como la telerehabilitación y las aplicaciones móviles, pueden facilitar los procesos de rehabilitación que se desempeñan en el hogar o en lugares alejados de un centro de atención médica, ayudando a pacientes con alguna discapacidad o que por su ubicación no pueden llegar a tiempo o no se pueden desplazar hasta dichos centros. El uso de estas herramientas o nuevas tecnologías puede disminuir los costos de un proceso de rehabilitación y tener un gran impacto dentro de las poblaciones más vulnerables, como los discapacitados y personas de la tercera edad cuya población va aumentando cada día más en Colombia (Cuevas, de Amirola, Romero, & Rostro, 2016).

La implementación de tratamientos y terapias ha cambiado exponencialmente en la última década, debido al auge de nuevas tecnologías usadas en la medicina y en los procesos de rehabilitación; el diseño de robots, exoesqueletos, técnicas de fotometría y la telemedicina son ejemplos de los avances realizados, pero el de mayor impacto ha sido la creación del smartphone y el desarrollo de aplicaciones móviles. En Colombia existen aproximadamente 25.000.000 de usuarios con celulares inteligentes, a causa del gran alcance que generan los smartphone y su impacto, el desarrollo de aplicaciones móviles en el área de la salud está en aumento (Publicaciones Semana, 2015).

En la actualidad es muy difícil para los pacientes en condiciones especiales desplazarse a los centros de atención médica y para el profesional de la salud el hacer un seguimiento a los procesos de rehabilitación que los pacientes llevan en su hogar, dado que el mayor trabajo en un proceso de rehabilitación se lleva en este. El seguimiento que se realiza a un proceso de rehabilitación y a los pacientes es la herramienta que tienen los profesionales de la salud para determinar si los tratamientos están funcionando correctamente o si se tienen que cambiar. Para el paciente es difícil realizar correctamente los ejercicios planteados por el profesional de la salud, si este no se encuentra con él, al igual que determinar si los ejercicios se están realizando satisfactoriamente, de allí la importancia de un adecuado seguimiento y control.

Teniendo en cuenta el problema planteado anteriormente surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Los sensores de movimiento del smartphone pueden soportar y facilitar un proceso de rehabilitación de muñeca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer una aplicación móvil que asista el proceso de rehabilitación de muñeca afectada con trastornos de limitación en el arco de movilidad articular (AMA) a partir del análisis de los sensores de un *smartphone.*

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar un proceso de rehabilitación recomendado a pacientes con limitación del AMA de la muñeca.
- Desarrollar un prototipo que permita realizar la medición y seguimiento de un proceso de rehabilitación de muñeca, caracterizado en el objetivo anterior.
- Evaluar las funcionalidades del prototipo desarrollado en un escenario de prueba.

1.4. Hipótesis

La hipótesis planteada para el trabajo de grado y con la cual se pretende responder a la pregunta de investigación es: Se facilita y se soporta un proceso de rehabilitación de muñeca a través del uso de los sensores en una aplicación móvil.

1.5. Contribuciones o aportes

Con el desarrollo de este proyecto, se lograrán aportes significativos en el ámbito académico, investigativo y de las tecnologías de la información y la comunicación en diferentes escenarios. Entre estos aportes se encuentran:

- Diseño y desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para asistir la rehabilitación de muñeca.
- Evaluación del prototipo en un escenario de prueba
- Un artículo académico donde se consignen los resultados obtenidos de la investigación propuesta.

1.6. Estructura del Documento

El presente documento presenta la siguiente estructura:

Capítulo 1, “Introducción”, presenta la introducción, motivación, planteamiento del problema, objetivos del proyecto, contribuciones o aportes y la estructura general del documento.

Capítulo 2, “Estado del Arte”, contiene una revisión del estado del arte del uso de aplicaciones móviles usadas como goniómetros digitales en fuentes bibliográficas, adicional a ello se realiza una exploración de los conceptos relacionados con la anatomía de la mano y los movimientos de la muñeca.

Capítulo 3, “Caracterización General y Definición de Trauma, Lesión o Enfermedad Relevante”, hace referencia a un análisis y recolección de información a través de encuestas y entrevistas para determinar las características, necesidades y dificultades que tiene una aplicación móvil al ser utilizada en un proceso de rehabilitación de muñeca,

adicional a ellos se determinar el trastorno más relevante en el cual puede ser implementado la herramienta móvil.

Capítulo 4, “Diseño de la Aplicación”, presenta todo el proceso de díselo y evaluación de usabilidad de la herramienta móvil, así como el diseño de una aplicación sencilla denominada “Aplicación Sensor”.

Capítulo 5, “Desarrollo de la Aplicación”, hace referencia a la implementación de la aplicación, en él se muestran los diagramas de casos de uso y de flujo de las tareas principales de la herramienta móvil, así como la arquitectura y el patrón diseño, por último se muestra la implementación de los sensores dentro de la herramienta de desarrollo como base fundamental del proyecto.

Capítulo 6, “Experimentación y Evaluación”, presenta todo el proceso de experimentación y realización de pruebas, en donde inicialmente se establece la precisión de los sensores, posteriormente se determina el ángulo de error medido entre la “Aplicación Sensor” vs los un Goniómetro Universal y finalmente se realiza una serie de pruebas de las funcionalidades de la aplicación.

Capítulo 7, “Conclusiones y Trabajos Futuros”, muestra las conclusiones obtenidas a través de un análisis del proceso de desarrollo y de los resultados obtenidos, finalmente define los trabajos futuros que pueden surgir a partir de la elaboración del proyecto de grado.

CAPITULO 2
2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo corresponde al estado del arte como parte fundamental del proceso de investigación, lo cual permite realizar una contextualización profunda y un estudio detallado de los conceptos necesarios para el entendimiento del problema y su desarrollo, de esta manera se analizan todos los conceptos tanto de la anatomía de la mano y sus posibles lesiones y afecciones, adicionalmente se hace una revisión de las distintas fuentes bibliográficas y se obtiene como resultado un análisis estadístico del estudio realizado, adicionalmente se describen las brechas, aportes y se hace una búsqueda en tiendas de aplicaciones con lo cual se define un punto de partida para la realización de este trabajo de grado.

2.1. Contexto General

En esta sección se revisan los conceptos fundamentales concernientes a este trabajo de grado. Para ellos se hace inicialmente una revisión de los conceptos básicos de la anatomía de la mano y sus afecciones, además de las diferentes herramientas utilizadas para la medición de ángulos y finalmente se describen algunos conceptos básicos de planimetría.

2.2. Mano y Muñeca

Las manos son la herramienta que tenemos para interactuar con el mundo, podemos comunicarnos y servir de motor para desplazarnos a través del mundo, como las personas que tienen una silla de ruedas, esta parte del cuerpo es compleja y debido a su alta interacción con nuestro alrededor puede tener algunas lesiones, traumas o sufrir de algunas enfermedades.

2.2.1. Anatomía de la Muñeca y Mano

Las manos forman parte de las extremidades del cuerpo humano, siendo el cuarto segmento del miembro superior o torácico. Están localizadas en los extremos de los antebrazos, son prensiles y tienen cinco dedos cada una. Abarcan desde la muñeca hasta la yema de los dedos en los seres humanos.

La muñeca es una articulación que se sitúa entre la mano y el antebrazo, esta articulación permite los movimientos de la mano con respecto al antebrazo. Anatómicamente, la muñeca está formada por 10 huesos. Engloba el radio y el cúbito (ulna) en su parte baja. En la primera hilera encontramos los escafoides, el semilunar, el piramidal y el pisiforme. En la segunda hilera están el ganchoso, el hueso grande, el trapezoide y el trapecio (Chiriatti, 2016).

La muñeca se compone de radio y el cúbito distal, que se articulan entre sí para formar la articulación radio cubital. La extremidad distal del radio también se articula con los huesos escafoides y semilunar. El cúbito distal se articula con el Complejo del Fibrocartílago Triangular (CFCT[3]), que funciona al igual que el menisco de la rodilla. CFCT también tiene inserciones ligamentosas a semilunar, hueso grande y el piramidal. La muñeca distal se compone de los ocho huesos del carpo dispuestos en dos filas. Los huesos del carpo proximal (escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme) están muy juntas con el radio, mientras que los huesos del carpo distales (trapecio, trapezoide, y ganchoso) están estrechamente relacionados con los huesos metacarpianos (Daniels & Hoffman, 2010).

Como podemos observar el la Figura 01 se resaltan los huesos de la mano y la muñeca, adicionalmente, unido a ellos, los huesos radio y carpo.

[3] CFCT : Complejo del Fibrocartílago Triangular

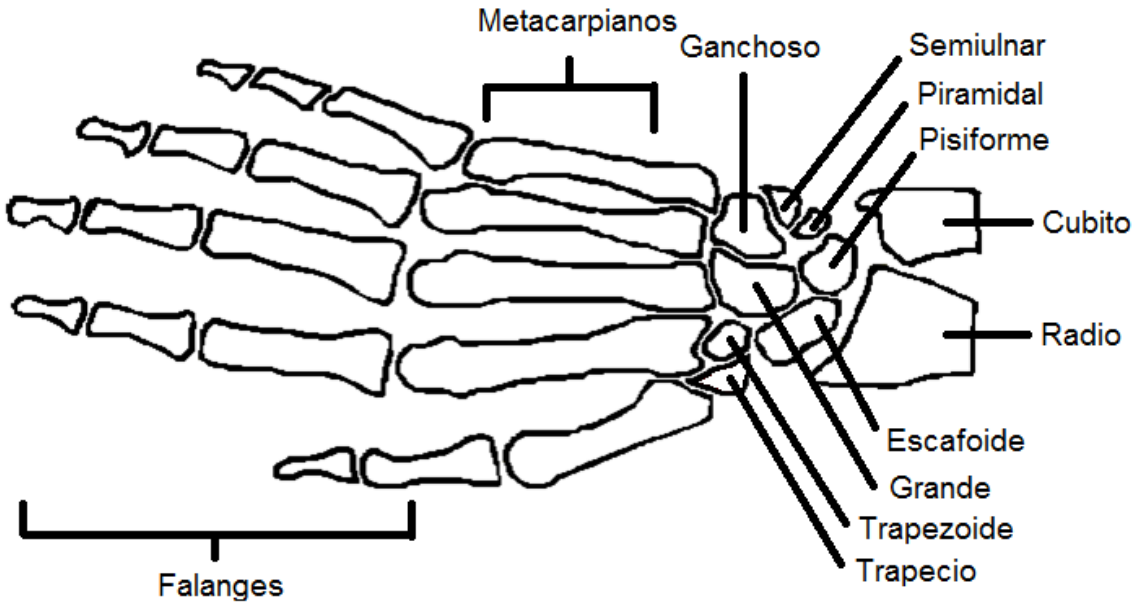


Figura 1 Huesos de la mano y la muñeca [Elaboración Propia]

2.2.2. Enfermedades y Lesiones

El diagnóstico de lesiones de las extremidades superiores depende del conocimiento de la anatomía básica y biomecánica de la mano y la muñeca. La muñeca se compone de dos filas de huesos del carpo. Un examen sistemático primario y secundario de la mano y la muñeca incluye la evaluación de la gama activa y pasiva de movimiento de la muñeca y los dedos, y las pruebas de estabilidad dinámica.

La muñeca y la mano se ven afectadas por una gran cantidad de trastornos tales como fracturas, infecciones, enfermedades degenerativas y mordeduras de animales, que le pueden coaccionar gran cantidad de dificultades en su movimiento o incluso producir a causa de ellas amputaciones parciales o totales. Él hueso más comúnmente fracturado de la muñeca es el escafoides y la inestabilidad ligamentosa más común implica el escafoides y el semilunar (Daniels, Zook, & Lynch, 2004).

2.1.1.1. Las fracturas

Una fractura es la pérdida de continuidad normal de la sustancia ósea o cartilaginosa, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad

del hueso, en la mano y la muñeca se pueden presentar una gran cantidad de fracturas tanto abiertas como cerradas y de alta complejidad, tales como la fractura distal de radio que comprende una gran variedad de fracturas dependiendo de su complejidad y ubicación, un ejemplo de ella se puede ver en la Figura 02.

Las fracturas abiertas son las emergencias quirúrgicas, amputaciones incompletas que se pueden presentar de manera sutil o como situaciones de emergencia. La fractura de la cara distal del quinto metacarpiano es una presentación relativamente común (Daniels, Zook, & Lynch, 2004).

Figura 2 Fractura de radio distal (Lira, 2011)

2.1.1.2. Luxaciones

Las luxaciones son la dislocación o separación total del contacto de las superficies articulares, en el cual el hueso se desencaja de su articulación, esta es un lesión articular en la cual hay un gran daño en las partes blandas, es bastante común que no se recupere

la totalidad del rango de movilidad articular que se tenía antes de la lesión (Pascual Garcia, 2010).

2.1.1.3. Esguinces

Los esguinces son causados por estiramientos excesivos o desgarro de los ligamentos que sostiene la articulación, estos son bastante frecuentes debido a la que la mano está en contacto con todo, esta patología en la mano rara vez requiere de una inmovilización por yeso (Pascual Garcia, 2010).

2.1.1.4. Lesiones Tendinosas

Las lesiones tendinosas son una de las lesiones más comunes de la mano y puede ser causado por un estiramiento excesivo, una cortadura profunda o debido a una inflamación, estas varían dependiendo de la ubicación de la lesión, en caso de una cortadura es recomendable una tenorrafia (sutura de tendones o cirugía de tendón), debido a que produce una mejor recuperación del tendón afectado. El tendón es una estructura bastante fibrosa de color nacarado, e inextensible, que sirve de unión entre la masa muscular y la estructura ósea (Quiñonez, 2005).

2.1.1.5. Tendinitis

La tendinitis es una inflamación de los tendones debido generalmente a un golpe, a un esfuerzo excesivo o es consecuencia de alguna otra lesión en la parte de la mano o muñeca, estas pueden variar debido a su ubicación, pueden existir inflamación en los tendones de los dedos o en los tendones de la parte interna de la mano o en la zona cubital de la muñeca, existen algunas particularidades tales cono la tenosinovitis de D'Quervain.

2.1.1.6. La tenosinovitis

Es una inflamación de la vaina que recubre al tendón, todas las vainas de cualquier tendón se pueden inflamar ya sea en el pie, el codo o el antebrazo, la zona en el cual suele verse mayormente afectada es en la muñeca. Existe una forma especial de tenosinovitis y es la

tenosinovitis D'Quervain, que solamente afecta el dedo pulgar, en la Figura 3 se puede observar esta inflamación.

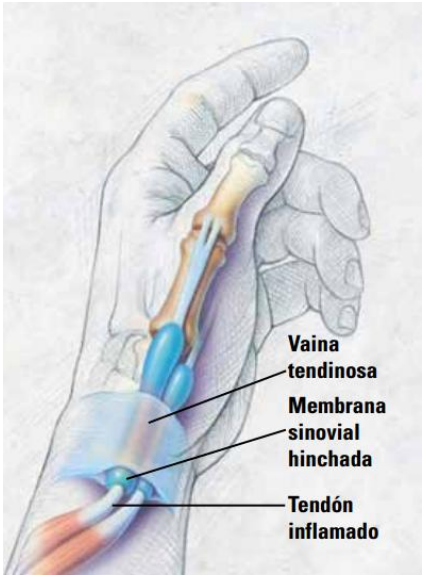


Figura 3 Tenosinovitis de D'Quervain (Rentol McCarroll, 2010).

2.1.1.7. Quemaduras

Las quemaduras pueden ser producidas por contacto directo con objetos calientes o por la exposición prolongada al fuego o a alguna sustancia altamente corrosiva, las quemaduras pueden ser de tres grafos distintos y su tratamiento puede variar según su grado de complejidad.

2.1.1.8. Síndrome compartimental

Síndrome compartimental agudo de la extremidad superior es una lesión rara, desastrosa que resulta del aumento de la presión en un compartimento muscular. El aumento de presión puede ser el resultado de la compresión externa (por ejemplo, un paciente inconsciente acostado en su brazo por un tiempo prolongado), la presión circunferencial (por ejemplo, un yeso o quemaduras), y el aumento de volumen dentro del compartimento secundario debido a un edema o a la presencia de un hematoma (Daniels, Zook, & Lynch, 2004), como se puede observar el la Figura 04.

Figura 4 Síndrome Compartimental (Gómez Campdera, Riquelme, & Peláez, 2007)

2.1.1.9. Infecciones de la mano

Las infecciones son producidas por la entrada en el organismo de un agente patológico, capaz de multiplicarse y provocar manifestaciones morbosas que provocan la enfermedad, en las distintas partes de la mano.

Para que la infección se produzca no solo basta la sola presencia del agente patógeno, es indispensable que dichos gérmenes en determinadas cantidad posean cierto grado de virulencia para adaptarse al organismo invadido, multiplicarse y desarrollar su acción (Garcia Gutierrez & Pardo Gomez, 2006).

Aunque no es frecuente, la hinchazón en los espacios tenar o medio palmar de la mano sugiere una etiología infecciosa, los síntomas habituales incluyen enrojecimiento, sensibilidad, y la eventual fluctuación (Daniels, Zook, & Lynch, 2004). Como se puede observar en la Figura 05 hay una variedad de infecciones según su ubicación, como en los dedos y articulaciones.

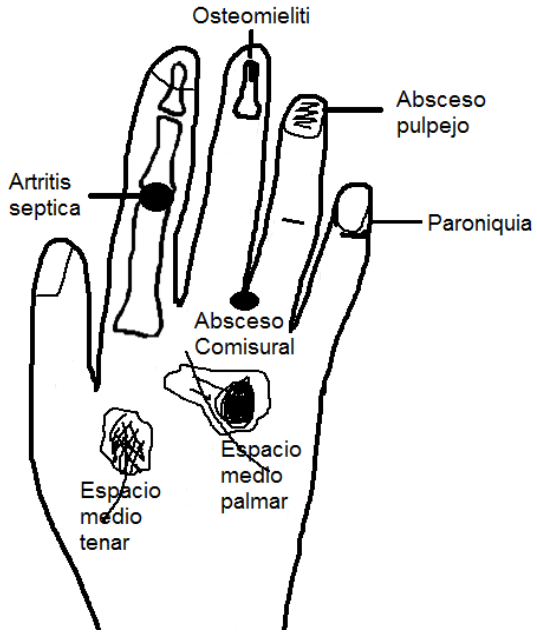


Figura 5 Infecciones de la mano según su ubicación (Garcia Gutierrez & Pardo Gomez, 2006)

2.1.1.10. Espasticidad

Es un trastorno motor que se asocia generalmente a una gran variedad de enfermedades y discapacidades, cosiste en una alteración del sistema nervioso central que provoca un aumento del tono muscular y dificulta o imposibilita parcial o totalmente el movimiento de los músculos afectados de la muñeca o mano.

2.1.1.11. Enfermedades reumáticas

Es un término no específico para problemas médicos que producen dolores que afectan a las articulaciones, el corazón, los huesos, los riñones, la piel y los pulmones. Las enfermedades reumáticas son muy prevalentes en la población y se estima que afectan a 1 de cada 4 personas mayores de 20 años.

2.1.1.12. Artrosis

Es una enfermedad crónica degenerativa que produce la alteración destructiva de los cartílagos de las articulaciones que protegen al hueso, es una enfermedad asociada al

envejecimiento y es más común en personas de más de 40 años, su principal síntoma es la rigidez y el dolor.

2.1.1.13. Artritis

La artritis reumática es una enfermedad sistémica, afecta con predilección a la muñeca y las articulaciones de los dedos. Generalmente se presenta en la tercera y cuarta década de la vida. Por lo que la estabilidad de la mano se compromete, al ser invadidas las articulaciones, estructuras tendinosas, músculos, nervios, e inclusive la piel como se puede ver en la Figura 06. El diagnóstico va a depender de la presentación de los síntomas y del criterio médico (Quiñonez, 2005).

Figura 6 Mano reumatoide (Vergara Amador & Rojas, 2016)

2.1.1.14. Síndrome del Túnel del Carpo

EL STC es una mononeuropatia que produce un daño en el nervio mediano o grupo de nervios, que causa una pérdida de movimiento, sensibilidad u otra función. Para los casos leves se puede tratar mediante la inmovilización de la muñeca, y en los casos graves se requiere de una intervención quirúrgica para liberar el nervio atrapado en el túnel del carpo.

2.1.1.15. Amputaciones

La amputación es el corte de una extremidad del cuerpo tales como manos o dedos, a causa de un traumatismo o mediante una cirugía. Unas de las causa para realizar una amputación pueden ser problemas circulatorios como la ateroesclerosis, diabetes o también a causa de cáncer o en enfermedades congénitas.

2.2.3. Herramientas

En los procesos de rehabilitación y de análisis medico existen una gran cantidad de herramientas las cuales son usadas tanto para el diagnóstico como para el control y el uso en procesos de rehabilitación o recuperación de enfermedades, a continuación veremos algunas de las herramientas que se utilizan para la medición de los ángulos de rotación de las distintas partes del cuerpo, las cuales permiten hacer una evaluación de estado físico de las articulaciones y su control en el proceso de recuperación.

2.2.3.1. Goniómetro

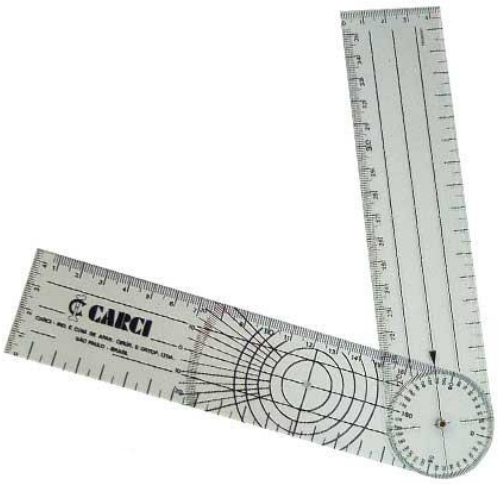


Figura 7 Goniómetro universal (Shin, Lee, Oh, & Kim, 2012).

Un goniómetro es el instrumento del cual nos valemos para medir y trazar ángulos. Está formado por dos brazos articulados que se unen en el centro de un semicírculo graduado, como podemos ver en la Figura 07. Si bien existen diferentes convenciones en la medición,

la técnica general consiste en ubicar los brazos del goniómetro sobre el eje medio de los huesos proximal y distal de la articulación a explorar, localizando el centro del goniómetro sobre el eje de flexión articular el cual se determina tras realizar suaves movimientos de flexión y extensión (Romero Romano, Cuevas, Rostro Ramirez, & Amirola, 2016).

2.2.3.2. Electrogoniometro flexible

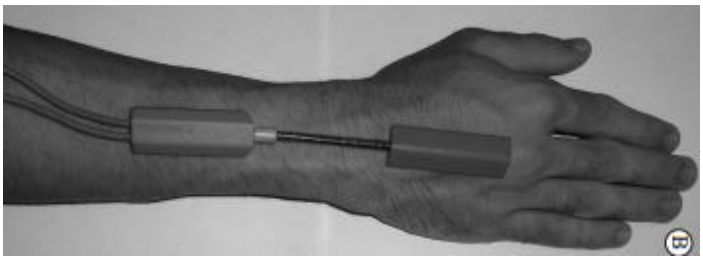


Figura 8 Electrogoniometro flexible (Foltran, Silva, Sato, & Coury, 2013).

El electrogoniómetro flexible (EGM) es considerado una pieza útil de los equipos en la evaluación funcional de las diferentes articulaciones como se puede ver en uso en la Figura 08. Tiene la ventaja de ser ligero, portátil, fácil de operar, y relativamente barato, y se puede aplicar en entornos profesionales y clínicos. Otras ventajas son: la grabación no se ve influido por otros dispositivos o fuentes de energía, grandes cantidades de los datos recogidos se pueden grabar, y se pueden hacer grabaciones de larga duración (Foltran, Silva, Sato, & Coury, 2013).

2.2.3.3. Inclinometro digital

Figura 9 Inclinometro digital (Kolber, Fuller, Marshall, & Hanney, 2011).

El inclinómetro digital es un instrumento de ingeniería para medir la inclinación de la superficie (en grados) después de que ha sido tomada por sensores sensibles a la gravedad. Una de las ventajas de la inclinómetro digital en la medición ROM es que su posicionamiento no depende esto mucho en referencias anatómicas; sin embargo, es un instrumento poco utilizado en la clínica, debido, entre otras razones, su coste más elevado en comparación con el goniómetro (dos Santos, Ferreira, Malacco, & Felicio, 2012) En la Figura 09 podemos ver una de las formas del inclinómetro digital.

2.2.3.4. Fotogrametría

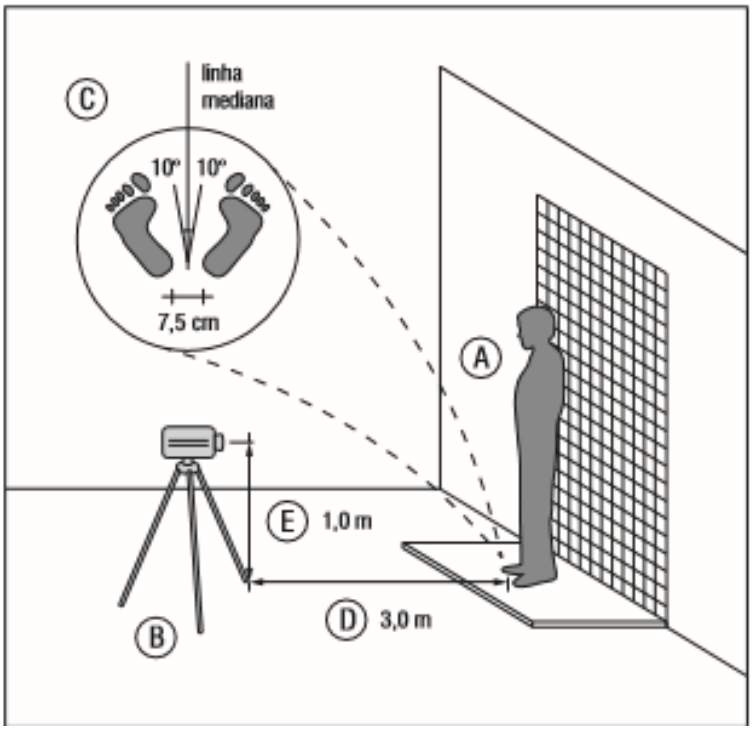


Figura 10 Forma de uso de la fotometría (dos Santos, de Oliveira, da Silveira, Carvalho, & Oliveira, 2011)

La fotogrametría computarizada se basa en la aplicación del principio fotogramétrico de imágenes fotográficas obtenidas a partir de los movimientos del cuerpo, siendo una característica de la evaluación no invasiva como se puede ver en la Figura 10 (dos Santos, de Oliveira, da Silveira, Carvalho, & Oliveira, 2011).

2.2.3.5. Aplicación móvil

Figura 11 Aplicación móvil utilizada como goniómetro (Jean, 2013)

Una aplicación móvil es un programa que usted puede descargar y al que puede acceder directamente desde su teléfono o desde algún otro aparato móvil, como por ejemplo una Tablet o un reproductor MP3.

Una técnica de medición se puede obtener mediante el uso de los sensores integrados de los teléfonos inteligentes, como acelerómetro o cámara, el uso de una aplicación móvil es muy fácil, y los usuarios a menudo pueden obtener los resultados de las mediciones de una forma bastante rápida como se puede ver en funcionamiento en la Figura 11. Es también más barato y más fácil de realizar medidas en comparación con la adquisición de otro dispositivo técnico, como el inclinómetro digital (Daniels, Zook, & Lynch, 2004).

2.2.4. Goniometría

Goniometría es la técnica de medición de los ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones, es usada en diversas áreas de la ciencia como la ortopedia, la traumatología y la reumatología, con fines diagnósticos, terapéuticos y de investigación. La goniometría en Medicina tiene dos objetivos principales:

Evaluar la posición de una articulación en el espacio. En este caso, se trata de un procedimiento estático que se utiliza para objetivizar y cuantificar la ausencia de movilidad de una articulación

Evaluar el arco de movimiento de una articulación en cada uno de los tres planos del espacio. En este caso, se trata de un procedimiento dinámico que se utiliza para objetivizar y cuantificar la movilidad de una articulación (Taboadela, 2007).

2.2.5. Planimetría

Es la descripción de los planos imaginarios que sirven de referencia para dividir el cuerpo humano en diferentes zonas y facilitar su estudio. En el cuerpo humano, se reconocen tres planos perpendiculares entre sí: plano sagital, plano frontal o coronal y plano transversal o axial. Cada uno de estos planos son cruzados perpendicularmente por un eje: eje medio-lateral, eje anteroposterior y eje vertical respectivamente. Sobre estos tres ejes, se producen los movimientos articulares (Taboadela, 2007).

2.2.5.1. Plano sagital

El plano sagital medio divide al cuerpo en dos mitades: una derecha, y la otra, izquierda. Todos los planos paralelos al plano sagital medio se denominan planos sagitales o parasagitales.

Todos los planos sagitales son cruzados perpendicularmente por el eje medio-lateral sobre el que se producen los movimientos de flexión y extensión, visibles en la persona de perfil (Taboadela, 2007), como se ve en la Figura 12.

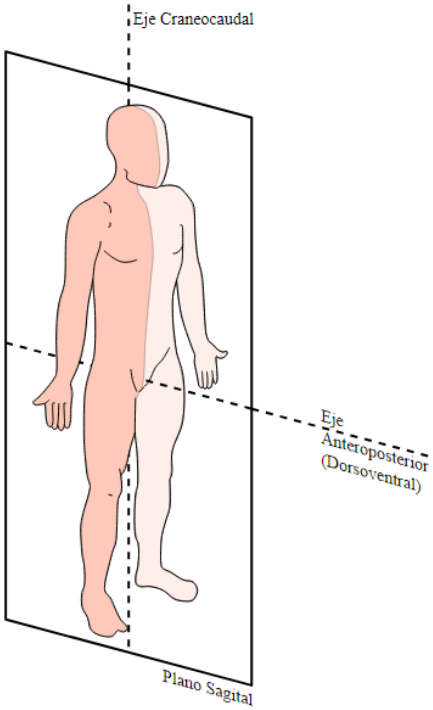


Figura 12 Plano sagital del cuerpo (Edoarado 2011)

2.2.5.2. Plano frontal o coronal

El plano frontal o coronal es cualquiera de los planos perpendiculares a los planos sagital y vertical que dividen al cuerpo en dos partes, una anterior y otra posterior. Lo cruza perpendicularmente el eje anteroposterior sobre el cual se producen los movimientos de abducción y aducción, visibles en la persona de frente (Taboadela, 2007) , como se puede ver en Figura 13.

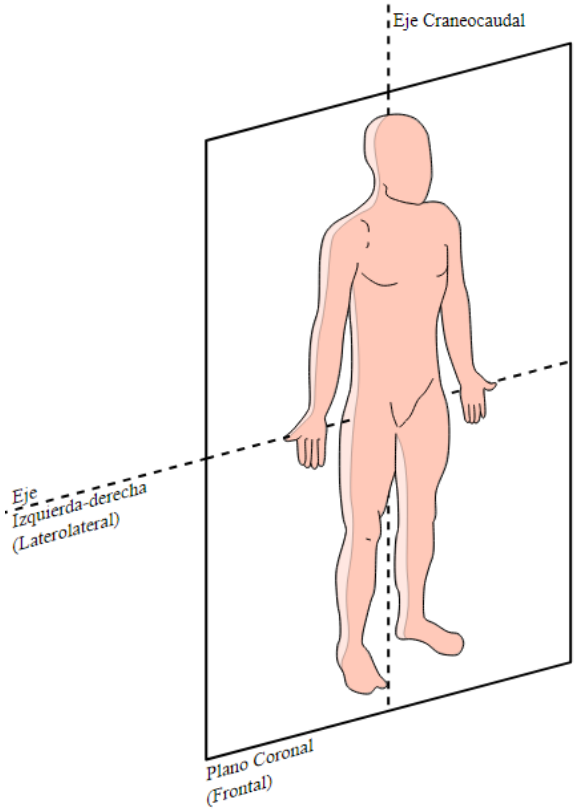


Figura 13 Plano frontal del cuerpo (Edoarado 2011)

2.2.5.2.1. Planimetría Desviación radial y cubital de la muñeca

En la muñeca, la línea media corresponde a la prolongación de la línea media del tercer dedo con la línea media del antebrazo. Cuando la mano se desplaza hacia la apófisis estiloides del radio, se denomina desviación radial, y cuando lo hace hacia la apófisis estiloides del cúbito, desviación cubital (Taboadela, 2007) , como se puede ver en la Figura 14.

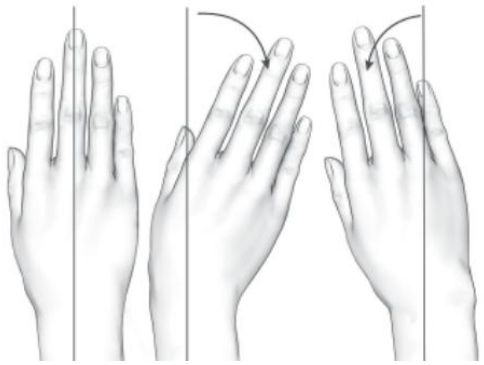


Figura 14 Movimiento de desviación Ulnar y Radial (Taboadela, 2007)

2.2.5.3. Plano transversal u horizontal

El plano transversal u horizontal es cualquiera de los planos perpendiculares a los planos medio y coronal que dividen al cuerpo en dos partes: una craneal o superior y otra caudal o inferior. Lo cruza perpendicularmente el eje vertical, sobre el cual se producen los movimientos de rotación que son vistos desde arriba o desde abajo (Taboadela, 2007).

2.2.5.3.1. Planimetría Pronación-supinación de la muñeca

En el antebrazo, se observa un movimiento de rotación denominado pronación-supinación. En la pronación, el antebrazo gira hacia dentro llevando la palma de la mano hacia abajo, y en la supinación, gira hacia fuera llevando la palma de la mano hacia arriba (Taboadela, 2007), como se puede observar en la Figura 15.

Figura 15 Movimiento de pronación y supinación (Taboadela, 2007).

2.2.6. Arco de movimiento

El arco de movimiento es la cantidad de movimiento expresada en grados que presenta una articulación en cada uno de los tres planos del espacio, este movimiento puede variar dependiendo de una gran cantidad de factores tales como: la edad, el sexo, la práctica de algún deporte o a realización de movimientos o posturas repetitivas debido al entorno cultura, a continuación se muestran y describen algunos de estos factores:

Edad: el arco de movimiento es mayor en los niños que en los adultos. Esta característica va disminuyendo a medida que el niño va creciendo. Esto se debe a la laxitud ligamentosa y al mayor contenido de agua de las estructuras anatómicas. En la vejez, se observa una disminución del arco de movimiento articular. (Taboadela, 2007)

Sexo: en general, se puede decir que las mujeres tienen mayor movilidad articular que los hombres debido a una mayor laxitud ligamentosa. Sin embargo, esto no se observa en todas las ocasiones ni en todas las articulaciones ni en todos los planos de movimiento.

Cultura: se ha comprobado que el tipo de cultura puede influenciar en la amplitud de la movilidad articular, por ejemplo, se ha demostrado un aumento del arco de movimiento en las articulaciones de los miembros inferiores en poblaciones de Arabia Saudita y China que pasan mucho tiempo en posición de cuclillas.

Entrenamiento: los deportistas y los bailarines profesionales, sobre todo, si el entrenamiento comienza a edad temprana, presentan arcos de movimiento mayores que el resto de la población.

Complexión física: los individuos obesos o con gran masa muscular presentan arcos de movimiento menores que los individuos delgados debido a que el exceso de tejido impide que la articulación complete todo el recorrido de su arco de movimiento.

2.2.6.1. Flexión y Extensión de la Muñeca

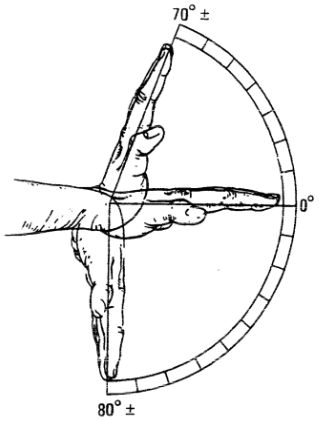


Figura 16 Arco de Movilidad Articular en Flexión y Extensión de Muñeca (Hoppenfeld, 1999).

La muñeca puede hacer una rotación en el plano sagital mediante el movimiento de flexión y extensión. El movimiento de flexión permite realizar un arco de 80 ° desde la posición neutra o recta 0°, mientras que el arco normal de la extensión es de aproximadamente 70° (Hoppenfeld, 1999), como se puede observar en la Figura 16.

2.2.6.2. Desviación Cubital y Radial de la Muñeca

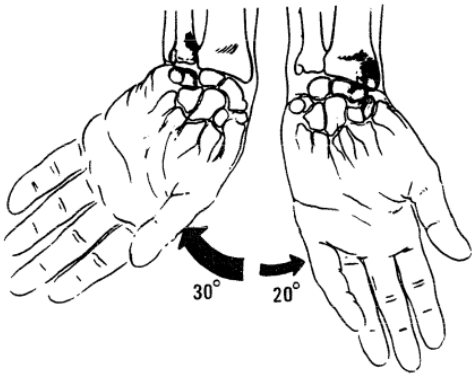


Figura 17 Arco de Movilidad Articular en Desviación Cubital y Radial de Muñeca (Hoppenfeld, 1999)

La desviación Cubital es la más grande, la desviación cubital normal permite hacer un arco de 30°, mientras que la desviación Radial normal es de 20° aproximadamente (Hoppenfeld, 1999), como se puede ver en la Figura 17.

2.2.7. Procesos de Rehabilitación

En la actualidad debido al gran despliegue de las nuevas tecnologías, se pueden determinar varios tipos de rehabilitación, tal como la rehabilitación convencional en la cual un paciente va a una empresa prestadora de servicios y es atendido por un profesional de la salud, pero además también puede presentarse la telerehabilitación la cual puede abaratar costos y acortar las distancias entre los pacientes y los profesionales de la salud.

2.2.7.1. Rehabilitación

La rehabilitación y la habilitación son procesos destinados a permitir que las personas con discapacidad alcancen y mantengan un nivel óptimo de desempeño físico, sensorial, intelectual, psicológico y/o social. La rehabilitación abarca un amplio abanico de actividades, como atención médica de rehabilitación, fisioterapia, psicoterapia, terapia del lenguaje, terapia ocupacional y servicios de apoyo (Organizacion Mundial de la Salud, 2017).

2.2.7.2. Telerehabilitación

La Telerehabilitación es el uso y práctica de servicios para la rehabilitación a través de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) e Internet.

La mayoría de los servicios se dividen en dos categorías: la evaluación clínica y la terapia clínica. Algunos campos de la práctica de rehabilitación que han explorado la telerehabilitación son: la Fisioterapia, Terapia ocupacional, Logopedia, Neuropsicología, Audiología y telemedicina. La telerehabilitación permite aplicar la terapia a personas que no pueden viajar a una clínica porque el paciente tiene una discapacidad o por grandes distancias y tiempo de viaje. Facilita el acceso a profesionales y pacientes de distintas localizaciones ahorrando costes de desplazamientos, tiempos de espera y en consecuencia una mayor productividad.

Dos áreas importantes de la investigación en telerehabilitación son (1) demostrar la equivalencia de la evaluación y el tratamiento respecto a los servicios presenciales, y (2) la

creación de nuevos sistemas de recolección de datos para digitalizar la información que un terapeuta puede utilizar en la práctica (Pastora Bernal, 2017).

2.3. Trabajos Relacionados

A continuación se realiza el proceso de búsqueda y selección de la información en las distintas fuentes de información para poder comprender de una mejor manera el estado del arte actual en el que se encuentran los dispositivos móviles usados como goniómetros para el uso en los procesos de rehabilitación.

2.3.1. Búsqueda en fuentes bibliográficas

2.3.1.1. Fuentes de Información

Para determinar el estado actual y los avances tecnológicos en esta área se realiza una búsqueda sistemática bibliográfica en este ámbito. Las fuentes bibliográficas usadas son fuentes Primarias (artículos, tesis) y Secundarias (catálogos, bases de datos, revisiones sistemáticas, resúmenes). Se realiza una selección de las principales fuentes bibliográficas relacionadas con el área de la salud, ciencia y tecnología, las cuales son: PubMed, LILACS, ScienceDirect, IEEE Xplore, ACM, SciELO.

2.3.1.1.1. PubMed

Es un sistema de búsqueda desarrollado y mantenido por el National Center for Biotechnology Information (NCBI) de la National Library of Medicine (NLM). Ofrece diversas modalidades de búsqueda, acceso a los descriptores MeSH, la posibilidad de almacenar, crear alertas bibliográficas, enlaces al texto completo de artículos, acceso a otros sistemas de búsqueda de la NLM como: ClinicalTrials.gov, MedlinePlus, NIH Clinical Alerts and Advisories y PubMed Central (SALAS VALERO, 2012).

2.3.1.1.2. LILACS

Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud. Es la base de datos producida de modo cooperativo y descentralizado por las instituciones bibliotecarias y

documentales integrantes del sistema Bireme. LILACS comprende la literatura relativa a las Ciencias de la Salud publicada en los países de la Región desde 1982. Indiza más de 600 revistas científicas y tiene como principal objetivo el control bibliográfico y la difusión internacional de la producción biomédica latinoamericana, con escasa representación en los principales índices bibliográficos internacionales (BOJO CANALES & JAÉN CASQUERO, 2003).

2.3.1.1.3. ScienceDirect

Es una biblioteca digital que principalmente incluye material publicado por ELSEVIER, cuenta con alrededor de 2000 revistas publicadas por ELSEVIER, con más de 9 millones de artículos en las áreas científica, tecnológica y médica, representando aproximadamente 25% de la producción científica mundial (TURNER, 2010).

2.3.1.1.4. IEEE Xplore

Es una biblioteca digital que ofrece acceso a texto completo a la literatura técnica sobre ingeniería eléctrica y electrónica del Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) y del Institute of Electric Engineering (IET). Contiene más de 2.000.000 de documentos a texto completo y lista los resultados de búsqueda por su relevancia (Universidad Nacional de Chimbrazo).

2.3.1.1.5. ACM

Esta biblioteca digital que permite acceder al texto completo del material publicado, copublicado o distribuido por Association of Computing Machinery (ACM) y por organizaciones miembros de ACM. Es la colección más completa de artículos de texto completo y el registro bibliográfico existente en la actualidad cubre los campos de la informática y la tecnología de la información. Fundada en 1947 hoy cuenta con cuenta con más de 2 millones de páginas de artículos (TURNER, 2010).

2.3.1.1.6. SciELO

El proyecto SciELO es una iniciativa del Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud de Brasil. Es un modelo para la publicación electrónica cooperativa de revistas científicas en Internet, especialmente desarrollado para responder a las necesidades de la comunicación científica de los países en desarrollo y particularmente de América Latina y el Caribe, que proporciona una solución para asegurar la visibilidad y el acceso universal a su literatura científica (CABRERA CRUZ, MACIAS LLANES, NOBALBO AGUILERA, VERDECIA ROSALES, & ZEQUEIRA BRITO, 2014).

2.3.1.2. Establecimiento de la Estrategia de Búsqueda

La estrategia de búsqueda establecida es a través de la búsqueda de palabras clave unidas de forma específica a través de conectores en las distintas bases de datos como se muestra en la Tabla 01, la búsqueda de las palabras clave se realizó en diferentes filtros para minimizar la cantidad de artículos encontrados. Los filtros son Búsqueda general, Búsqueda por título y Resumen y Búsqueda por título.

PALABRAS CLAVES Y FORMULAS	
A	(mobile) and (app) and (rehabilitation)
B	(mobile) and (application) and (rehabilitation)
C	(smartphone) and (rehabilitation) and (hand)
D	(mobile) and (application) and (rehabilitation) and (hand)
E	(mobile) and (application) and (rehabilitation) and (wrist)
F	(smartphone) and (rehabilitation) and (wrist)
G	(mobile) and (app) and (therapy)
H	(mobile) and (application) and (therapy)
I	(mobile) and (app) and (hand)
J	(mobile) and(application) and (hand)
K	(mobile) and (application) and (wrist)
L	(mobile) and (app) and (wrist)
M	(mobile) and (app) and (goniometer)
N	(mobile) and (application) and (goniometer)
Ñ	(smartphone) and (goniometer) and (wrist)
O	(smartphone) and (goniometer) and (hand)
P	(mobile) and (application) and (goniometer) and (wrist)
Q	(mobile) and (application) and (goniometer) and (hand)

Tabla 1 Palabras clave y Formulas

2.3.1.3. Criterios de Selección

En una primera fase de esta etapa se realiza un análisis del título en el cual se determina si es relevante y si concuerda con el tema a tratar, además de analizar el resumen de los artículos en los cuales se determina si es el correcto y concuerda con el tema de investigación, en una segunda fase teniendo en cuenta los artículos seleccionados de más valor se procede a realizar una lectura crítica del mismo con el propósito de excluir los artículos de mala calidad y dejar los que tienen un alto valor y proporcionan grandes aportes.

2.3.1.4. Análisis y selección de la información

2.3.1.4.1. Tabulación

El proceso de búsqueda de la información se hace sistemáticamente en todos las bases de datos, la búsqueda se hace en diferentes niveles de abstracción de la información inicialmente se hace con una búsqueda en general, posteriormente se hace la búsqueda por título y a continuación se hace una búsqueda por título y resumen, adicionalmente se hace una comparación de los resultados y se muestra de forma gráfica. La Tabla 02 muestra la asignación de las fuentes bibliográficas con una letra en particular para su posterior uso.

LETRA	Fuente Bibliográfica
A	PubMed
B	LILACS
C	ScienceDirect
D	IEEE Xplore
E	ACM
F	SciELO

Tabla 2 Lista Fuentes Bibliográficas

A. Búsqueda General

Letra	A	B	C	D	E	F	Total
A	116	0	618	15	14	0	763
B	239	1	7842	245	177	1	8505
C	18	0	460	5	8	0	491
D	3	0	4728	19	13	0	4763

E	2	0	1085	5	1	0	1093
F	9	0	117	5	0	0	131
G	332	2	1929	17	22	1	2303
H	1352	12	31986	130	138	3	33621
I	27	0	8017	73	269	1	8387
J	123	0	161692	2349	2686	5	166855
K	15	0	4140	89	74	1	4319
L	2	0	336	2	3	0	343
M	2	0	83	0	0	0	85
N	5	0	1697	25	3	0	1730
Ñ	1	0	16	0	0	0	17
O	1	0	34	0	0	0	35
P	2	0	142	0	0	0	144
Q	2	0	963	0	0	0	965
TOTAL	2251	15	225885	2979	3408	12	234550

Tabla 3 Búsqueda General

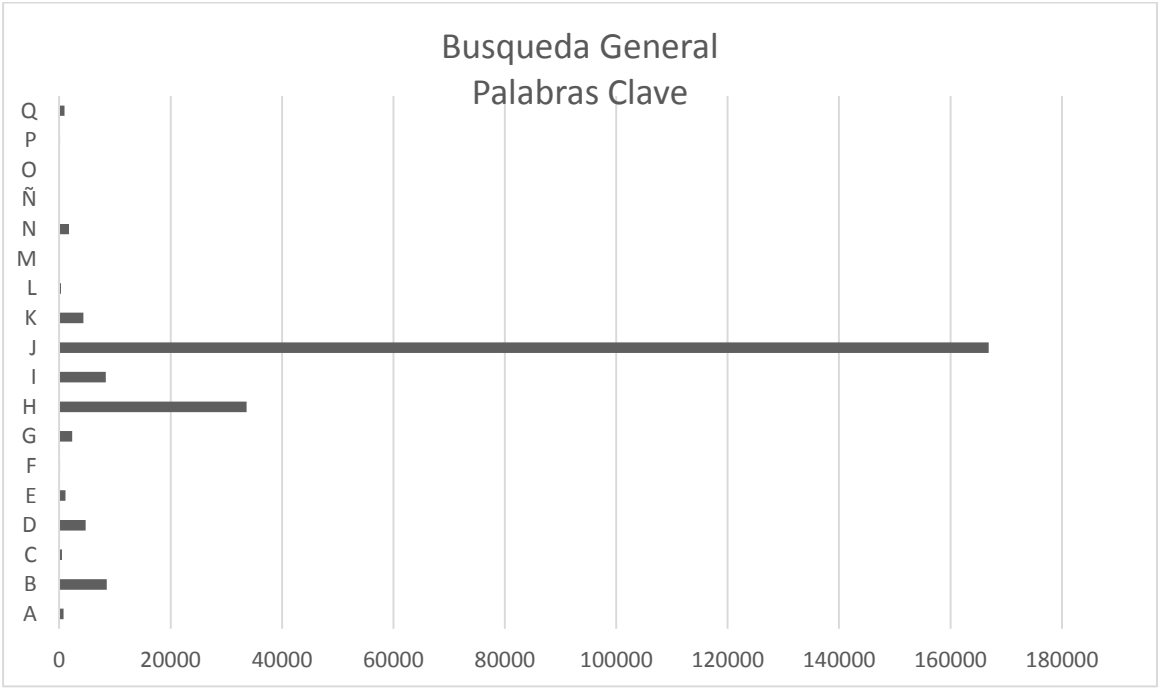


Figura 18 Búsqueda General, palabras clave [Elaboración Propia]

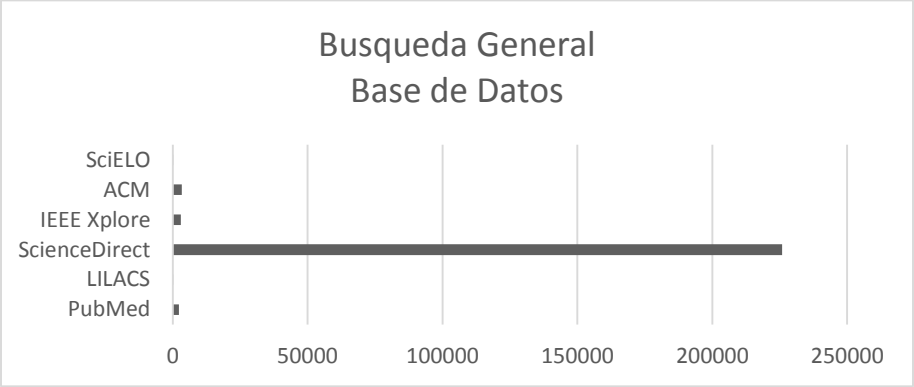


Figura 19 Búsqueda General, Base de Datos [Elaboración Propia]

En los resultados de la búsqueda general de las palabras clave en las diferentes fuentes bibliográficas se destaca que la mayor cantidad de referencias encontradas por base de datos es ScienceDirect con 225885 que corresponde al %96,30 del total de las referencias encontradas, y la de menor cantidad es SciELO con 12 que corresponde al %0,005, como se puede observar en la Tabla 03 y las Figuras 18 y 19.

Adicionalmente la combinación de palabras clave que más resultados arrojo en la búsqueda general, es la J con 165865 que corresponde al %71,14, y el de menor la Ñ con 17 que corresponde al %0,01, como se puede observar en la Tabla 03 y las Figuras 18 y 19.

B. Búsqueda por Titulo

Letra	A	B	C	D	E	F	Total
A	0	0	0	1	4	0	5
B	3	0	3	4	5	0	15
C	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0	1
G	5	0	2	0	1	0	8
H	7	0	6	6	9	0	28
I	0	0	0	1	2	0	3
J	3	0	1	13	33	0	50
K	0	0	0	0	1	0	1
L	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	1	0	2

Ñ	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	20	0	12	25	56	0	113

Tabla 4 Búsqueda por Titulo

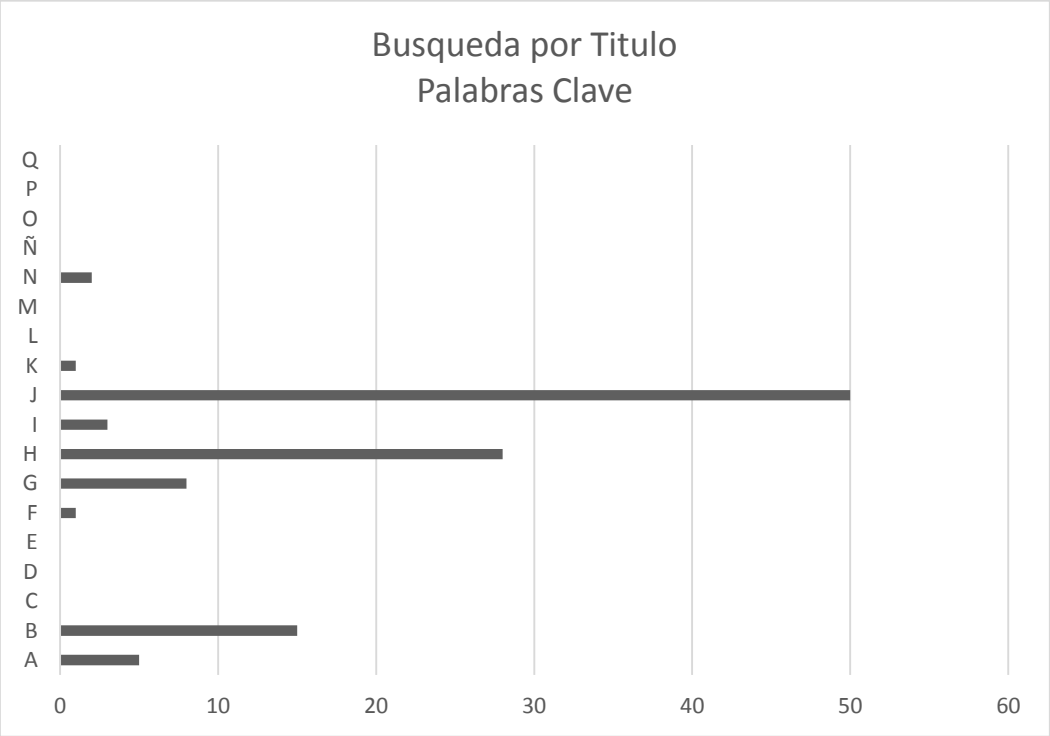


Figura 20 Búsqueda por Título, palabras clave [Elaboración Propia]

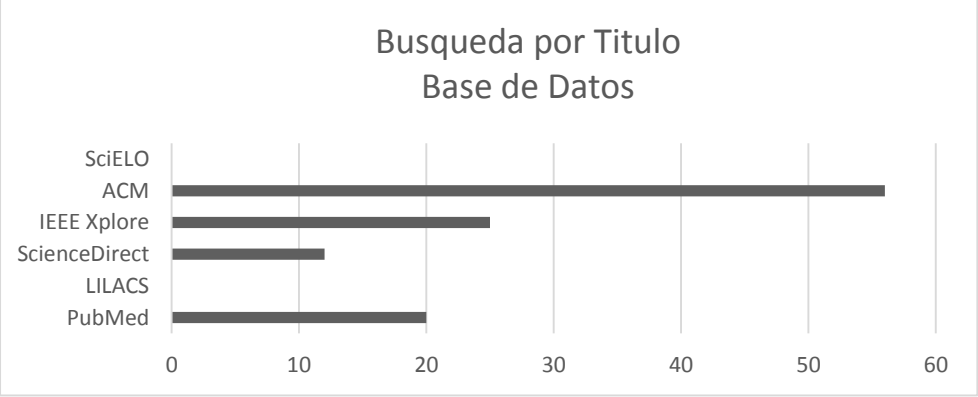


Figura 21 Búsqueda por Título, base de Datos [Elaboración Propia]

En los resultados de la búsqueda por título de las palabras clave en las diferentes fuentes bibliográficas se destaca que la mayor cantidad de referencias encontradas por base de datos es ACM con 56 que corresponde al %49,55 del total de las referencias encontradas, y las de menor cantidad son SciELO y LILACS con 0 que corresponde al %0, como se puede observar en la Tabla 04 y las Figuras 20 y 21.

Adicionalmente la combinación de palabras clave que más resultados arrojo en la búsqueda por título, es la J con 50 que corresponde al %44,24, y las de menor son C, D, E, L, M, Ñ, O, P, Q con 0 que corresponde al %0, como se puede observar en la Tabla 04 y las Figuras 20 y 21.

C. Búsqueda por Título y Resumen

Letra	A	B	C	D	E	F	Total
A	24	0	6	6	8	0	44
B	69	0	29	83	74	1	256
C	7	0	2	4	3	0	16
D	3	0	2	7	5	0	17
E	1	0	1	3	0	0	5
F	3	0	1	2	0	0	6
G	77	0	25	10	14	1	127
H	203	1	120	59	65	3	451
I	21	0	15	51	199	1	287
J	102	0	285	1256	1491	3	3137
K	13	0	4	30	29	1	77
L	2	0	1	2	3	0	8
M	1	0	1	0	0	0	2
N	4	0	1	0	1	0	6
Ñ	1	0	0	0	0	0	1
O	0	0	0	0	0	0	0
P	1	0	0	0	0	0	1
Q	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL	533	1	493	1513	1892	10	4442

Tabla 5 Búsqueda por Título y Resumen

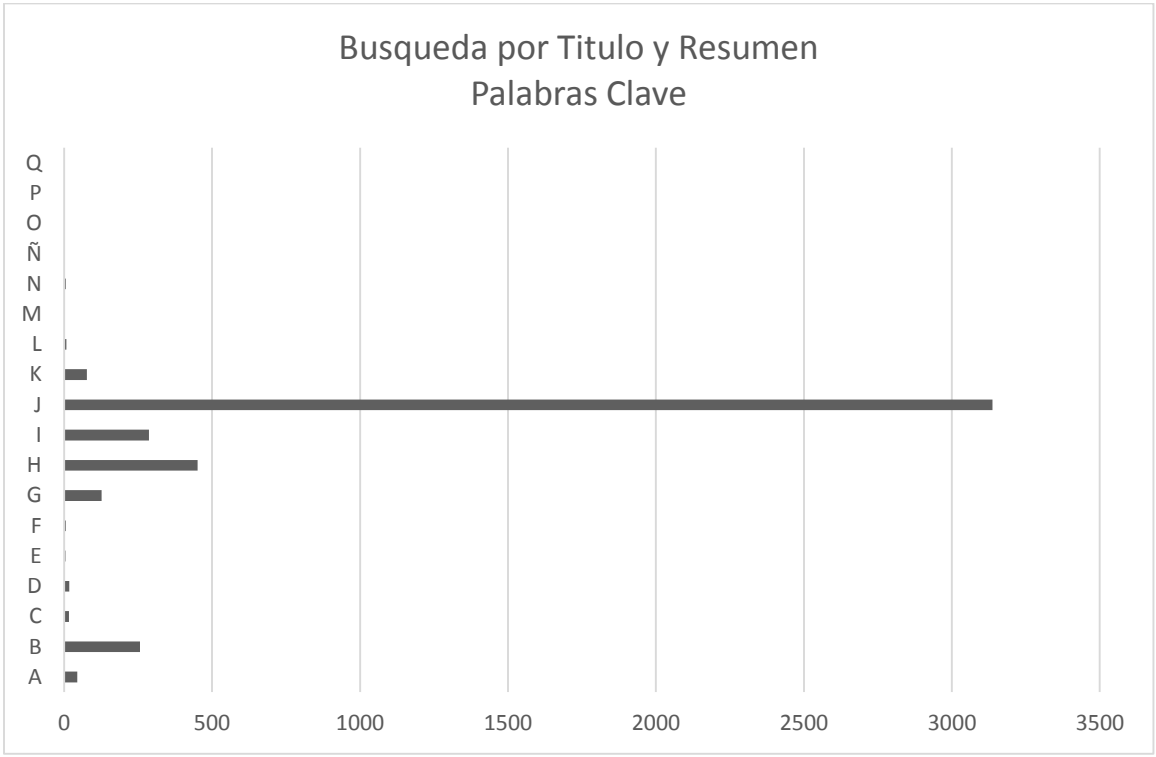


Figura 22 Búsqueda por Título y Resumen, palabras clave [Elaboración Propia]

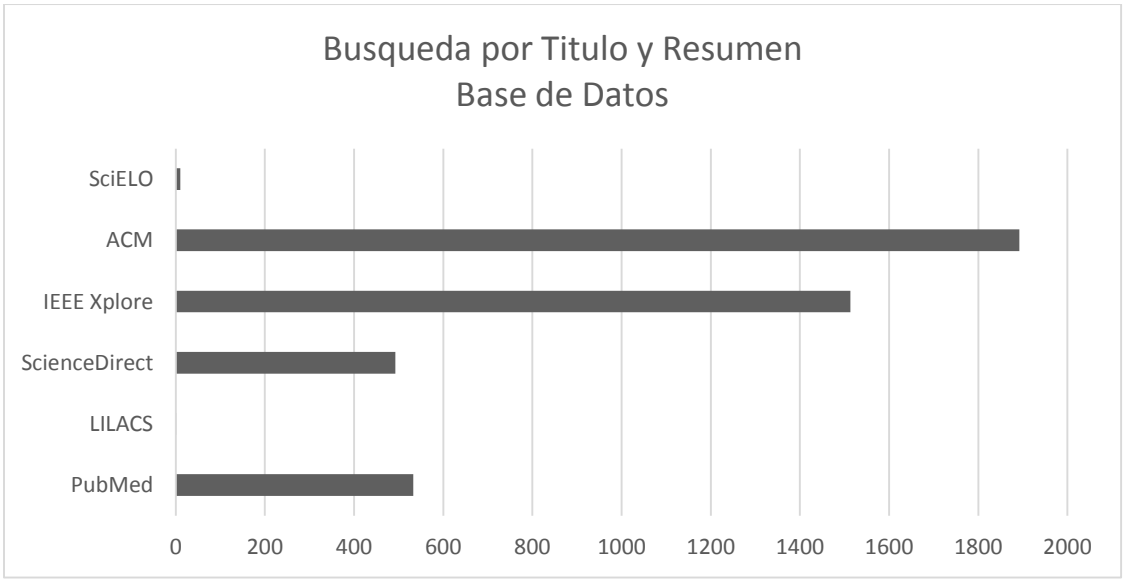


Figura 23 Búsqueda por Título y Resumen, base de datos [Elaboración Propia]

En los resultados de la búsqueda por título y resumen de las palabras clave en las diferentes fuentes bibliográficas se destaca que la mayor cantidad de referencias encontradas por base de datos es ACM con 1892 que corresponde al %42,59 del total de las referencias encontradas, y la de menor cantidad es LILACS con 1 que corresponde al %0,02, como se puede observar en la Tabla 05 y las Figuras 22 y 23.

Adicionalmente la combinación de palabras clave que más resultados arrojo en la búsqueda por título y resumen, es la J con 3137 que corresponde al %70,62, y las de menor es O con 0 que corresponde al %0, como se puede observar en la Tabla 05 y las Figuras 22 y 23.

2.3.1.5. Organización de la Información

En esta etapa se realizó un proceso de organización de la información a través del metodología de DEZLIZAR para poder organizar la información y que tenga una estructura logia, secuencial y razonable, tras haber realizado una lectura crítica de los documentos. DESLIZAR es un acrónimo de los pasos a seguir y suponen ORDÉNARSE, RÓTULAR, INTEGRAR, PRIORIZAR (Guirao Goris, Olmedo Salas, & Ferrer Ferrandis, 2008).

En la fase de ORDÉNARSE se procede a ordenar los artículos encontrados en grupos según en qué parte del cuerpo u otros objetos se aplica directamente la aplicación móvil encontrada, que se desarrolla dentro de cada uno de los artículos científicos previamente seleccionados. En la fase de RÓTULAR se procede a determinar unos nombres específicos según en qué parte del cuerpo u otros objetos se aplica directamente la aplicación móvil encontrada, los nombres de dichos grupos son: Mano y muñeca, Rodilla, Codo, Cuello, Espalda, Hombro y Objetos 3D. En la fase de INTEGRAR los grupos que se parecen bastante se unen, en este caso sale un grupo grande y uno aislado, los cuales se diferencian en qué tipo de cuerpo se implantan las distintas aplicaciones móviles, y son el primero: El Cuerpo Humano y el segundo: Objetos 3D. En la fase de PRIORIZAR se procede a identificar y priorizar la información más relevante.

El resultado de esta etapa de organización de la información es un mapa mental como se muestra en la Figura 24 el cual representa de una manera gráfica y fluida, palabras ideas y distintos elementos relacionados con las aplicaciones móviles que usan los principios

básicos de la goniometría para la evaluación o medición de la movilidad en las distintas partes del cuerpo humano u objetos 3D.

Se observa la importancia de la inclusión de artículos de aplicaciones móviles usadas como goniómetros digitales aplicadas en otras partes del cuerpo como el cuello y la espalda, esto debido a que los principios teóricos fundamentales son casi los mismos y a la escasa producción de literatura de aplicaciones móviles usadas en la muñeca.

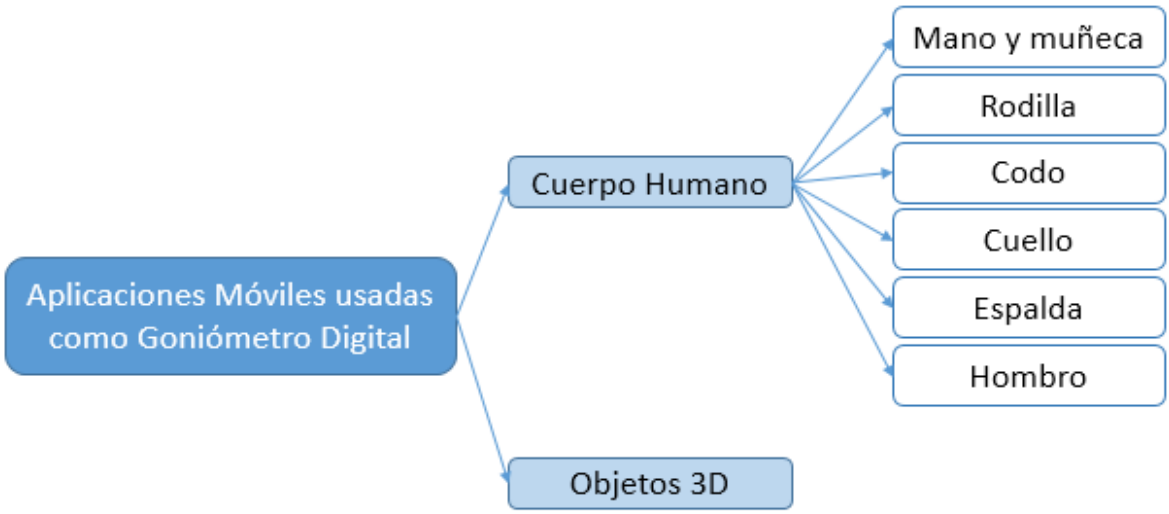


Figura 24 Mapa mental organización de los grupos [Elaboración Propia]

De la misma manera se procede a colgar los distintos artículos encontrados en la revisión bibliográfica en cada uno de los ítems del mapa mental para combinar la información en una estructura común. En la Figura 25 se muestra como se incluyó la información de las diferentes fuentes bibliográficas y se organizó cada artículo relevante según la parte del cuerpo u objeto donde se aplicó directamente en un mapa mental.

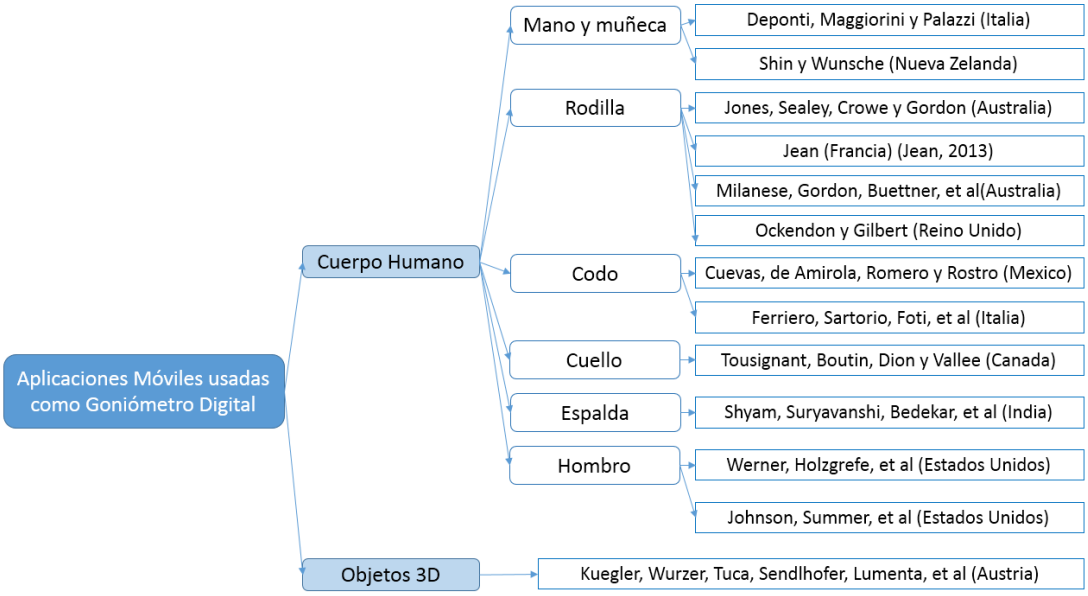


Figura 25 Mapa mental inclusión de artículos [Elaboración Propia]

2.3.1.6. Artículos Relevantes

Al terminar la etapa organización de la información se destacan una variedad de artículos científicos que hacen referencia a los temas relacionados del trabajo de grado, en ellos se realizan investigaciones acerca de la utilización de los celulares en los procesos de rehabilitación, y en la utilización del smartphone como goniómetro en la medición de las distintas articulaciones del cuerpo. En esta sección se han categorizado los distintos trabajos según las partes del cuerpo en donde son aplicadas de la siguiente manera: Mano y muñeca, Rodilla, Codo, Cuello, Espalda, Hombro y Objetos 3D, los cuales se describen a continuación:

2.3.1.6.1. Mano y Muñeca

DroidGlove An Android-Based Application for Wrist Rehabilitation

En el trabajo de Deponti, Maggiorini y Palazzi (Italia) (Deponti, Maggiorini, & Palazzi, 2009) se realiza el diseño de una *gametherapy* utilizando los conceptos de juegos serios, esta aplicación móvil denominada DroidGlove está desarrollada en Android y es aplicada en la rehabilitación de la muñeca. Los datos obtenidos por los sensores internos del celular son

comparados con una serie de movimientos predeterminados mientras se tiene el celular en la mano, dependiendo de cuál sea la secuencia de movimiento escogida la aplicación reconocerá si el movimiento se realiza dentro un rango aceptable; los datos obtenidos son en tiempo real y se almacenan dentro de la aplicación.

A Smartphone-based Golf Simulation Exercise Game for Supporting Arthritis Patients

En el trabajo de Shin y Wunsche (Nueva Zelanda) (Shin & Wunsche, 2013) se hace el desarrollo de una aplicación móvil (Juego de Golf) para incentivar el movimiento articular y la condición física de los pacientes de edad avanzada que pueden tener problemas de artritis. El juego utiliza los sensores internos del celular y GPS[4] para simular virtualmente un campo de golf y determinar a partir de estos sensores la distancia a la cual se desplazan los objetos (bola) a través del juego, se usa un palo de golf para hacer más real el juego. Este estudio se realizó con 10 personas entre los 17 y 49 años pertenecientes a clubs de golf, los cuales utilizaron el celular atado con un adaptador a la parte media del antebrazo. Esta aplicación se hace teniendo en cuenta que los costos de desplazamiento desde y hacia los centros de rehabilitación son altos, además el control de los pacientes y su motivación es muy difícil. El objetivo de la aplicación es incentivar a los pacientes con nuevas técnicas y formas de rehabilitación.

2.3.1.6.2. Rodilla

Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer

En el trabajo de Jones, Sealey, Crowe y Gordon (Australia) (Jones, Sealey, Crowe, & Gordon, 2014) se hace un estudio para determinar la viabilidad y fiabilidad de la aplicación Simple Goniometer (SG[5]) desarrollada para IOS, comparándola con un goniómetro universal. El estudio se realizó con 36 pacientes mayores de 50 años a los cuales se les tomo tres mediciones de la amplitud articular de la rodilla, lo cual dio como resultado que las medidas fueron similares a las del Goniometro Universal, este estudio determinó que la

[4] GPS : Sistema de Posicionamiento Global
[5] SG : Simple Goniometer

aplicación Simple Gomiometer es altamente fiable para la medición y evaluación del ángulo de rodilla, pero se recalca que se deben realizar más estudios para determinar la fiabilidad intra-evaluadores y en una gama más amplia de ángulos de rodilla.

Measurement of the knee flexion angle with a smartphone application is precise and accurate

En el trabajo de Jean (Francia) (Jean, 2013) se determina la viabilidad y fiabilidad de la medición de la flexo extensión para la artroplastia total de rodilla con una aplicación móvil, esto se hace comparando los resultados de la medición de la flexo extensión con la aplicación móvil versus la medición con un sistema de medicina definido para la artroplastia total de rodilla. Este estudio se realizó con 10 pacientes a los cuales se les hizo 6 mediciones con cada uno de los dos métodos. Se determinó que la aplicación móvil es precisa y puede ser considerada como un método valido para la medición de la flexo extensión de rodilla.

Reliability and concurrent validity of knee angle measurement Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians

En el trabajo de Milanese, Gordon, Buettner, Flavell, Ruston, Coe, O'Sullivan y McCormack (Australia) (Milanese, y otros, 2014) se evalúa la viabilidad y fiabilidad de la medición del ángulo de la rodilla, usando una aplicación móvil (Knee Goniometer App) para Sistema operativo IOS y un goniómetro universal, para ello se utilizaron dos grupos diferentes de evaluadores, uno conformado por 3 profesionales de la salud y otro conformado por 3 estudiantes de fisioterapia de últimos semestres. Este estudio se realizó con 6 personas a las cuales se les tomaron tres muestras de 18 ángulos diferentes con cada herramienta de medición, lo cual dio como resultado que no hubo una diferencia significativa entre las evaluaciones de los dos grupos, además que se confirma la gran precisión en la medición de los ángulos de rodilla utilizando una aplicación móvil.

Validation of a Novel Smartphone Accelerometer-Based Knee Goniometer

En el trabajo de Ockendon y Gilbert (Reino Unido) (Ockendon & Gilbert, 2012) se determina la fiabilidad inter-evaluador e intra-evaluador de una aplicación móvil usada para la medición de la amplitud de la flexión de rodilla. Este estudio se realizó con 5 personas sanas

entre 30 y 40 años, para ello se hizo la comparación de las mediciones de la aplicación móvil denominada Kenee Goniometer para sistema operativo IOS versus un goniómetro. Se llevaron a cabo mediciones en tres ángulos diferentes para cada paciente, cada uno de los dos evaluadores tomó dos veces cada una de las tres medidas para determinar su fiabilidad, como resultado de este estudio se determinó que la aplicación móvil es fiable en la medición de la flexión de rodilla.

2.3.1.6.3. Codo

Goniómetro digital para medir flexoextensión en brazo derecho como propuesta para aplicaciones en telerehabilitación

En el trabajo de Cuevas, de Amirola, Romero y Rostro (Mexico) (Cuevas, de Amirola, Romero, & Rostro, 2016) se desarrollan dos formas de medición de la flexo-extensión del codo, uno por medio de la utilización de hardware con una tarjeta arduino y una Unidad de Medición Inercial (IMU[6]), conectadas a un computador, que muestra los resultados en una interfaz gráfica y otra por medio de una aplicación móvil desarrollada en AppInventor, que utiliza los sensores internos del celular para la medición de los ángulos.

Reliability of a New Application for Smartphones (DrGoniometer) for Elbow Angle Measurement

En el trabajo de Ferriero, Sartorio, Foti, Primavera, Brigatti y Vercelli (Italia) (Ferriero, y otros, 2011) se determina la fiabilidad y viabilidad de una aplicación denominada DrGoniometer, para la medición del ángulo de movimiento del codo. La aplicación se basa en la medición de los ángulos a partir de imágenes tomadas por el celular y está desarrollada para Sistema operativo IOS. Para la validación de los ángulos de movimientos se contrastó las medidas tomadas por la aplicación contra un goniómetro universal. El estudio se realizó con 7 profesionales de la salud que tomaron 28 muestras diferentes cada uno, estas medidas se registraron en dos fases con una semana de separación, con un

[6] IMU : Unidad de medición inercial

total de 392 mediciones. Como resultado se determina que la aplicación móvil es fiable para la medición del ángulo de movimiento del codo.

2.3.1.6.4. Cuello

Reliability and criterion validity of two application of the iPhone to measure cervical range of motion in healthy participants

En el trabajo de Tousignant, Boutin, Dion y Vallee (Canada) (Tousignant, Boutin, Dion, & Vallee, 2013) se determina la viabilidad y fiabilidad de la evaluación intra e inter evaluador de dos aplicaciones móviles de SO[7] IOS, llamadas "clinometer" y "compass", para la medición y evaluación del rango de movimiento de cuello. Los datos fueron tomados por dos evaluadores y el objeto de estudio fueron 28 personas sanas, a los cuales se les tomó la medida de rango de movimiento cervical con las aplicaciones móviles y con el CROM[8] (Instrumento para la medición del rango de movimiento cervical). Este estudio determinó que la aplicación móvil presenta una buena fiabilidad, pero se deben hacer más estudios en pacientes con problemas de cuello, para poder definir con certeza que la aplicación móvil es recomendable para la medición del rango de movimiento cervical.

2.3.1.6.5. Espalda

Reliability of mobile device goniometer "Goniometer Records®" in measuring lumbar flexion range of motion

En el trabajo de Shyam, Suryavanshi, Bedekar, Sancheti y Dhariwal (India) (Shyam, Suryavanshi, Bedekar, Sancheti, & Dhariwal, 2013) se determina la fiabilidad del uso de una aplicación móvil (Goniometer Records) con sistemas operativos IOS, en la evaluación inter e intra-evaluador para la medición de la amplitud de la flexión de columna. Los datos fueron recolectados por dos profesionales de la salud y el objeto de estudio fueron 15 estudiantes de fisioterapia sanos entre 15 – 24 años. Se tomaron tres medidas en la

[7] SO : Sistema Operatyivo
[8] CROM : Instrumento para la medición del rango de movimiento cervical

segunda vertebra sacra S2[9] y la duodécima vertebra torácica T12[10] en cada paciente. Como resultado de esta investigación se determinó que hay una alta fiabilidad intra evaluador, una fiabilidad moderada inter evaluador y que la aplicación móvil se puede utilizar para evaluar el movimiento de flexión de la columna.

2.3.1.6.6. Hombro

Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application

En el trabajo de Werner, Holzgrefe, Griffin, Lyons, Cosgrove, Hart y Brockmeier (Estados Unidos) (Werner, y otros, 2014) se determina la validez y fiabilidad de la medición del rango de movimiento del hombro usando una aplicación móvil (clinometer) de Sistema Operativo IOS, para ello se escogieron 24 pacientes sanos y 15 pacientes post-operatorios. Se utilizaron tres métodos para tomar las mediciones de cada hombro de las personas examinadas, el primer método de forma visual (estimación del valor sin usar ninguna herramienta), el segundo con un goniómetro universal y el tercero con la aplicación móvil. Como resultado de este estudio se determinó que la aplicación móvil es una herramienta fiable para la medición del rango de movimiento del hombro.

Validity and reliability of smartphone magnetometer – based goniometer evaluation of shoulder abduction – A pilot study

En el trabajo de Johnson, Summer, Duong, Yan, Bajcsy, Abresch, de Bie y Han (Estados Unidos) (Johnson, y otros, 2012) se determinar la validez y la fiabilidad de la utilización de un goniómetro Magnetómetro (Aplicación Movil) de un celular como herramienta para la medición de la abducción del hombro. Para ello se utilizan dos métodos de medición, el primero con un goniómetro Universal y el segundo con la aplicación móvil diseñada para sistema operativo Android. El estudio se realizó con tres fisioterapeutas los cuales tomaron medidas de 8 angulos predeterminados con cada uno de los dos métodos de medición, el objeto de estudio fue una persona sana sin patologías de hombro. Como resultado de este

[9] S2 : Segunda vertebra sacra
[10] T12 : Duodécima vertebra torácica

estudio se determina que la aplicación móvil es fiable para la medición de la abducción del hombro.

2.3.1.6.7. Objetos 3D

Goniometer apps in hand surgery and their applicability in daily clinical practice

En el trabajo de Kuegler, Wurzer, Tuca, Sendlhofer, Lumenta, Giretzelehner y Kamolz (Austria) (Kuegler, y otros, 2015) se realiza un estudio donde se comparan 16 aplicaciones de IOS[11] y 4 de Android, donde se evalúa su fiabilidad y viabilidad en la utilización del celular como goniómetro. Este estudio compara los precios, los métodos de captura de datos y las mediciones de cada uno de los ángulos de una pirámide irregular establecida. Para la evaluación se tomaron 20 medidas de cada ángulo por cada aplicación móvil diferente, el estudio dio como resultado que la mayoría de las aplicaciones usadas como goniómetros digitales están dentro del rango aceptable.

2.3.2. Aportes y Brechas

A partir de la selección de los artículos de la anterior etapa se determinan los aportes y las brechas consignados en la Tabla 06:

NOMBRE Y AUTOR	APORTES	BRECHAS
DroidGlove An Android-Based Application for Wrist Rehabilitation (Deponti, Dario; Maggiorini, Dario; Palazzi, Claudio E, 2009)	Se basa en los conceptos de juegos serios para el desarrollo de una aplicación para la rehabilitación de la artritis. Utiliza la comparación del movimiento bajo unos rangos establecidos. Los ejercicios se pueden adaptar dependiendo del proceso de rehabilitación. Los resultados son enviados al profesional de la salud	La precisión de la aplicación está basada en la velocidad de la realización de los movimiento, pero no sirve para detectar cual es la curva de recuperación del arco de movilidad articular. No se sabe cuál es la relación en la recuperación del arco de movilidad y el uso de aplicación.

[11] IOS : Sistema Operativo para dispositivos de Apple

	Define algunos mecanismos para el seguimiento de pasos para la correcta utilización de la app (Videos)	
A Smartphone-based Golf Simulation Exercise Game for Supporting Arthritis Patients (Shin , Yoonyong ; Wunsche, Burkhard C., 2013)	Asociación directa de los beneficios de utilizar la aplicación con una enfermedad en particular (Artritis). Desarrollo de una metodología basada en juegos para la rehabilitación de los pacientes.	La aplicación está enfocada en la artritis, y no está enfocada en fracturas distales de radio, tampoco se basa en una guía práctica clínica para definir claramente los límites del uso de la aplicación teniendo en cuenta la enfermedad escogida. Tiene interfaces amigable pero no están desarrolladas bajo ningún proceso de evaluación de usabilidad y no contiene ninguna característica de material designe, ni está enfocado en algún grupo etario.

Tabla 6 Aportes y Brechas

2.4. Información Comercial

En esta sección se muestra una pequeña revisión de las aplicaciones relacionadas con la goniometría debido a que es la principal funcionalidad para la medición de los Arcos de movilidad articular de la muñeca, esta revisión se realizó en la tienda de aplicaciones de Android - App Store, y se enfocó en aplicaciones móviles que se pudieran usar para medir el AMA de cualquier parte de cuerpo.

Nombre	Empresa	Sistema Operativo	Precio (Pesos)	Función
Goniómetro Pro Gratuito	5fuf5	Android	0	Sensor
Goniómetro Pro	5fuf5	Android	42.000	Sensor
Goniometer Records	Indian Orthopaedic Research Group	Android	0	Sensor
GONIOMETRO ADVANCE	HUMAN COMPUTER TECHNOLOGY	Android	28000	Sensor

Goniometer for English	T-Software	Android	2000	Fotos

Tabla 7 Búsqueda en la App Store

En la Tabla 07 se pude observar algunas de las aplicaciones encontradas en la App Store, donde se puede observar que algunas son de carácter gratuito, las que no son de carácter gratuito tienden a ofrecer una mayor cantidad de funcionalidades, también se puede apreciar el precio de algunas de ellas, a Marzo de 2017. Algunas de las formas de determinar los ángulos son con los sensores internos de celular o a través del uso de técnicas de fotometría con imágenes o fotos directamente tomadas por el celular.

2.5. Metodología de Gestión y Desarrollo del Proyecto

Para la gestión y el desarrollo del proyecto se usa parcialmente la metodología de Scrum, la cual es una metodología que se basa en procesos iterativos y se basa en un conjunto de bunas practicas agiles, de tal manera que se adapta esta metodología en las distintas fases del proyecto. La adaptación y ejemplificación de la metodología Scrum está desarrollada en el ANEXO A.

2.5.1. Scrum

Scrum es una metodología de desarrollo ágil que se enfoca en el trabajo en equipo entre cliente y proveedor, donde sus integrantes colaboran con el fin de avanzar gradualmente y lograr la entrega de un producto de calidad en tiempos y costos planeados. Esta metodología permite el desarrollo de prototipos a través de un entorno funcional, colaborativo y adaptable al cambio, basado en entregas parciales y regulares del producto final, como se puede ver en la Figura 26 (Schwaber & Sutherland, 2013)

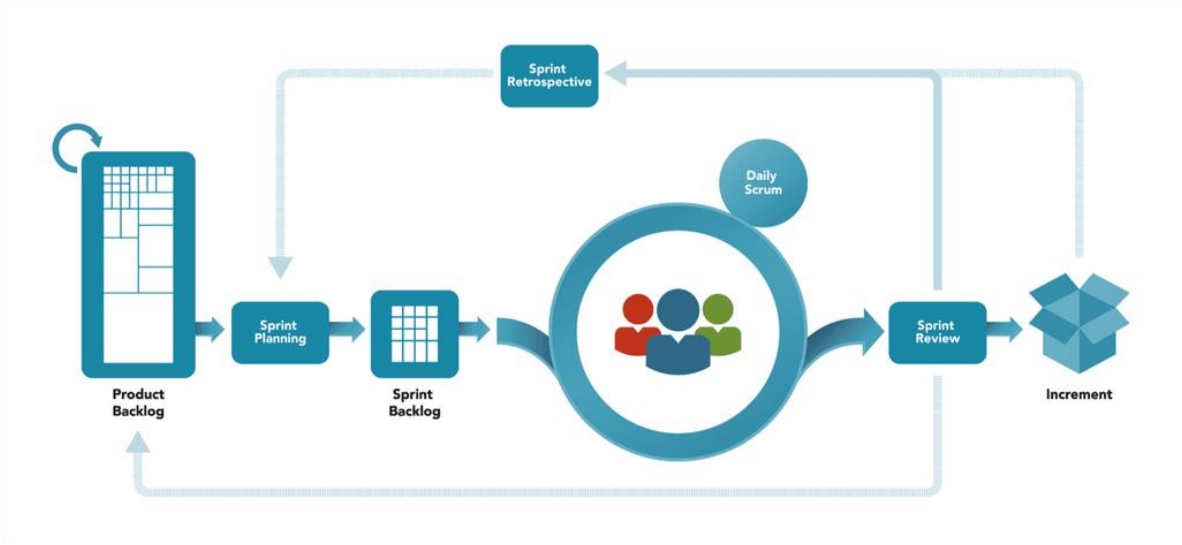


Figura 26 Proceso de Scrum (Schwaber & Sutherland, 2013) .

2.5.2. Roles Scrum

El grupo de trabajo de Scrum o Equipo Scrum (Scrum Team), debe ser autosuficiente y multifuncional, y se encarga de completar satisfactoriamente todas las tareas necesarias en el desarrollo de un producto además es el encargado de entregar los productos de forma iterativa e incremental. El Scrum Team está compuesto por 3 roles, los cuales son: Product Owner (Dueño del producto), el Development Team (Equipo de Desarrollo), y el Scrum Master, los roles se explican más a fondo a continuación:

Product Owner

Es el encargado de gestionar los requisitos funcionales y no funcionales del producto, los cuales son consignados en el Product Backlog. Las tareas de gestión del Product Backlog o lista del producto, incluyen: expresar claramente los elementos que componen la lista, ordenar los elementos de la lista, asegurarse que la lista sea visible y clara para todo el Scrum Team.

Development Team

Está conformado por el grupo de personas que se encarga de la creación del incremento del producto, este equipo de trabajo es auto organizado y autónomo, entre las

características de este equipo de trabajo se encuentran: Es multifuncional, todos los integrantes de este grupo son desarrolladores y cada uno de los miembros de este equipo puede tener tareas diferentes pero la responsabilidad recae sobre el equipo de desarrollo como un todo.

Scrum Master

El Scrum Mater tiene como una de las principales tareas el vigilar que la metodología Scrum sea correctamente aplicada en cada paso del proyecto, este debe tener una actitud de liderazgo y debe estar al servicio del Scrum Team y del Product Owner , una de sus tareas es encontrar técnicas y estrategias para que el Scrum Team maximice el valor de cada uno de los incrementos realizados y debe encargarse de eliminar los obstáculos que se puedan presentar a la hora de implementar la metodología Scrum.

2.5.3. Eventos Scrum

La metodología Scrum posee un conjunto de eventos que tiene como principal objetivo obtener un desarrollo estable del proyecto, dichos eventos se deben hacer en un lapso de tiempo denominado sprint, los eventos se explican en mejor detalle a continuación:

Sprint

Se define como un bloque de tiempo de aproximadamente un mes, durante el cual se crea un Incremento del producto, que se denomina un “Terminado”, este incremento debe ser utilizable y potencialmente desplegable. Los Sprint deben tener una explicación clara de lo que se va a construir, debe tener un plan flexible para lograrlo y se debe describir el producto resultante. Cada Sprint está conformado por una serie de eventos los cuales son: Sprint Planning Meeting (Reunión de Planificación del Sprint), Daily Scrum (Scrum Diarios), Sprint Review (Revisión del Sprint) y Sprint Retrospective (Retrospectiva del Sprint).

Sprint Planning meeting

Este evento se debe realizar cada vez que se inicia un nuevo Sprint y en él se planifica todo el trabajo que se va a realizar durante el Sprint. En este evento debe estar todo el Scrum Team y el mediador debe ser el Scrum Master, en esta reunión se abordan dos temas:

- ¿Qué puede entregarse en el Incremento resultante al Sprint que comienza?
- ¿Cómo se hará el trabajo para entregar el Incremento?

Daily Sprint

Es una reunión que lleva a cabo el Developer Team para definir el trabajo que se va a realizar en las próximas 24 horas, en esta reunión se debe revisar el trabajo del ultimo Dayli Srpint realizado y como este contribuye a realizar el Objetivo del Sprint.

Sprint Review

Es la reunión que se realiza al terminar el Sprint y en ella se revisa el incremento y se adapta el Product Backlog de ser necesario. En esta revisión el Product Ower explica que elementos del Product Backlog están “Terminados” y cuales no y se define las fechas tentativas para la finalización del proyecto dependiendo de los avances del Sprint, de la misma manera el Developer Team muestra los avances realizados y que inconvenientes que se tuvieron en la realización del mismo. El resultado de esta revisión es un Product Backlog revisado y enfocado en los nuevos desafíos del Scrum Team.

Sprint Retrospective

Es la oportunidad del Scrum Team de hacerse una revisión a sí mismo, encontrar las causas de los problemas encontrados en el Sprint y de realizar un plan de mejoras para ser implementarlas en el siguiente Sprint.

2.5.4. Artefactos Scrum

Los artefactos Scrum son dichos elementos que resumen el trabajo realizado por el Scrum Team, por lo cual sintetizan los resultados del proyecto, dichos artefactos están compuestos por:

Product Backlog

Es una lista con los requisitos del proyecto mostrados de forma ordenada, esta lista puede sufrir cambios a lo largo del desarrollo del proyecto modificando sus elementos o cambiando el alcance de cada uno de ellos y definiendo un plan para implementar cada ítem de la lista.

Sprint Backlog

El Sprint Backlog es el conjunto de elementos del Product Backlog de cada Sprint, más un plan para realizar el incremento y conseguir los objetivos del Sprint. Esta lista incluye las funcionalidades que formaran parte del próximo incremento y el trabajo necesario para poder realizarlo.

Incremento

Es el resultado de realizar todos los elementos del Product Backlog definidos para un Sprint, más los incrementos de todos los Sprint anteriores a este, cada incremento debe ser capaz de set utilizado, por lo cual debe cumplir con la definición de “Terminado”.

2.6. Resumen

En este capítulo se revisaron los conceptos más relevantes para la realización de este trabajo de grado, como las características y trastornos que presenta la muñeca, adicionalmente se realizó una revisión en fuentes bibliográficas a la fecha de realización (Marzo 2017). A lo largo de capítulo se destacan los artículos relacionados al tema de investigación, cuyos aportes y las brechas se consignan en la Tabla 06.

CAPITULO 3

3. CARACTERIZACIÓN GENERAL Y DEFINICIÓN DE TRAUMA, ENFERMEDAD O LESIÓN RELEVANTE

En este capítulo se describe un proceso de investigación de recolección y análisis de datos relacionados con el uso de herramientas TIC en el área de la salud y la rehabilitación, específicamente en el uso de dispositivos móviles enfocados en la rehabilitación de muñeca, el cual es el grupo objetivo de este trabajo de grado. La recolección de la información es fundamental en todo proceso investigativo, debido a la gran importancia de los resultados del análisis de dicha información recolectada, permitiendo definir claramente el contexto en el cual se va a desarrollar la investigación. Los métodos descritos en el proceso e investigación, son tanto cualitativos como cuantitativos, por medio de técnicas de análisis de datos estos métodos proporcionan una información de alto valor que permite identificar los principales problemas que se tiene al implantar herramientas TIC en la Salud y definir las características que deben tener dichas herramientas en los procesos de rehabilitación.

3.1. Caracterización de Estudiantes y Fisioterapeutas en el uso de las TIC.

Con el objetivo de identificar los requerimientos que debe tener un aplicación móvil usada en un proceso de rehabilitación de muñeca e identificar las lesiones traumas o enfermedades más relevantes que pueda tener esta parte del cuerpo, se realizaron unas encuestas a fisioterapeutas y estudiantes de fisioterapia de la Universidad del Cauca posterior a la explicación del consentimiento informado consignado en el ANEXO B. Las

encuestas realizadas arrojan información cuantitativa la cual permite hacer un análisis detallado, de una forma rápida y fácil. Las dos encuestas realizadas a cada persona son de 8 y 19 preguntas para fisioterapeutas y de 8 y 16 preguntas para estudiantes, que se encuentran consignadas en el ANEXO C. A partir del análisis de las encuestas se pueden determinar las enfermedades, traumas y lesiones más relevantes de la muñeca y conocer las necesidades, problemas y expectativas de los estudiantes y profesionales en los proceso de rehabilitación de muñeca y en el uso de las TIC (Alvis Palencia & Riaño Martinez, 2016).

3.1.1. Descripción del Grupo de estudio.

Con el fin de caracterizar tanto a los fisioterapeutas como a los estudiantes de fisioterapia, se toma una muestra representativa de dicha población, se asume que dicho grupo posee características similares a la población en general, la población es Estudiantes y Profesionales del programa de Fisioterapia de la Universidad el Cauca.

El grupo representativo consta de 3 Profesionales en Fisioterapia y docentes de la Universidad del Cauca y 8 estudiantes del programa de fisioterapia de octavo semestre. Basándose en la encuesta de Caracterización General, las características demográficas del grupo de investigación se pueden ver a continuación:

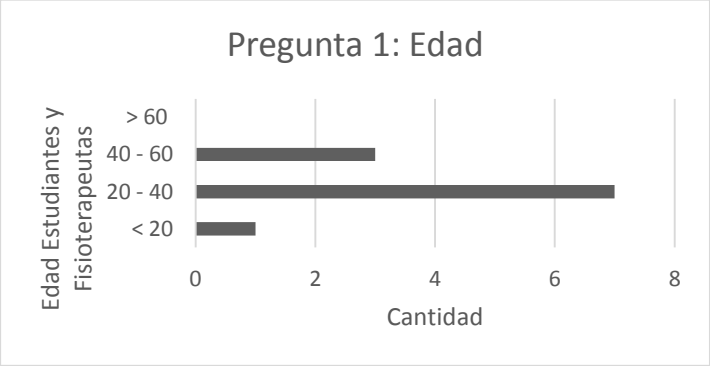


Figura 27 Pregunta 1: Edad [Elaboración propia]

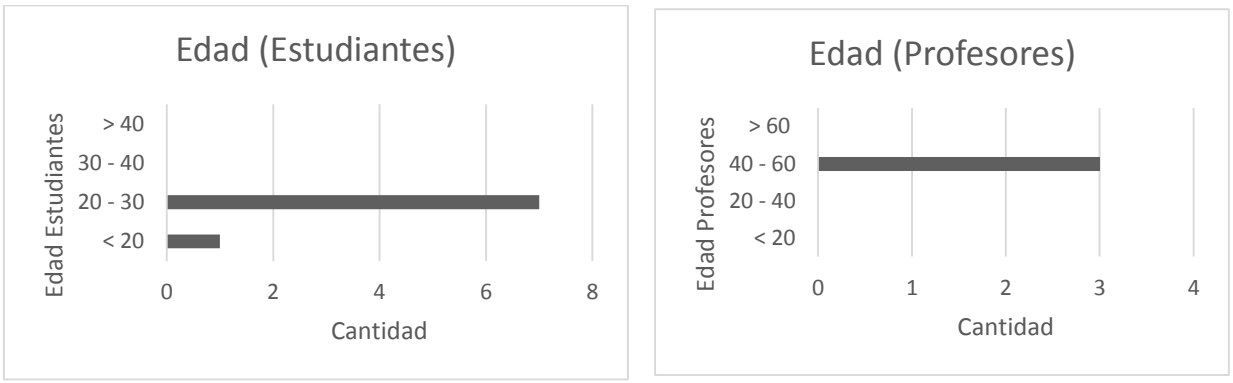


Figura 28: Edad Estudiantes – Edad Docentes [Elaboración Propia]

Como se puede observar en la Figura 27, la mayoría de los encuestados se encuentran en una edad entre los 20 y 40 años de edad, como se observa en la Figura 28, la mayoría de los estudiantes tiene una edad que oscila entre los 20 y 30 años, además también se puede observar que la totalidad de los Docentes tiene una edad que oscila entre los 40 y 60 años de edad.

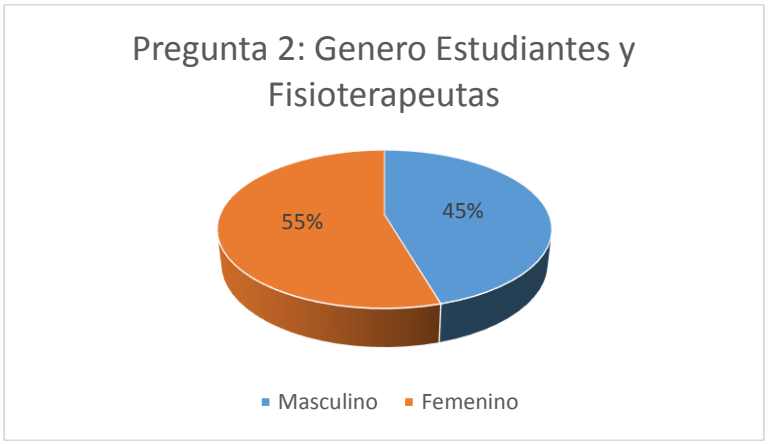


Figura 29: Pregunta 2: Genero [Elaboración Propia]

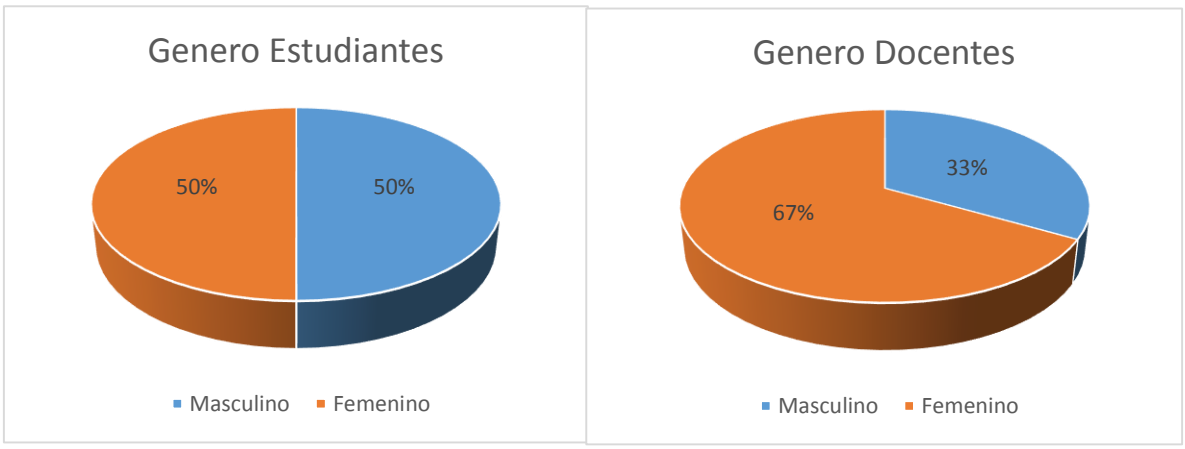


Figura 30: Pregunta 2: Genero estudiantes vs Genero Docentes [Elaboración propia]

Como se puede observar en la Figura 29 de la totalidad de las personas encuestadas el 55% de ellos son Hombres y el 45% restante son mujeres, existiendo una pequeña mayoría en encuestados de género masculino, en la Figura 30 podemos observar que la distribución de género en los estudiantes es igual, a diferencia de la distribución de genero de los Docentes en la cual la mayoría de los docentes encuestados son Mujeres.

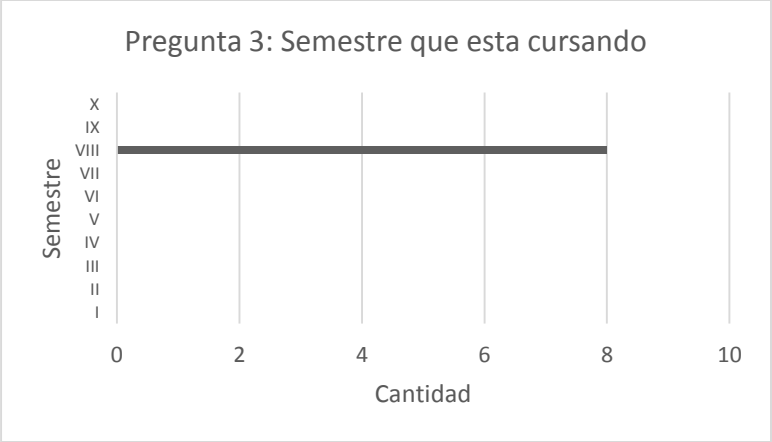


Figura 31: Pregunta 3: Semestre que está cursando [Elaboración propia]

Para los estudiantes la pregunta 3 es: Que semestre está cursando, como se puede observar en la Figura 31 la totalidad de los estudiantes encuestados está en el octavo semestre del programa de Fisioterapia de la Universidad del Cauca.

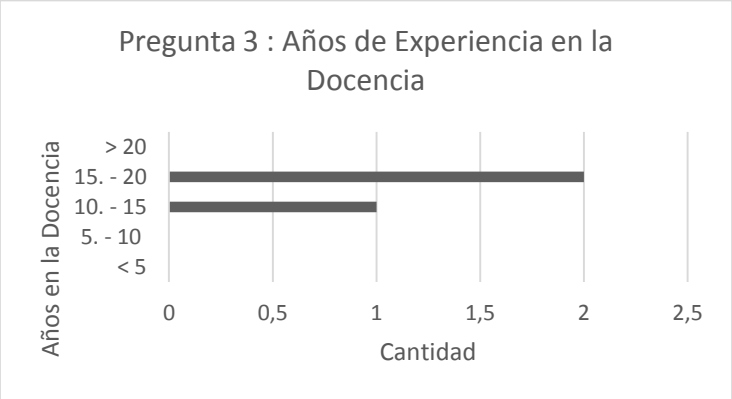


Figura 32: Pregunta 3: Años de Experiencia en la Docencia [Elaboración propia]

Para los Fisioterapeutas la pregunta 3 es: Años de experiencia en la docencia. En la Figura 32 se ve que la mayoría de los fisioterapeutas ha ejercido la labor de docente entre 15 y 20 años.

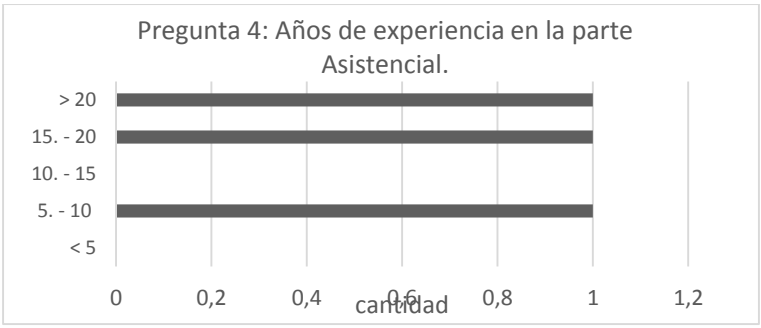


Figura 33: Pregunta 4: Años de experiencia en la parte asistencial. [Elaboración propia]

En la Figura 33 se puede observar una gran variedad en el rango de años de experiencia en la parte asistencial, teniendo en cuenta los valores exactos, el promedio de años de experiencia es de 14.6 años.

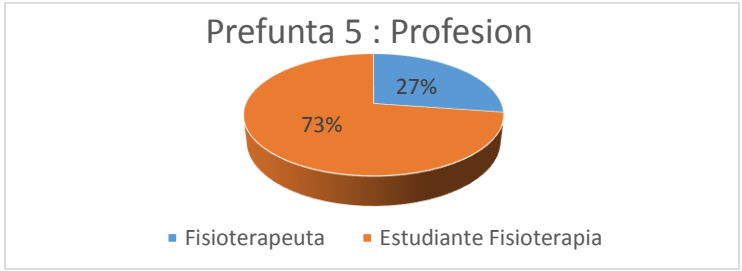


Figura 34: Pregunta 5: Profesión [Elaboración propia]

En la Figura 34 se puede observar que la mayoría de los encuestados son estudiantes en un porcentaje e 73% de estudiantes contra 27% de Fisioterapeutas.

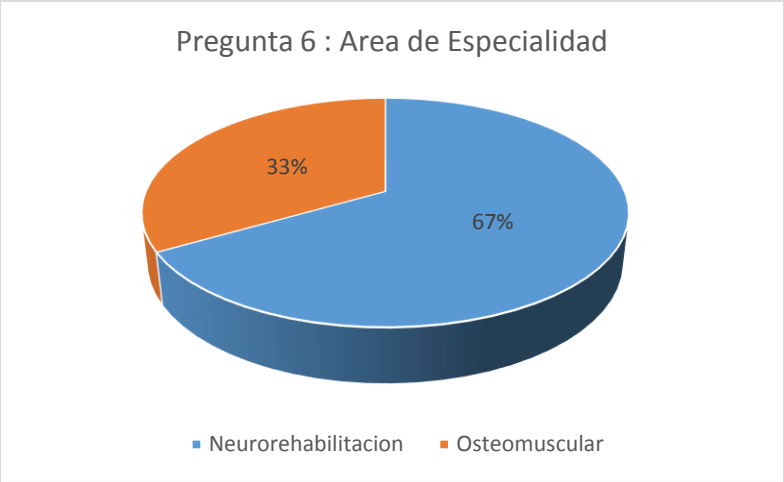


Figura 35: Pregunta 1 [Elaboración propia]

La pregunta 6 para los fisioterapeutas es en qué área de especialidad se desempeñaban, y como resultado se puede observar en la Figura 35 que la mayoría es el área de la neurorehabilitacion, con un 67%, el restante 33% corresponde al el área osteomuscular.

3.1.2. Ejecución de encuestas

Con el objetivo de determinar los problemas, necesidades y las características generales de un procesos de rehabilitación de muñeca, y conocer los traumas, lesiones y o enfermedades más relevantes, se realizaron las encuestas a los grupos definidos anteriormente.

Primero se explicó al grupo de forma general la importancia de esta etapa en el proceso de investigación, al igual que su participación en ella. Después se explica la valides de las respuestas, dado que todas son correctas para este estudio y a continuación se explican una serie de conceptos tales como TIC, smartphone, sistemas operativos, para una mayor comprensión y contextualización de las encuestas. En el ANEXO C se encuentra consignada las guías de cada una de las encuestas.

Las encuestas se realizan de modo presencial, para la resolución de dudas e inconvenientes, estas se realizaron en diferentes lugares como oficinas de profesores y estudiantes y tuvieron una duración no mayor a 30 minutos.

Al finalizar la encuesta las respuestas son cuantificadas y calificadas en el casos de las preguntas abiertas, según su grado de relevancia para el tema de estudio de este trabajo de grado.

3.1.3. Análisis de las encuestas.

La información recolectada en las encuestas fue consignada de forma gráfica para poder comprenderlas de una manera más ágil y adecuada. El análisis de la información obtenida permitió determinar algunas características generales, mostrar algunas necesidades en los proceso de rehabilitación de muñeca y definir las lesiones, traumas o enfermedades más relevantes que afectan la muñeca.

Como primera medida se realiza un análisis a los resultados obtenidos en la encuesta denominada "**Encuesta de Caracterización General",** omitiendo la información demográfica previamente analizada.

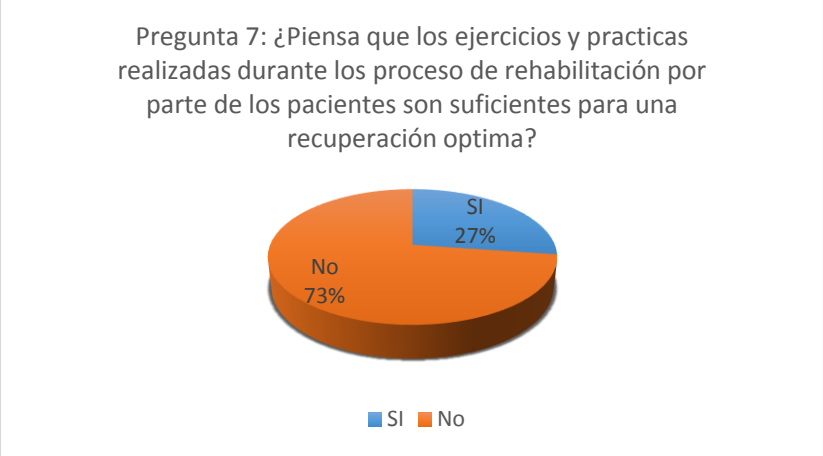


Figura 36: Pregunta 7 [Elaboración propia]

Como se pude observar en la Figura 36 el 73% de encuestados, sugieren que los ejercicios y prácticas NO son suficientes para un correcto proceso de rehabilitación. **Lo cual puede significar que hay una brecha en donde se pueden implementar nuevos mecanismos o metodologías, para mejorar los procesos de rehabilitación.**

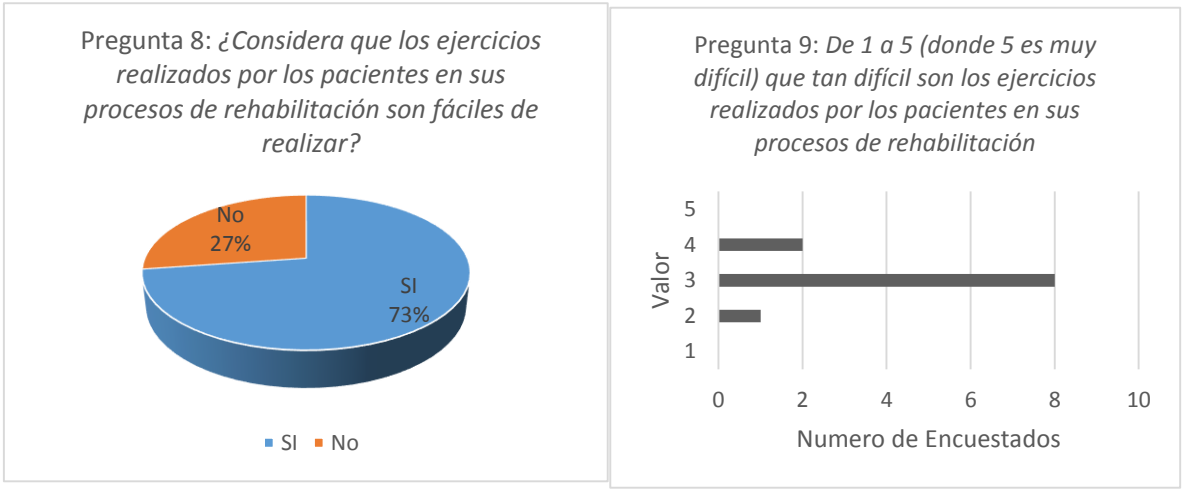


Figura 37: Pregunta 8 y 9 [Elaboración propia]

En la Figura 37, se pude observar que para la mayoría de los encuestados los ejercicios realizados en los procesos de rehabilitación por parte de los pacientes, son fáciles de realizar, en su mayoría afirman que el grado de dificultad es de 3 en un rango de 1 a 5. **Lo anterior descrito, da un precedente en el cual se puede determinar que los ejercicios o formas de uso de los nuevos mecanismos o herramientas deben ser fáciles de usar para los pacientes.**

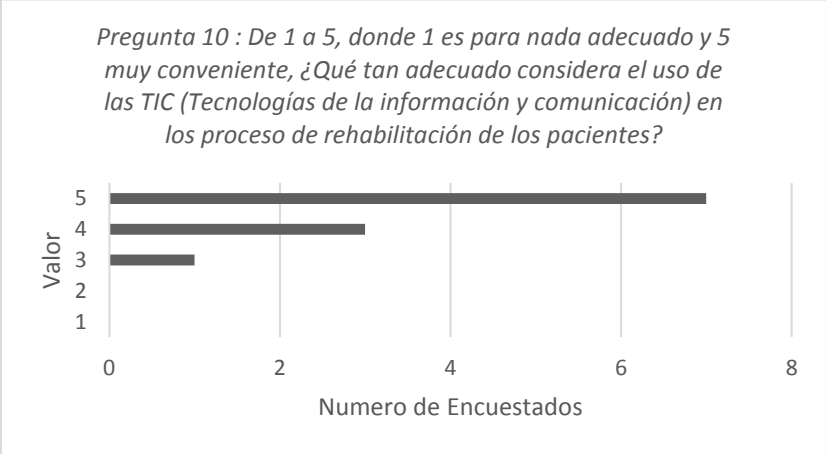


Figura 38 Pregunta 10 [Elaboración propia]

En la Figura 38 se puede observar que por parte tanto del grupo de fisioterapeutas como del grupo de estudiantes hay una alta aceptación en la inclusión de TIC en los procesos de rehabilitación. **Lo cual se puede interpretar como una muestra del gran mercado en el cual se está trabajando, lo que podría suponer que el investigar y desarrollar nuevas tecnologías para la rehabilitación podría beneficiar a una gran cantidad de pacientes.**

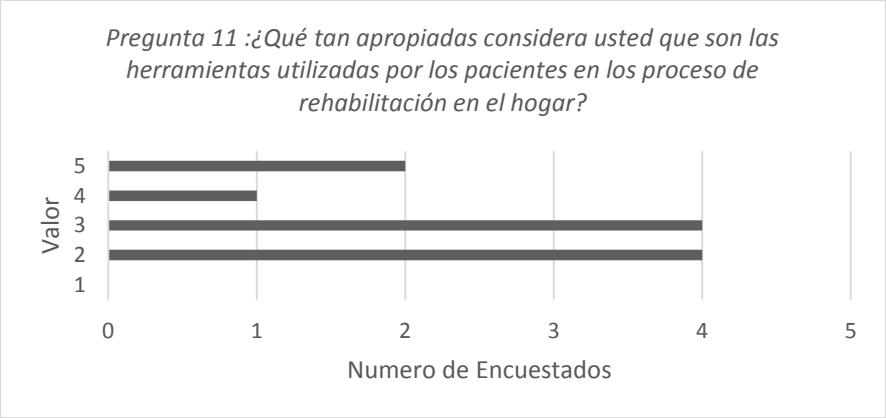


Figura 39 Pregunta 11 [Elaboración propia]

Se pude observar en la Figura 39 que según los encuestados, las herramientas usadas por los pacientes en su mayoría están entre apropiadas (3) y regulares (2). **Por lo tanto supone una necesidad en la cual los pacientes deberían tener mejores herramientas para ser usadas en los procesos de rehabilitación en el hogar y de esta manera tener un mayor impacto positivo en su proceso de recuperación.**

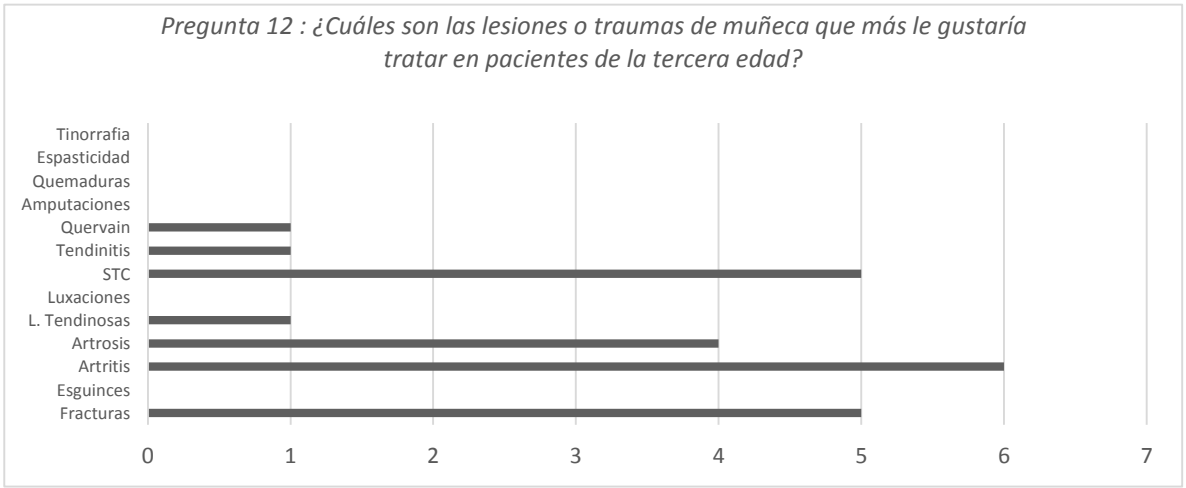


Figura 40 Pregunta 12 [Elaboración propia]

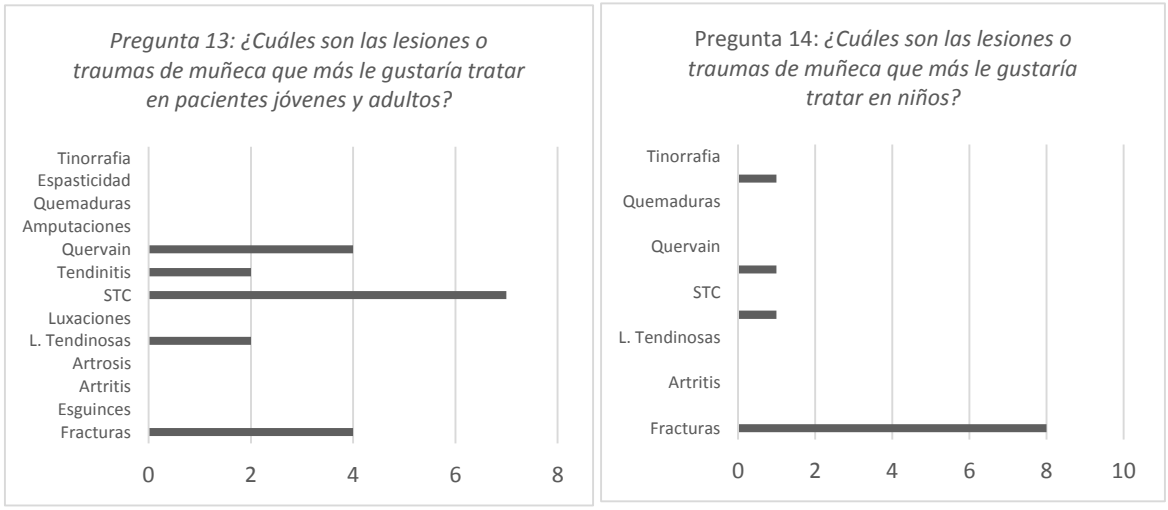


Figura 41 Preguntas 13 y 14 [Elaboración propia]

Podemos observar en la Figuras 40 y 41, una gran variedad de trastornos que les gustaría tratar a los encuestados dependiendo de la etapa de la vida en la cual se encuentren los pacientes, como datos particulares la preferencia en niños es indiscutiblemente las fracturas, en jóvenes y adultos existe una alta preferencia en tratar el STC y en personas de la tercera edad la preferencia esta entre una mayor variedad de trastornos, como son la artritis, la artrosis, el STC y las fracturas. **Teniendo en cuenta todas las edades, los trastornos que más resaltan son las Fracturas y el STC, esto podría significar que una herramienta móvil diseñada para ayudar en los procesos de rehabilitación de alguna de estos dos trastornos impactaría mayormente en la población en general.**

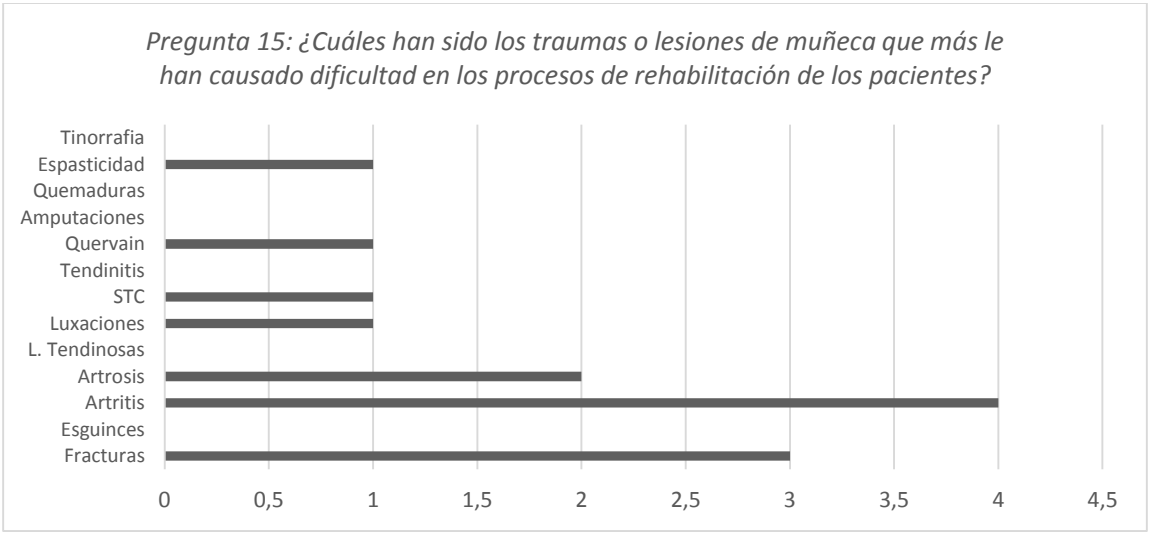


Figura 42 Pregunta 15 [Elaboración propia]

Se pude observar en la Figura 42, la escogencia de la artritis y las fracturas como lesión más difícil que han tenido los encuestados en los proceso de rehabilitación de los pacientes. **Esto podría determinar que en los procesos de rehabilitación los beneficios van a ser más significativos al usar una herramienta móvil en trastornos como la artritis y las fracturas teniendo en cuenta su grado de dificultad, según la experiencia de los encuestados.**

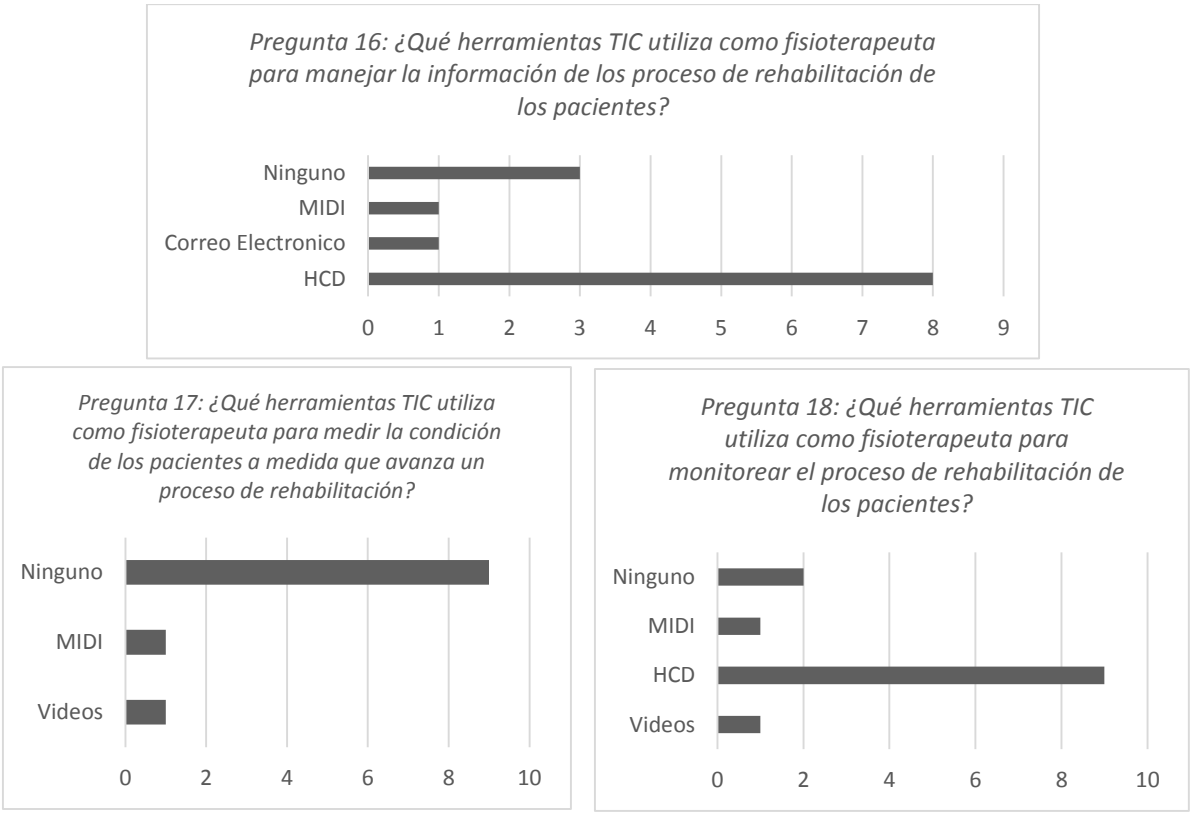


Figura 43 Pregunta 16, 17 y 18 [Elaboración propia]

En la Figura 43, se pude ver poco uso de herramientas TIC en la medición de la condición física de los pacientes a medida que avanza sus proceso de rehabilitación, además se puede observar el gran uso de la HCD como método de monitoreo y manejo de la información de los pacientes. **Lo cual puede sugerir una brecha muy importante en la cual se pueden desarrollar nuevas tecnologías para la medición de las condiciones físicas de los pacientes, además se puede afirmar, la importancia del manejo de la información y monitoreo de los pacientes, lo cual puede dar pautas para la implementación de herramientas móviles que asistan los procesos de rehabilitación.**

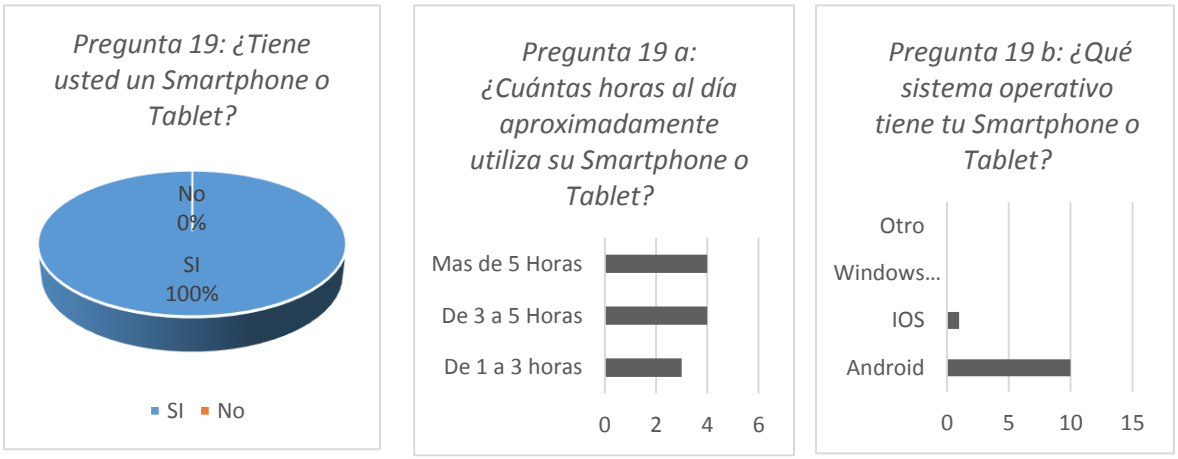


Figura 44 Pregunta 19, 19a y 19b [Elaboración propia]

En la Figura 44 se pude observar el gran uso de dispositivos móviles, teniendo el 100% de los encuestados algún smartphone o Tablet, de los cuales la gran mayoría tiene SO Android. **Estos datos reafirman la gran importancia del uso de dispositivos móviles y el gran impacto que puede tener una aplicación móvil, además define como el SO Android como el más importante a la hora de desarrollar una herramienta móvil.**

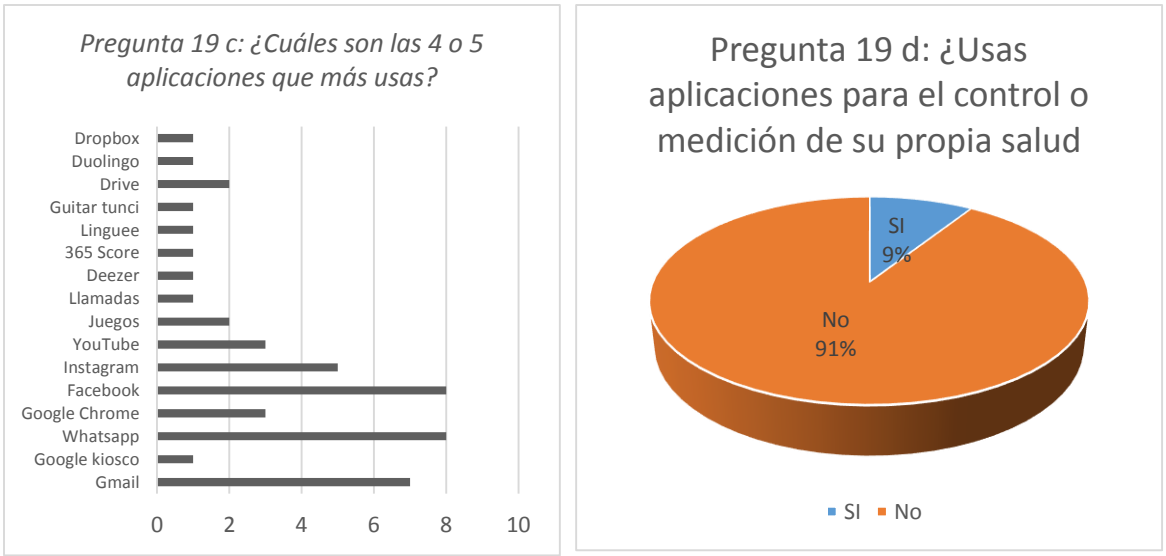


Figura 45 Pregunta 19c y 19d [Elaboración propia]

La Figura 45 muestra como las aplicaciones más usadas por los encuestados son las de comunicación y redes sociales, además muestra el poco uso de aplicaciones móviles para control o medición de su propia salud por parte de los encuestados. **Lo anterior descrito**

puede significar que puede existir una falta de conocimiento de la existencia de aplicaciones móviles para la utilización personal en cuanto a salud o una falta de oferta y demanda de aplicaciones móviles en salud.

Como segunda medida se realiza un análisis a los resultados obtenidos en la encuesta denominada **Encuesta de Identificación de Trauma, Lesión y/o Enfermedad Relevante**.

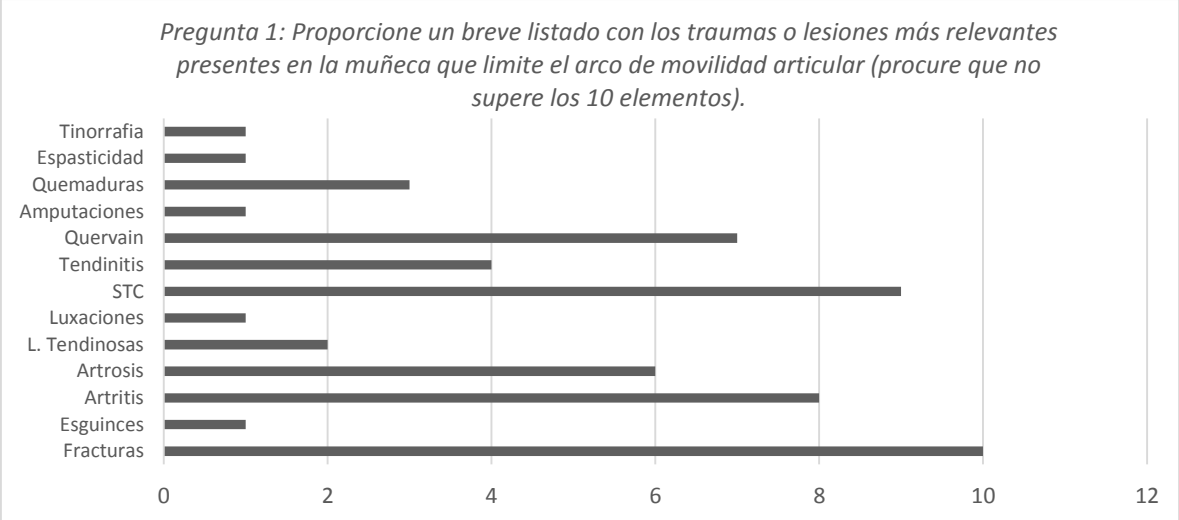


Figura 46 Traumas, lesiones y / o enfermedades más relevantes [Elaboración propia]

En la Figura 46 se puede observar de forma gráfica una pequeña lista de los traumas, lesiones y enfermedades que pueden presentar la muñeca**. Para destacar se detectan las fracturas, la artritis y el STC como los trastornos más recurrentes.**

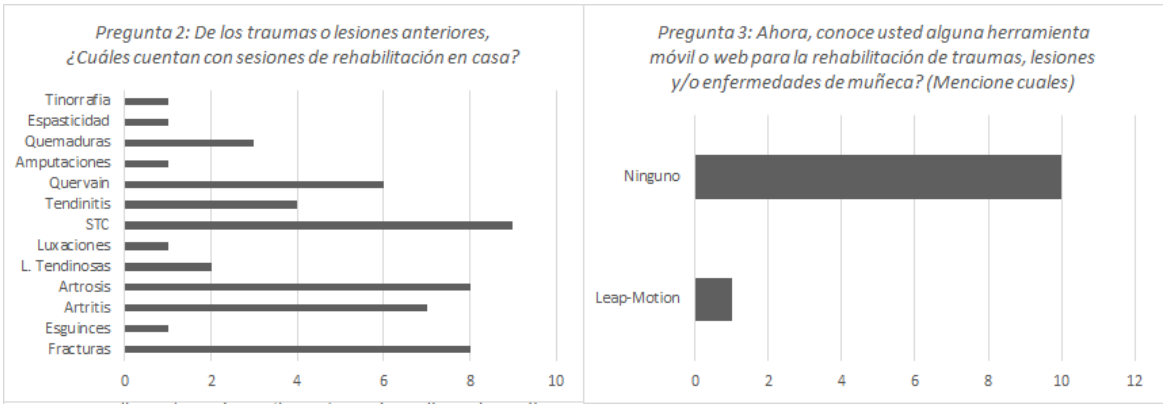


Figura 47 Trastornos con sesiones de rehabilitación en casa y herramientas móviles [Elaboración propia]

En la Figura 47 se observa que la totalidad de las enfermedades, lesiones o traumas que tienen ejercicios de rehabilitación en casa, dando la artrosis, las fracturas y el STC como las más recurrentes, además se observa el poco conocimiento de algunas herramientas móviles o web disponibles para la rehabilitación de trastornos de muñeca. **Esto muestra categóricamente que los ejercicios de rehabilitación en el hogar son muy importantes y que conforman una fase fundamental en el proceso de rehabilitación, adicionalmente supone un desconociendo de la existencia de herramientas móviles o web disponible para la rehabilitación de trastornos de muñeca.**

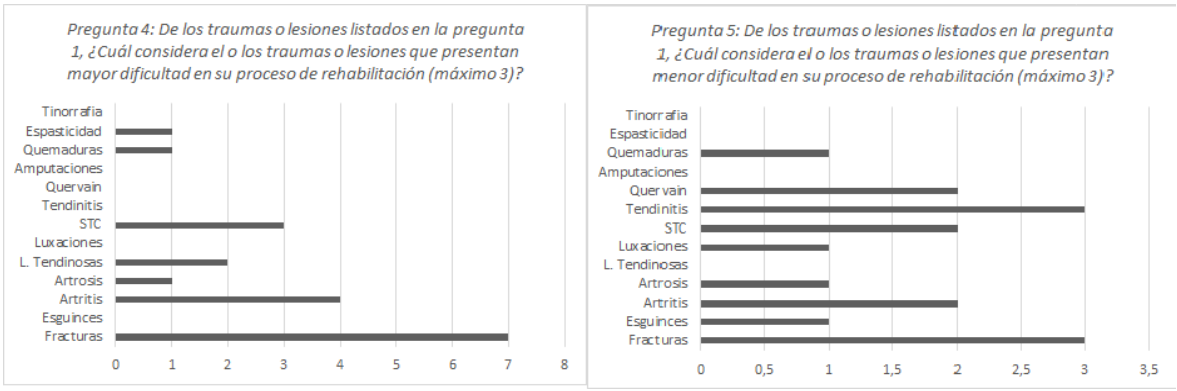


Figura 48 Dificultad trauma, lesión y / o enfermedad [Elaboración propia]

De la Figura 48, se destaca como la lesión trauma o enfermedad con mayor dificultad en su proceso de rehabilitación para los encuestados, son las fracturas. Los trastornos con menor dificultad aparecen una mayor variedad de opciones en comparación con las de mayor dificultad, en las de menor dificultad se destacan las tendinitis y las fracturas, en este caso en particular aparece fracturas debido a que en el proceso de análisis de datos se decidió tomar las respuestas tales como: Fracturas de radio, Fracturas de Colles, Fracturas de Carpo simplemente como fracturas, lo cual influyo en el análisis del proceso estadístico. **Lo anterior puede significar que el uso de herramientas móviles en la rehabilitación de fracturas puede tener un mayor impacto debido a su dificultad.**

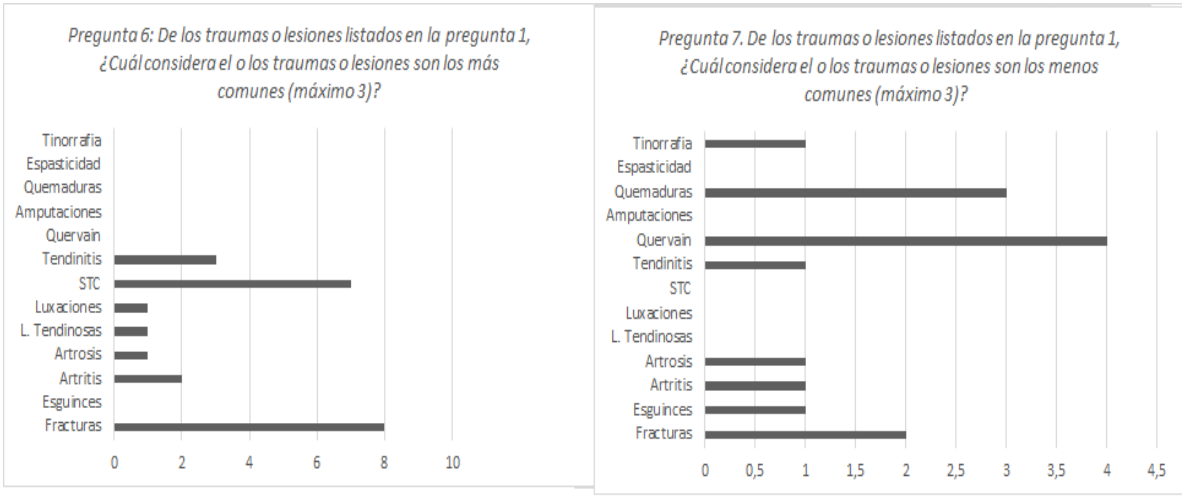


Figura 49 Prevalencia de los traumas, lesiones o enfermedades de muñeca [Elaboración propia]

De la Figura 49, se destaca como los trastornos más comunes las fracturas y el STC y las menos comunes las quemaduras y la Tenosivitis de Quervain. **De lo anterior también se puede inferir, que el uso de una aplicación móvil en el proceso de rehabilitación de fracturas, tendría una mayor aplicabilidad debido a la gran cantidad de pacientes que la usarían.**

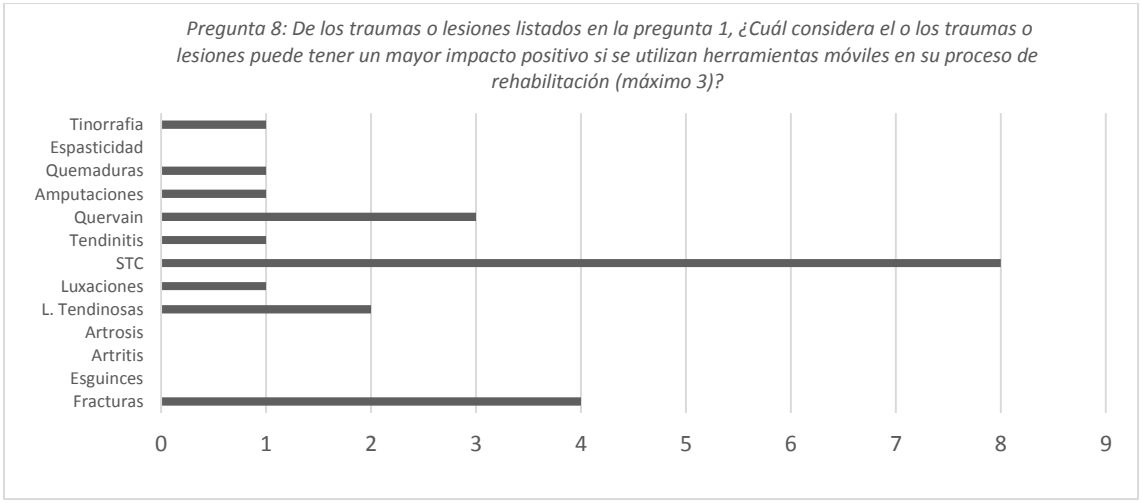


Figura 50 Impacto de Herramienta Móvil en las lesiones, traumas o enfermedades [Elaboración propia]

En la Figura 50, podemos observar que el STC es para la mayoría de los encuestados el trastorno de muñeca, que tendría un mayor impacto positivo en el uso de una aplicación

móvil en su proceso de rehabilitación, para destacar el segundo puesto para los encuestados son las fracturas como los trastornos de mayor impacto.

3.1.4. Resultados

La caracterización general y la determinación de la lesión, trauma y enfermedad relevante, obtenida atreves de las encuestas permitió la recolección cuantitativa de la información, lo cual permitió representar de manera gráfica algunas características y dificultades de los procesos de rehabilitación, además de determinar la relevancia y dificultades de los distintos trastornos que puede presentar la muñeca. A través de análisis, con la herramienta Excel de los datos obtenidos, se pudo determinar algunos problemas que sirven como base para definir algunas características y necesidades en el uso de herramientas TIC en el área de la salud, como se muestra en la Tabla 08, a partir de estas necesidades, se definen objetivos y características de la aplicación móvil a desarrollar para solventarlas, adicionalmente se puede abstraer datos relevantes sobre la población encuestada y sobre las lesiones, traumas y enfermedades.

Problema	Consecuencia	Necesidad
Falta o desconocimiento de herramientas móviles en el área de la salud.	Desaprovechamiento de recursos tecnológicos en el área de la salud.	Desarrollar y difundir tecnologías móviles en el área de la salud.
Facilidad en los procesos de rehabilitación en el hogar	No se pueden desarrollar herramientas móviles en salud que sean difíciles de usar.	Desarrollar aplicaciones móviles, amigables con el usuario.
Falta herramientas TIC o poco uso de ellas, en el manejo de la información de los procesos de rehabilitación de los pacientes,	Los profesionales de la salud, no usan las herramientas disponibles para el manejo de la información de los pacientes.	Desarrollar herramientas TIC para la gestión de la información de los pacientes.
Falta de herramientas TIC para la medición de la condición de los pacientes en el hogar	Desconociendo de los profesionales en la salud de las condiciones médicas de los pacientes en el hogar	Desarrollar herramientas TIC que permitan medir las condiciones físicas de los pacientes en el hogar
Falta de herramientas TIC o poco uso de ellas, para monitorear los procesos de rehabilitación en el hogar.	Los profesionales de la salud, no usan las herramientas disponibles para el control sobre los proceso de rehabilitación de los pacientes en el hogar	Desarrollar herramientas TIC para monitorear los proceso de rehabilitación en el hogar

Tabla 8 Problemas detectados

La Fracturas son una de las lesiones con mayor dificultad en trascurso de su rehabilitación, además es una de las más comunes y comprende un conjunto de lesiones en las cuales el

uso de herramientas móviles puede llegar a tener un mayor impacto positivo en su proceso de rehabilitación.

En la mayoría de los casos los encuestados utilizan dispositivos inteligentes más de tres horas diarias, cuyo sistema operativo es Android.

3.2. Caracterización de Fisioterapeutas y uso de las TIC

Con el objetivo de determinar las principales las principales dificultades necesidades y características que debería tener una herramienta móvil para ser usada en los procesos de rehabilitación, se realizó una entrevista a profundidad a los fisioterapeutas Docentes de la Universidad del Cauca, de esta manera se obtuvo de forma cualitativa una gran cantidad de información relevante relacionada a el uso de herramientas TIC en los proceso de rehabilitación. A partir del análisis de la información de es posible abstraer las necesidades de los procesos de rehabilitación y las características que debe tener una herramienta móvil para ser usada en los procesos de rehabilitación de los pacientes.

3.2.1. Descripción del Grupo de Estudio

Para la realización de las entrevistas se tomó una pequeña muestra de fisioterapeutas que hacen parte del plantel docente de la Universidad del Cauca. Los Docentes fueron seleccionados bajo un perfil establecido el cual se muestra a continuación:

Perfil del Entrevistado	
Edad	30 - 50
Profesión	Fisioterapeuta
Experiencia mínima en la parte Asistencial	5
Experiencia mínima como Docente	10
Genero	Es Indiferente
Conocimiento en TIC	Mínimo

Tabla 9 Perfil entrevistado

Para la realización de la entrevistas se contactó con los fisioterapeutas que cumplieran con el perfil mostrado en la Tabla 09, se les informo del propósito de la investigación con el cual se determinarían las principales dificultades, beneficios y necesidades al incluir las TIC en un proceso de rehabilitación.

3.2.2. Ejecución de las Entrevistas

Para la ejecución de la entrevistas se formularon preguntas con el objetivo de determinar de forma cualitativa los beneficios, características, necesidades y dificultades a la hora de incluir las TIC en un proceso de rehabilitación, para ellos se les informo con anterioridad las preguntas a realizar, además de su previa aprobación mediante un consentimiento informado. El formato de entrevista se encuentra consignada en el ANEXO C y el consentimiento informado está en el ANEXO B.

La entrevista realizada se encuentra consignada en el ANEXO C como “Guía para las entrevistas a Profundidad”, fueron realizadas de forma tal que hubiera una comunicación abierta, en donde se diera la mayor cantidad de información posible sobre el tema tratado, estas entrevistas fueron grabadas en formato de audio para poder ser trascritas, analizadas y codificadas a través de la herramienta denominada Atlas.Ti.

3.2.3. Análisis de la Entrevistas

Para el análisis de las entrevistas fue necesaria su transcripción exacta, estas estaban consignadas en formato de Audio y fueron ingresadas en la herramienta Atlas.ti, a partir de allí se realizó un proceso de codificación, el cual da como resultado una red de conceptos en el cual se puede observar de una mejor manera las interrelaciones obtenidas entre ellos.

3.2.3.1. Red de Conceptos

Los conceptos más relevantes en cada una de las entrevistas fueron definidos como los códigos a identificar, estos fueron asociados a conceptos similares a través de las diferentes entrevistas realizadas. A partir de la identificación y codificación de los conceptos, se puede generar por medio de la herramienta Atlas.ti una red de conceptos que ayuda de manera visual a representar los puntos más importantes y sus interrelaciones. El proceso de codificación de las Entrevistas se muestra en el ANEXO D, a continuación en la Figura 51 se muestra el resultado del análisis de las entrevistas representadas en una red de conceptos.

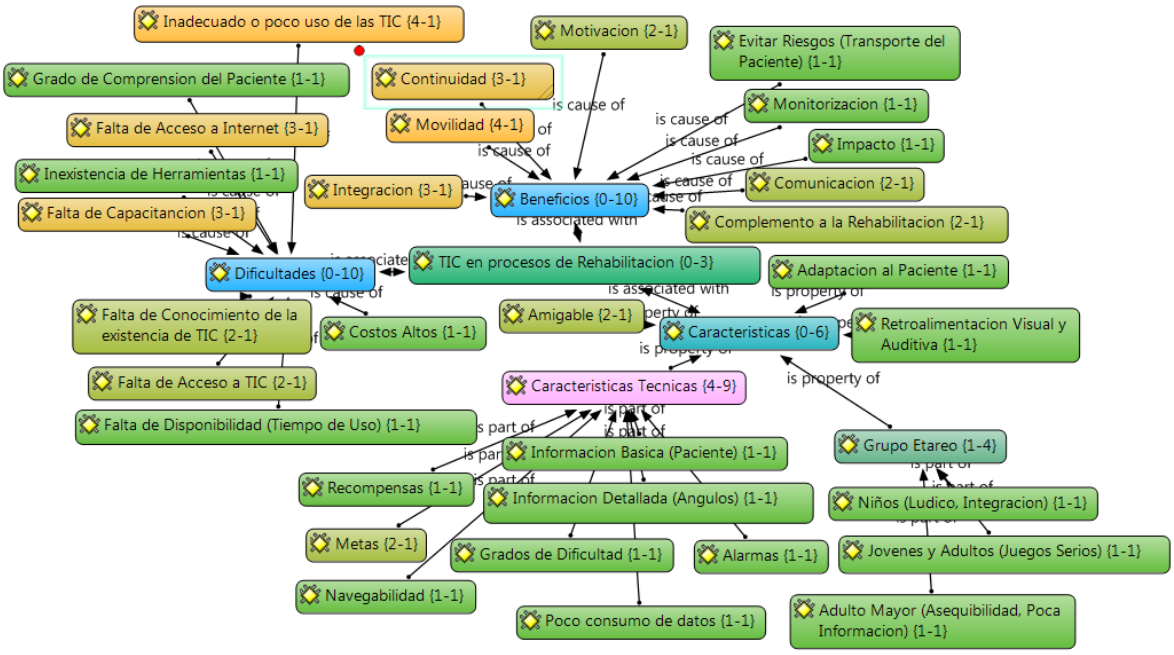


Figura 51 Red de Conceptos [Elaboración propia]

En la red de conceptos representada en la Figura 51, se muestran tres ejes principales como resultado del análisis de las entrevistas realizadas, estos son: beneficios, dificultades y características, de ellos se desglosan una serie de conceptos que representan el uso de las TIC en un proceso de rehabilitación.

A continuación se hace un análisis más profundo de la red de conceptos:

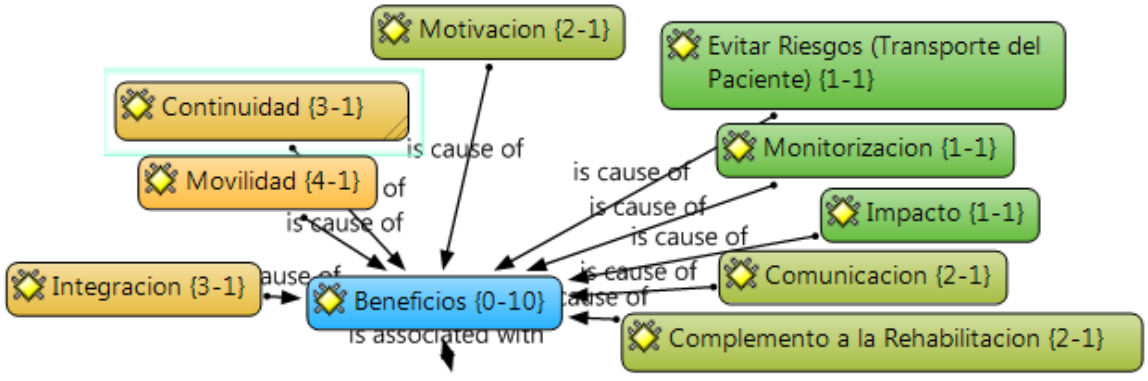


Figura 52 Beneficios - Red de Conceptos [Elaboración propia]

En la Figura 52, se puede observar la red de conceptos de los Beneficios de un proceso de rehabilitación , entre ellas se destacan la Movilidad , Continuidad e Integración por tener la mayor ocurrencia entre las opciones mostradas, lo cual da como resultado relevante la movilidad como el mayor benéfico encontrado según su ocurrencia.

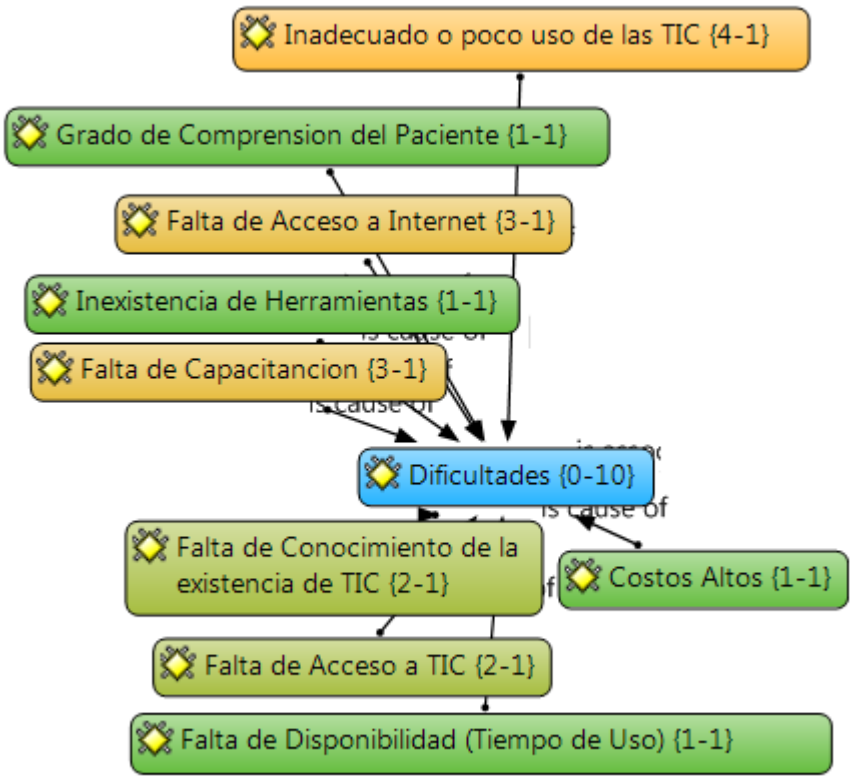


Figura 53 Dificultades - Red de Conceptos [Elaboración Propia]

En la Figura 53, se puede ver la red de conceptos derivada de las entrevistas realizadas en donde se desglosan las Dificultades al involucrar las TIC en un proceso de rehabilitación, lo más relevante son el inadecuado o poco uso de las TIC, la Falta de Acceso a internet y la Falta de Capacitación, teniendo en cuenta su ocurrencia en las entrevistas, para destacar está el Inadecuado o poco Uso de las TIC como el concepto que más ocurrencia tuvo de todos , lo cual puede sugerir que es la dificultad que más impacto podría tener al involucrar una herramienta móvil en un proceso de rehabilitación.

En la red de conceptos mostrada en la Figura 54, se puede ver las características que necesita una herramienta móvil para ser usada en un proceso de rehabilitación, para resaltar se destacan dos ramas que salen de la red principal , las cuales son : grupo Etareo y características técnicas , en ellas se muestran como influencia el grupo etareo en las características que debe tener una herramienta móvil para el uso en un proceso de rehabilitación y una serie de características técnicas muy puntuales que deben tener, de las cuales se destacas las Metas como característica técnica con mayor ocurrencia.

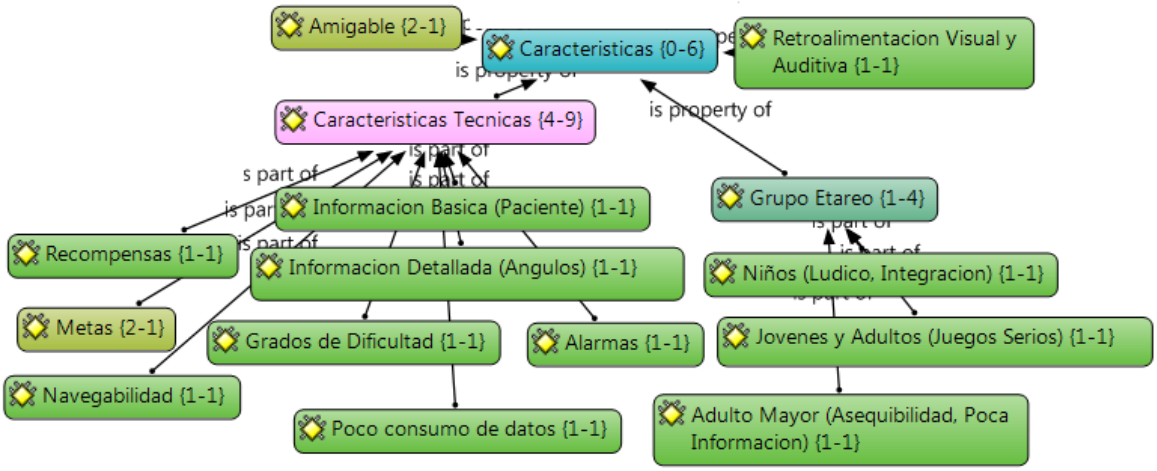


Figura 54 Características - Red de Conceptos [Elaboración propia]

3.2.4. Resultados

Como resultado del análisis de las entrevistas a través de Atlas.ti se pueden sacar una red de conceptos lo cuales pueden ayudar a comprender de una mejor manera los beneficios, dificultades y características que debe tener las TIC al ser involucradas en un proceso de rehabilitación, a continuación en la Tabla 10 se realiza un análisis de las dificultades obtenidas al involucrar las TIC en un proceso de rehabilitación.

Dificultad	Necesidad
Falta de Conocimiento de la Existencia de TIC	Difundir el uso y la existencia de TIC que ayuden a los proceso de rehabilitación.
Inexistencia de Herramientas	Desarrollar nuevas herramientas que puedan ser usadas en los proceso de rehabilitación.

Inadecuado o poco uso de las TIC	Capacitar y desarrollar herramientas que motiven a los usuarios para ser aprovechadas de la manera correcta.
Grado de Comprensión del Paciente	Capacitar y desarrollar herramientas amigables y de fácil uso.
Falta de Acceso a Internet	Desarrollar herramientas que no necesiten internet o lo necesiten mínimamente para su uso.
Falta de Disponibilidad (Tiempo de Uso)	Diseñar herramientas que permitan su uso eficientemente.
Falta de Acceso a TIC	Promover el uso y desarrollar herramientas de fácil acceso para el público.
Falta de Capacitación	Capacitar tanto a pacientes como profesionales en el correcto uso y diseñar herramientas que sean amigables y que contengan guías básicas para ser usadas y mostradas a otras personas.
Costos Altos	Diseñar herramientas TIC de bajo costo para el beneficio de pacientes y profesionales de la salud.

Tabla 10 Análisis de las Dificultades

3.3. Definición de Lesión, Trauma o Enfermedad

Una vez determinadas las características generales, beneficios y dificultades de involucrar las TIC en los proceso de rehabilitación, se ve la necesidad de enfocar el proyecto a una enfermedad, lesión o trauma en particular, debido a todas las diferentes características que tienen cada uno de los trastornos que puede presentar la muñeca, por ello se realiza una selección a partir de la información presentada en las encuestas y su posterior análisis.

Para determinación de la enfermedad, lesión o trauma se define un perfil con unas características particulares las cuales están consignadas en la Tabla 11.

Criterios para la Selección de Enfermedad, Lesión o Trauma	
Criterio	Descripción
Trastorno Relevante	Se define como el trastorno con mayor grado de importancia.
Cuente con sesiones de rehabilitación en casa	Es importante que el trastorno tenga sesiones en casa debido a que la herramienta necesita ser aplicada en un lugar externo a un centro de salud.
Mayor Grado de dificultad	Se define como el trastorno que más dificultades les ha causado en los procesos de rehabilitación a los encuestados
Más Común	Se define como el trastorno más ocurrente según la apreciación de los encuestados
Mayor Impacto positivo	Se determina como el trastorno que mayor impacto positivo tendría si fuera aplicada una herramienta móvil en su proceso de rehabilitación.

Consenso del grupo de trabajo	Para la escogencia del trastorno se deben tener en cuenta las características tanto de manejo como de facilidad a la hora de crear una solución móvil que asista su proceso de rehabilitación lo cual se hace a partir del análisis en conjunto del grupo de trabajo.

Tabla 11 Criterios para la Selección de Enfermedad, Lesión o Trauma

3.3.1. Análisis de datos

Para la selección de la enfermedad, trauma o lesión, inicialmente se realiza una lista a partir de las respuestas consignadas en las encuestas, ellas se muestran en la Tabla 12, posteriormente se realiza una selección de las más ocurrentes y se consignan según los criterios de selección mostrados en la Tabla 11.

Numero	Enfermedad, Trauma o Lesión
1	Tinorrafia
2	Espasticidad
3	Quemaduras
4	Amputaciones
5	Tenosinovitis de Quervain
6	Tendinitis
7	Síndrome del Túnel Carpiano
8	Luxaciones
9	Lesiones Tendinosas
10	Artrosis
11	Artritis
12	Esguinces
13	Fracturas

Tabla 12 Enfermedad, Lesión o Trauma

A partir de la lista mostrada en la Tabla 12 se realiza un análisis con cada uno de los criterios de selección mostrados en la Tabla 11, para ellos se consigna dicha información en las Tabla 13 en donde se marcan con una X en cada casilla según las tres respuestas con mayor ocurrencia en cada uno de los criterios a partir de las respuestas dadas en las encuestas.

Trastorno	Trastorno Relevante	Cuente con sesiones de rehabilitación en casa	Mayor Grado de dificultad	Más Común	Mayor Impacto positivo	Consenso del grupo de trabajo
1						
2						

3						
4						
5					X	
6				X		
7	X	X	X	X	X	X
8						
9						
10		X				
11	X		X			X
12						
13	X	X	X	X	X	X

Tabla 13 Selección de Enfermedad, Trauma o Lesión

Al analizar los datos consignados en la Tabla 13 se determina que el trauma, lesión o enfermedad escogido, son las Fracturas debido a los criterios de selección mostrados y a la gran variedad de lesiones que representa.

Teniendo en cuenta que las fracturas comprende un trauma muy amplio, se decidió enfocarse estrictamente en las Fracturas Distales de Radio debido a que posee una gran incidencia en la población en general.

3.3.1.1. Caracterización Fractura Distal del Radio

Con el objetivo de definir unas características técnicas claras en el diseño y desarrollo de una herramienta móvil para la rehabilitación de Fracturas Distales de Radio, se realiza una caracterización detallada de este trauma, para de esta manera tener todas las pautas técnicas necesarias para poder desarrollar una herramienta móvil completa y enfocada a los usuarios de esta patología.

3.3.1.1.1. Fracturas Distales del Radio

El radio es uno de los dos huesos del antebrazo, una fractura distal de radio ocurre cuando el radio se fractura cerca de la muñeca, la factura de radio es una de las fracturas más comunes en el brazo, la forma más común de fracturarse esta parte del cuerpo es a causa de una caída con el brazo extendido, la posibilidad de que se pueda fracturar el radio aumenta debido a algunas condiciones asociadas a la edad como la osteoporosis (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

Una de las características cuando se presenta una fractura distal del radio es el dolor inmediato, el dolor cuando se palpa la zona afectada o dependiendo de la gravedad de la lesión se puede observar la muñeca desplazada, dislocada o torcida, todas estas características se deben confrontar un examen más detallado para poder descartar otro tipo de complicaciones asociadas a la fractura, esto se hace atreves de un examen de rayos x (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

3.3.1.1.2. Características

La fractura distal de radio normalmente ocurre a una pulgada del extremo del hueso, su localización puede variar dependiendo del tipo y forma de la fractura, como son la fractura Intra-Articular (La fractura se extiende al interior de la articulación), fractura Extra-Articular (la fractura no se extiende al interior de la articulación), fractura abierta (cuando el hueso rompe la piel), fractura conminuta (Cuando el hueso se quiebra en más de dos pedazos) (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

Alguna de las complicaciones asociadas a la fractura distal del radio son las luxaciones, ruptura de ligamentos y regidos en la muñeca además de desgarros y otras contusiones.

3.3.1.1.3. Clasificación

Existen diferentes tipos de clasificaciones para las fracturas distales de radio, es importante determinar qué grado lesión se encuentra la fractura, para así poder implementar un proceso de rehabilitación adecuado, a continuación en la Figura 55, se puede observar algunos de los tipos de fracturas distales de radio (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014):

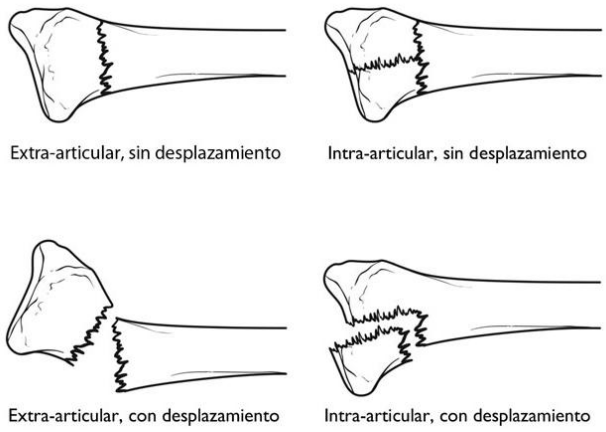


Figura 55 Algunos tipos de fracturas distales de radio (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014)

Las facturas sin desplazamiento son aquellas en las cuales el hueso permanece en la posición natural y no se ha desplazado considerablemente, las fracturas con desplazamiento son las cuales pates o la totalidad del hueso han sido desplazados considerablemente de su forma natural.

3.3.1.1.4. Tratamiento

El tratamiento de la fractura distal de radio depende de muchos factores, tales como tipo de fractura, ubicación y si está asociado a otras enfermedades como osteoporosis, el objetivo primordial del tratamiento es colocar las partes del hueso quebradas en su lugar natural, ya sea con tratamientos quirúrgicos o no quirúrgicos (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

Tratamiento NO Quirúrgico.

Dependiendo del tipo de fractura, si esta es una fractura No desplazada, el tratamiento inicial es la enyesadura del brazo, hasta que le hueso se consolide, si la posición del hueso no es la correcta el profesional de la salud puede realinear manualmente las pares del hueso desplazadas, de una forma no invasiva y posterior a esto se puede enyesar el brazo o colocar un cabestrillo mientras la inflamación provocada por la fractura disminuye, proceso que dura entre 3 y 6 semanas. Estas actividades pueden ser monitoreadas

periódicamente con rayos x para ver la evolución continua de la fractura (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014) .

Tratamiento Quirúrgico

En el caso de que la fractura presente un desplazamiento del hueso el cual no se pueda corregir manualmente o sea una fractura abierta, el tratamiento inmediato es una intervención quirúrgica la cual varía dependiendo de la complejidad de la fractura. En el tratamiento quirúrgico se realiza la alineación de las partes o de la totalidad del hueso a su posición natural, esta alineación puede ser con placas, varillas y tornillos internos o también con fijadores externos o enyesadura o las combinación de las anteriores dependiendo de lo que la lesión lo requiera (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

3.3.1.1.5. Recuperación

La recuperación de una fractura distal de radio es muy variada, dependiendo de la lesión en sí y de cada tipo de persona. En el proceso de recuperación hay que tener en cuenta varias situaciones dependiendo de las circunstancias en las que se encuentre el paciente, tal como el manejo de dolor, en el caso que si se presente (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

La mayoría de las fracturas producen dolor en un intervalo de tiempo de días a semanas, el manejo del dolor ocasionado por la fractura se puede controlar por medio hielo ubicado en la herida o la colocación de la mano elevada en una posición superior al corazón, también se pueden manejar los episodios de dolor con la ingesta de medicamentos, previa autorización del médico (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

El proceso de recuperación también puede presentar inflamación de la muñeca, ya sea debido a algún esfuerzo mal calculado por parte del paciente o debido a infecciones no identificadas en el momento adecuado, esto podría ocasionar una complicación a largo plazo, por lo que se recomienda la supervisión inmediata de un médico (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

3.3.1.1.6. Rehabilitación

El proceso de rehabilitación varía según cada persona dependiendo de diferentes circunstancias, en un gran porcentaje los pacientes pueden volver a realizar todas las actividades cotidianas que se realizaban antes de la lesión (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

La fractura distal del radio ocasiona una perdida en la movilidad de la muñeca, para su debida rehabilitación es necesario la realización de ciertos ejercicios planteados por un profesional de la salud , estos ejercicios comienzan dependiendo del médico, de 2 a 4 días después de la remoción de la última enyesadura, puede ser el periodo en el cual se comiencen a realizar dichos ejercicios de rehabilitación , estos se pueden prolongar desde 1 a 3 meses para la realización de actividades ligeras o de 3 a 6 meses para la realización de actividades fuertes como jugar rugby, la rigidez producida por la lesión mejorara según vaya progresando el proceso de rehabilitación, hasta aproximadamente 2 años después dependido de la gravedad de la lesión (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2014).

A continuación en las Tablas 14, 15, 16, 17, 18, 19 se muestra un grupo de ejercicios desplegados por actividades por semana de un proceso normal de rehabilitación de una fractura distal del radio (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

Semana 01			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: Extienda los dedos antes de hacer puño		5 veces x 10 repeticiones
2	Recolectar manzanas: Abra su mano por encima de su cabeza y cierre jalando su brazo hacia abajo.		3 veces x 15 repeticiones

Tabla 14 Ejercicios Semana 01 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

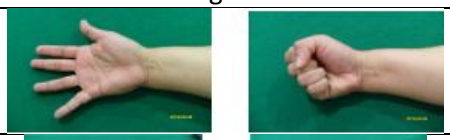
Semana 02			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: Extienda los dedos antes de hacer puño		5 veces x 10 repeticiones
2	Ondulación: La mano se apoya en su borde cubital, se estabiliza la muñeca y se realiza movimiento lento en extensión y flexión.		2 veces x 20 repeticiones
3	Limpia parabrisas: La palma de la mano plana sobre la mesa, lentamente abducir hacia radial y cubital.		2 veces x 20 repeticiones
4	Facilitación neuromuscular propioceptiva: Hacer puño mientras se eleva el brazo por arriba de la cabeza y la nariz toca el codo. Lentamente lleva el brazo hacia abajo abriendo la mano y extendiendo el codo.		2 veces x 20 repeticiones

Tabla 15 Ejercicios Semana 02 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

Semana 03			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: aplastar una bola suave por algunos segundos.		3 veces x 10 repeticiones
2	Mano en el límite de la mesa: Lentamente mover la mano hacia usted: Flexión (1), Extensión (2), y con el pulgar hacia usted (3).		2 veces x 20 repeticiones
3	Cepillarse los dientes: Cepillarse como de costumbre con la mano afectada.		2 minutos x 2 repeticiones

Tabla 16 Ejercicios Semana 03 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

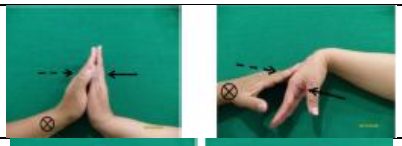
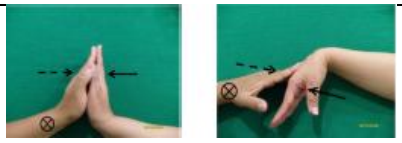
Semana 04			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: aplastar una bola suave por algunos segundos.		3 veces x 10 repeticiones
2	Ondulación: La mano se apoya en su borde cubital, se estabiliza la muñeca y se realiza movimiento lento en extensión y flexión.		2 veces x 20 repeticiones
3	Limpia parabrisas: La palma de la mano plana sobre la mesa, lentamente abducir hacia radial y cubital.		2 veces x 20 repeticiones
4	Presión y Contrapresión: Empujar con la mano sana contra la palma de la mano fracturada (1) y viceversa (2).		2 veces x 10 repeticiones
5	Movimiento como el ejercicio anterior pero sin presión y realizando flexión y extensión de la mano.		2 veces x 10 repeticiones

Tabla 17 Ejercicios Semana 04 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

Semana 05			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: aplastar una bola suave por algunos segundos.		3 veces x 10 repeticiones
2	Ondulación: La mano se apoya en su borde cubital, se estabiliza la muñeca y se realiza movimiento lento en extensión y flexión.		2 veces x 20 repeticiones
3	Limpia parabrisas: La palma de la mano plana sobre la mesa, lentamente abducir hacia radial y cubital.		2 veces x 20 repeticiones
4	Presión y Contrapresión: Empujar con la mano sana contra la palma de la mano fracturada (1) y viceversa (2).		2 veces x 10 repeticiones

5	Movimiento como el ejercicio anterior pero sin presión y realizando flexión y extensión de la mano.		2 veces x 10 repeticiones
6	Botella de agua: El mismo ejercicio 2 de la Semana 03, pero sosteniendo una botella de agua de 500 ml.		2 veces x 10 repeticiones

Tabla 18 Ejercicios Semana 05 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

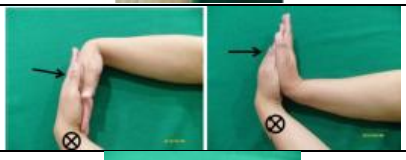
Semana 06			
No	Descripción	Figura	Frecuencia
1	Hacer puño: aplastar una bola suave por algunos segundos.		3 veces x 10 repeticiones
2	Botella de agua: El mismo ejercicio 2 de la Semana 03, pero sosteniendo una botella de agua de 500 ml.		2 veces x 10 repeticiones
3	Estiramientos: Estirar la mano en flexión y extensión.		1 minuto x 3 repeticiones
4	Hacer puño: Apretar una bola de tenis por algunos segundos.		3 veces x 10 repeticiones

Tabla 19 Ejercicios Semana 06 (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

3.4. Resumen

En este Capítulo se identifican unos puntos claves para el desarrollo de la herramienta, por medio de la recolección de información, a través de encuestas y entrevista. Entre los puntos claves se destacan: las dificultades que se tienen en los procesos de rehabilitación, como

se puede observar en la Tabla 10, otro punto clave es la identificación del trastorno más apropiado para enfocar la herramienta móvil a desarrollar, el cual es la fractura distal del radio, por último se definen una serie de ejercicios para la rehabilitación de esta lesión basados en una Guía Practica clínica, como se pueden ver en las Tablas 14, 15, 16, 17, 18 y 19.

CAPITULO 4
4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

Este capítulo corresponde al diseño de la aplicación como parte esencial para poder garantizar un producto final adaptado a los requerimientos obtenidos en el capítulo anterior. Se realiza un diseño inicial conforme a las características definidas en el capítulo 3 y se realiza un proceso iterativo en el cual se hace un diseño y evaluación de usabilidad de las distintas funcionalidades de la aplicación, para la obtención de un producto final amigable y enfocado en el usuario, adicionalmente se realiza el diseño de una aplicación básica para la realización de pruebas de precisión del sensor.

4.1. Diseño de Usabilidad

La Usabilidad hace referencia a la cualidad de un producto software ya sea una página web o una aplicación móvil, por la cual se determina si su uso es fácil o no, es la capacidad de ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones.

El diseño de usabilidad puede variar dependiendo de en qué tipo de equipo o plataforma se quiera aplicar, se pueden desarrollar diseños de usabilidad tanto para página web como para dispositivos móviles. El tamaño del dispositivo, las características del usuario, la existencia de redes WiFi o el grupo etario al cual está enfocado, todas estas características influyen para una correcta realización de un diseño de una aplicación móvil, por tanto para poder tener un buen producto final se deben considerar cada una de ellas (Bentley & Barrett, 2012).

En el diseño de una aplicación móvil, el diseño de usabilidad va más allá de la simple capacidad de navegación entre pantallas, tiene como objetico el hacer que el usuario comprenda intuitivamente todos los indicadores que se le muestran entre pantallas, los iconos y el flujo general de la aplicación (Bentley & Barrett, 2012).

El diseño de usabilidad de la aplicación móvil se realiza teniendo en cuenta las características y necesidades mostradas en el Capítulo 3, adicionalmente a ello se enfoca en el proceso de rehabilitación de fracturas distales de radio, definido en el proceso de selección de trastorno, lesión o enfermedad relevante. El diseño se realiza teniendo en cuenta una guía práctica clínica. El primer paso que se hizo para hacer el diseño de usabilidad, fue realizar un diseño y dibujarlo en pequeños trozos de papel, del tamaño de un celular, teniendo en cuenta los ejercicios de rehabilitación de la Guía Práctica Clínica de Fracturas Distales de Radio, y las características definidas en todo el proceso de investigación, para posteriormente realizar un proceso de evaluación de usabilidad con profesionales de la salud y expertos en desarrollo móvil, esto con el objetivo de detectar de una forma iterativa previa al desarrollo de la aplicación, los errores o cambios necesarios para tener un producto final adecuado para los pacientes y disminuir el proceso de desarrollo y validación de la aplicación (Instituto Mexicano de Seguro Social, 2013).

4.1.1. Prototipos en Papel

Para iniciar el proceso de diseño de usabilidad y posterior evaluación de usabilidad, se dibujan en blanco y negro las interfaces necesarias en papel, según las características, requerimientos y necesidades del usuario final, consignados en el capítulo 3. Los prototipos en papel a la hora de realizar un diseño y evaluación de usabilidad, tiene una gran ventaja frente a la utilización de herramientas de prototipado, esta ventaja radica en la forma en la cual los usuarios evalúan los diseños en papel. Los diseños de usabilidad presentados en papel tienden a obtener una crítica mayor, en cuanto a funcionalidad de la aplicación, en comparación a los diseños de usabilidad presentados con herramientas de prototipado, por tanto de esta manera se garantiza que las personas se concentren en aspectos más funcionales y no en aspectos estéticos, de esta forma obteniendo un producto final de mejor calidad.

A continuación se muestra un ejemplo de algunas pantallas de la aplicación y su funcionalidad, la totalidad de las pantallas y su explicación estarán representadas en el ANEXO E.

Pantalla 1,2

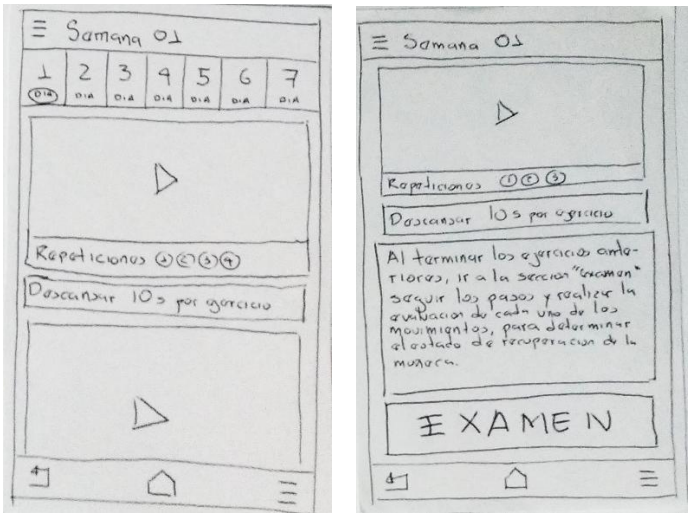


Figura 56 Día 1 de la Semana 1 [Elaboración propia]

En la Figura 56, se muestra la pantalla cuando se ingresa a la aplicación, en ella se ven los ejercicios planteados en la totalidad del día, con la opción de cambiar al día que se quiera ver y con un movimiento de “deslizar” se avanza a través de la pantalla de cada día, al final de los ejercicios planteados esta un botón de “EXAMEN” el cual traslada a otra pantalla donde se realiza una valoración del arco de movilidad articular del paciente.

4.1.2. Descripción de los Flujos

En el proceso de diseño de usabilidad se realiza una representación de las tareas principales o casos de uso de la aplicación, en forma de flujos, para poder comprender de una mejor manera el comportamiento y funcionamiento del prototipo. La realización de los flujos se hace por funcionalidad o tarea, esto con el propósito de poder hacer una posterior evaluación de usabilidad más fácil y tener una estructura más ordenada para la documentación del proceso de diseño y evaluación de usabilidad.

A continuación en la Figura 57, se muestra un ejemplo de un flujo de una funcionalidad de la aplicación, la totalidad de los flujos están representados en el ANEXO E.

Flujo 1

En este flujo se puede observar el ingreso a la aplicación y la posibilidad de cambiar el día, a medida que se avanza en el proceso de rehabilitación, es de gran importancia debido a que cada día puede tener una sesión de rehabilitación diferente.

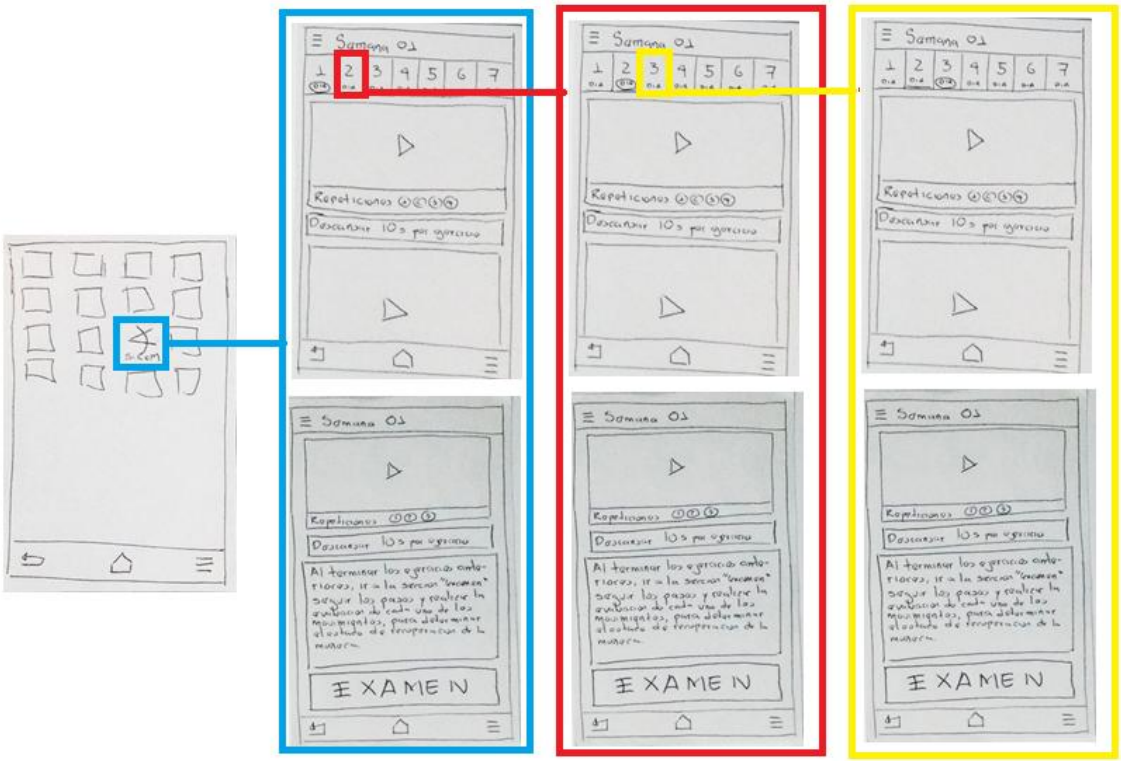


Figura 57 Flujo Cambio de Día [Elaboración propia]

4.2. Evaluación de Usabilidad

El proceso de evaluación de usabilidad se realizó de forma iterativa, con un Fisioterapeuta y un experto en desarrollo móvil a los cuales antes de realizar la evaluación de usabilidad, se les explicó el objetivo general de la aplicación y el procedimiento a seguir para realizar la evaluación de usabilidad del prototipo. El prototipo presentado en la evaluación de usabilidad, se realizó en forma de interfaces dibujadas en papel, esto con el objetivo que el fisioterapeuta o experto en desarrollo móvil fueran más críticos en cuanto a las

funcionalidades o tareas mostradas en la evaluación y no se concentrara en los aspectos estéticos del prototipo.

En la evaluación de usabilidad participan tres personas de las cuales cada uno de ellos cuenta con un papel específico a desarrollar, a continuación se listan y explica el papel que desarrollan cada uno de ellos, dentro de la evaluación de usabilidad:

Evaluador: El evaluador es el encargado de explicar la razón y el procedimiento a realizar dentro de la evaluación de usabilidad, además de tomar nota de las sugerencias y problemas detectados dentro de la evaluación de usabilidad (Esta última responsabilidad se puede eliminar si la evaluación de usabilidad se graba en formato audio o video)

Usuario: El usuario en este caso el fisioterapeuta o experto en desarrollo móvil, tiene la tarea de interactuar con prototipo de la aplicación móvil en papel, a la vez que dice en vos alta lo que está pensando de la aplicación y si detecta algún error o sugerencia de las interfaces a medida que interactúa con ellas.

Sistema: Es el encargado de hacer las veces de aplicación móvil, intercambiando las interfaces en papel a medida que el usuario interactúa con ellas, este rol se pude fusionar con el evaluador, si la evaluación de usabilidad se graba en formato audio o video, disminuyendo la cantidad de personas necesarias para la evaluación de usabilidad a 2 personas.

4.2.1. Problemas Detectados en los Flujos

En la evaluación de usabilidad se detectaron algunas falencias en las interfaces y funcionalidades del prototipo, tanto en la evaluación de usabilidad del fisioterapeuta como en la evaluación del experto en desarrollo móvil. El proceso iterativo de evaluación de usabilidad se realizó dos veces y tiene como objetivo garantizar un diseño centrado en el usuario y que cumpla con los requerimientos un proceso de rehabilitación del arco de movilidad articular de fracturas distales de radio

Las sugerencias detectadas en la fase de evaluación, se escriben en post-it y se introducen en los flujos de cada una de las tareas o funcionalidades evaluadas, con el objetivo de documentar y comprender de una mejor manera el proceso de evaluación de usabilidad

realizado y los puntos de inflexión en el diseño de usabilidad presentado. Como se muestra en la Figura 58, las sugerencias o errores detectados se integran al flujo correspondiente para su mejor comprensión, el resto de los flujos y sus sugerencias se encuentran en el ANEXO E.

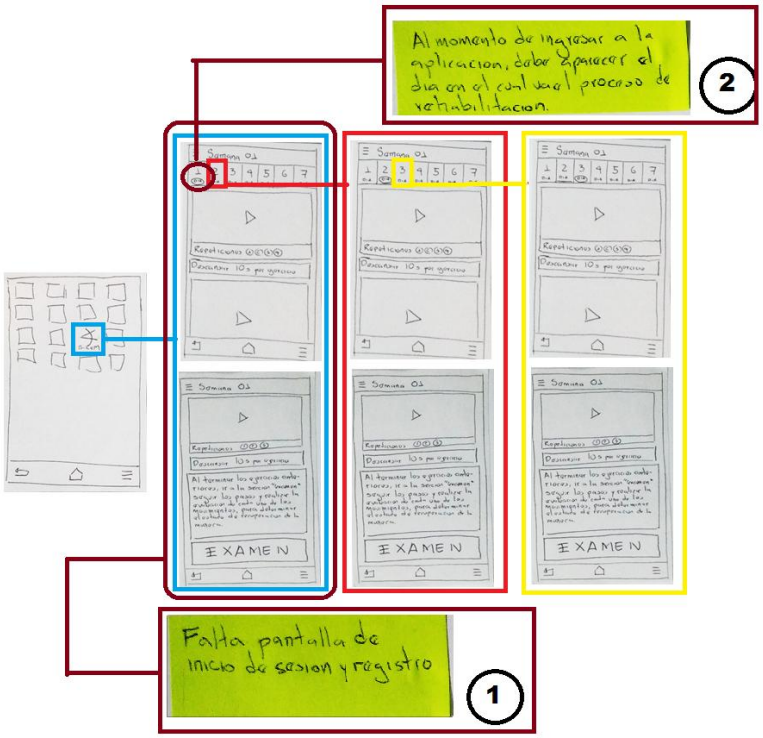


Figura 58 Flujo 1 y sugerencias [Elaboración propia]

Con el objetivo de leer con mayor claridad las sugerencias estas se consignan en la Tabla 20.

Flujo 1	
No	**Sugerencia**
1	Falta Pantalla de inicio de Sesión y registro
2	Al momento de ingresar a la aplicación debe aparecer el día en el cual se encuentra el proceso de rehabilitación, y no los otros días.

Tabla 20 Sugerencias Flujo 1

Adicionalmente dentro de la evaluación de usabilidad, se realizaron sugerencias con respecto al aspecto estético de la aplicación, específicamente colores y diseño de ella,

estas se pueden ver en la Figura 59, para su mejor comprensión se colocan dentro de la Tabla 21.

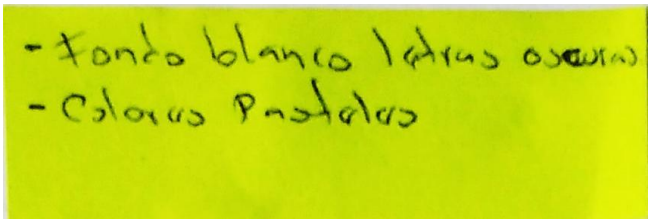


Figura 59 Sugerencias Generales [Elaboración propia]

Sugerencias Generales	
No	**Sugerencia**
1	Fondo blanco con letras oscuras.
2	Colores pasteles, nada de colores fuertes ni muy claritos.

Tabla 21 Sugerencias Generales

4.2.2. Cambios y Diseño Final de las Pantallas y Flujos

A partir de las sugerencias realizadas en la evaluación de usabilidad se realizan unos cambios para corregir los problemas detectados dentro de la aplicación.

A continuación se muestra el diseño de la aplicación final con los cambios realizados después del proceso de evaluación de usabilidad, como resultado de las iteraciones con los profesionales de la salud y en desarrollo de aplicaciones móviles, el resto de las modificaciones de los demás flujos se encuentran en el ANEXO E:

Pantalla 1

Figura 60 Día 1 de la Semana 1 [Elaboración propia]

En la Figura 60, se muestran los cambios generados en el proceso de evaluación de usabilidad, en esta pantalla se describen los ejercicios a realizar durante un día y una semana en específico, en ella se puede observar en el recuadro rojo un “témplate ” o plantilla en la cual se van a presentar todos los distintos ejercicios durante la aplicación, esta plantilla es igual para todos los ejercicios y en ella se ve un recuadro negro, en donde se colocara la imagen representativa de cada ejercicio, adicionalmente se muestra el nombre y la descripción del ejercicio y sus repeticiones, también se muestran los iconos con las cantidad de repeticiones a realizar y un icono de “visto” para saber si se realizó o no el ejercicio. La descripción de las demás pantallas como resultado del proceso de evaluación de usabilidad se encuentra en el ANEXO E.

A continuación se muestra y describe uno de los flujos, que se obtuvo al realizar las correcciones posteriores a la evaluación de usabilidad:

Flujo 1

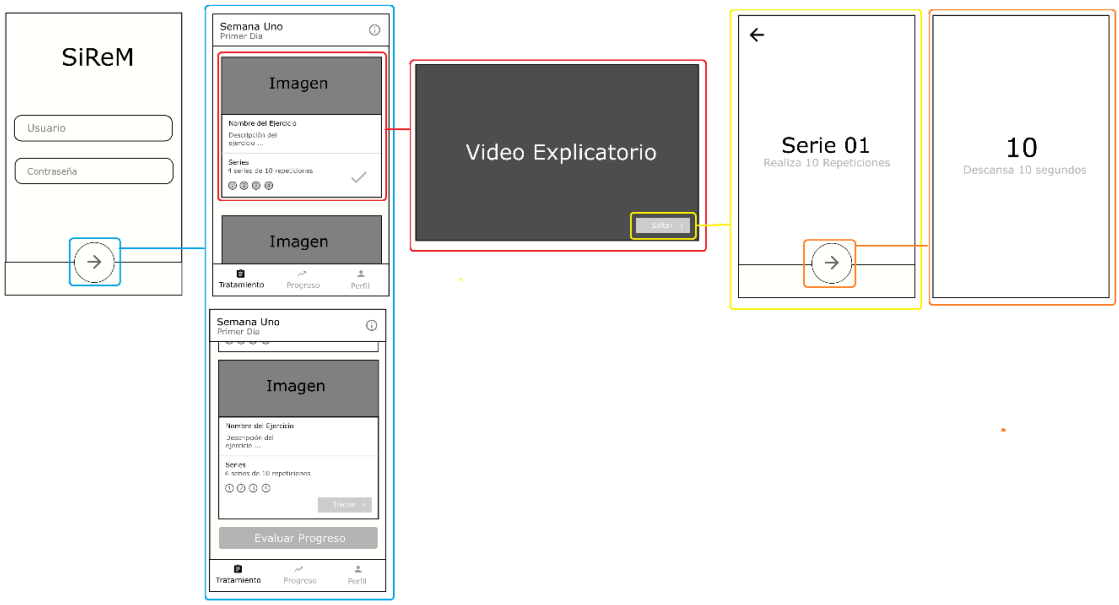


Figura 61 Ver y hacer cada Ejercicio de Rehabilitación [Elaboración propia]

En la Figura 61, se define una primera pantalla de inicio de sesión en el cual los pacientes ingresan a la aplicación y se carga el proceso de rehabilitación pertinente a dicho paciente en la semana en el cual se encuentra “Semana Uno” al iniciar el proceso de rehabilitación y “Primer Día”, en esa pantalla se muestra una lista con una serie de imágenes las cuales representan los ejercicios que se deben realizar para ese día en particular, debajo de cada imagen se muestra el nombre del ejercicio a realizar, la descripción del mismo, y la cantidad de series y repeticiones que debe hacer. En los “template” de cada ejercicio aparece un botón de “ver video”, el cual conduce una pantalla donde se pude ver el video de ese ejercicio en particular. En la interfaz de ver video, hay un botón para darle play, para que se reproduce el video, adicional a este, en la parte superior la interfaz esta un botón de “Saltar” el cual envía hacia otra interfaz donde se encuentra un mensaje de “Serie” y “repeticiones”, en este punto el usuario debe realizar las repeticiones indicadas en la serie en la que este, por ejemplo: “Serie Uno” y la cantidad de repeticiones que se debe hacer el ejerció ej: “Realiza 10 repeticiones”, cuando el paciente termine de hacer los ejercicios de esa serie se presiona el icono en forma de flecha, que redirecciónа a otra pantalla la cual le muestra

un mensaje de “Descanse 10 segundos”(Tiempo recomendado para descansar), de esta manera sucesivamente hasta terminar todas las series.

Cuando se terminan todas las series se cambia de color el símbolo de “Check” en la descripción de la imagen en la pantalla inicial.

4.3. Diseño de Aplicación para Pruebas con Sensor

Para la realización de una serie de experimentos, con el objetivo de determinar la precisión de los sensores de la aplicación al medir los arcos de movilidad con respecto a objetos en 3D y para determinar la correlación entre las mediciones tomadas por la aplicación móvil vs un goniómetro universal, se ve la necesidad de diseñar y desarrollar una aplicación móvil sencilla, que permia la realización del estudio de las mediciones tomadas con los sensores internos del celular de una manera eficiente, a esta aplicación sencilla se le denomina “Aplicación Sensor”. A continuación se describen las pantallas utilizadas en la aplicación Sensor y sus flujos para un mejor entendimiento en su funcionamiento.

4.3.1. Descripción de las pantallas

Con el objetivo de mostrar claramente el diseño de la aplicación sensor se muestra y describen a continuación las tres interfaces utilizadas:

Pantalla 1

Figura 62 Pantalla inicial Aplicación Sensor [Elaboración propia]

Los movimiento de la muñeca son los de Flexión y Extensión en el plano sagital y los de Desviación Cubital y Radial en el plano frontal, tienen valores de movimiento diferente y la abstracción de estos datos en el celular proviene de variables distintas, por tal motivo en la Figura 62, se muestra dos botones con los con las opciones “Flexión y Extensión” y “Desviación Cubital y Radial ” los cuales direccionaran a cada interfaz en la que muestre cada una de las variables pertinentes dependiendo de en qué plano se mueva y cual sea su eje de rotación.

Pantalla 2, 3

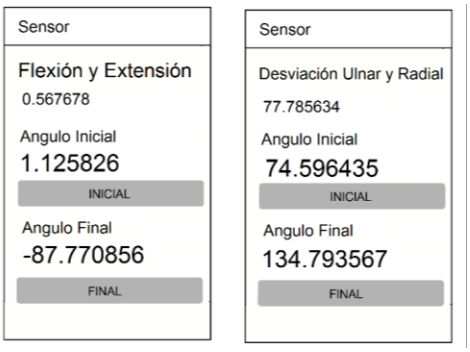


Figura 63 Pantallas Secundarias Aplicación Sensor [Elaboración propia]

En las interfaces de la Figura 63, se pueden observar los dos tipos de movimiento que puede realizar la muñeca, en el lado izquierdo el de Flexión y Extensión y en el lado derecho del de Desviación Ulnar y Radial, de seguido en cada una de las interfaces se ven unos números que corresponden al ángulo actual en el que se encuentra el dispositivo este varia en tiempo real para facilitar la observación del comportamiento de los ángulos a medida que se realizan los distintos movimientos, las dos interfaces cuentan dos partes donde se muestran el ángulo Inicial y el ángulo final, estos ángulos son capturados en el momento justo cuando se presiona el botón “INICIAL” o “FINAL”, los ángulos de flexión y extensión varían entre 90° y -90° y los ángulos de Desviación Ulnar y Radial varían de 0° a 360° .

4.3.2. Descripción de los flujos

Con el objetivo de mostrar claramente el diseño de la aplicación sensor se muestra y describen a continuación las tres interfaces utilizadas:

Flujo 1

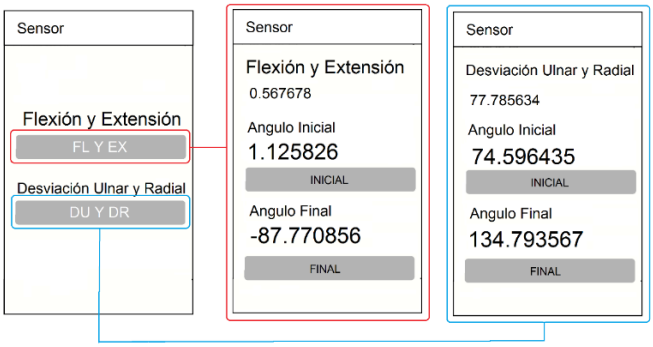


Figura 64 Flujo Aplicación Sensor [Elaboración propia]

En la Figura 64, se puede observar la navegación de la aplicación sensor, que se realiza para la fase de Validación y pruebas, con el objetivo de ser utilizada en la determinación de la precisión de los sensores del celular. Los movimiento de la muñeca se puede agrupar en dos, dependiendo de los ángulos que se quieran medir estos dos grupos están representados en dos botones “FL Y EX” y “DU y DR” que representan la Flexión y extensión y la Desviación Ulnar y Radial por lo tanto cuando se presiona cada uno de estos botones se llama a la interfaz correspondiente para la medición sus ángulos. Si se quiere retroceder se deben usar os botones nativos de cada dispositivo móvil.

4.4. Resumen

En este Capítulo se mostró y explico el proceso de diseño de usabilidad realizado con prototipos de papel, adicionalmente se mostró y explico el proceso de evaluación de usabilidad, donde se destaca la Figura 58, que contiene una ejemplificación de la detección de errores o puntos de mejora, de una tarea representada en forma de flujo. Finalmente se mostró el diseño de la “Aplicación Sensor” que tiene como uno de sus propósitos ser usaba en la determinación de la precisión de los sensores del celular.

CAPITULO 5

5. DESARROLLLO DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se muestra el desarrollo de la aplicación móvil, como base fundamental del proyecto, en este se muestra las características técnicas del desarrollo de la aplicación móvil para su mejor entendimiento. El prototipo se desarrolló a partir de las bases fundamentales obtenidas en el capítulo 4 en donde se realizó el diseño y evaluación de usabilidad de la herramienta móvil usada en la rehabilitación de fracturas distales de radio; Para ello en el capítulo se realiza un descripción general del proceso de desarrollo, y se muestran los casos de uso principales, los diagramas flujo correspondieres a las tareas a realizar por el usuario, adicionalmente se describe la arquitectura y el patrón de diseño de la herramienta móvil, finalmente se describe la utilización y captura de información por parte de los sensores a través de la herramienta de desarrollo como base fundamental del proyecto.

5.1. Proceso de Desarrollo

En el desarrollo de la aplicación, se utilizaron algunos elementos de Scrum, para gestionar una serie de reuniones en las que participaban el Scrum Master y el Developer Team, en ellas a partir de los requerimientos obtenidos previamente, se definían las mejores librerías y tecnologías a usar para el desarrollo de la aplicación.

En un inicio el Scrum Master defino una pila del producto, en donde se especificaba una serie de tareas a desarrollar, entre las cuales se encontraba el diseño de las interfaces, la implementación de navegación entre pantallas y la utilización de ROOM en el proyecto. Cada una de las tareas se planteó para un sprint específico, lo cual permitió definir una serie de actividades a cumplir progresivamente para la finalización del prototipo.

A medida que se realizaban los Sprint Planning Metting, al finalizar cada Sprint, se iba completando el prototipo de aplicación, en caso de ser necesario, se realizaban asesorías técnicas de programación y de manejo de la herramienta Android Studio. De esta manera se realizó el desarrollo del prototipo de aplicación, y el desarrollo de la “Aplicación Sensor”.

5.2. Diagramas Casos de Uso

Para el mejor entendimiento del funcionamiento de la aplicación se muestran en la Figura 65, los casos de uso con los actores involucrados de la aplicación, estos casos de uso se muestran en un mayor detalle en el ANEXO F. En el diagrama se muestra al actor (Paciente), con los casos de uso principal de la aplicación.

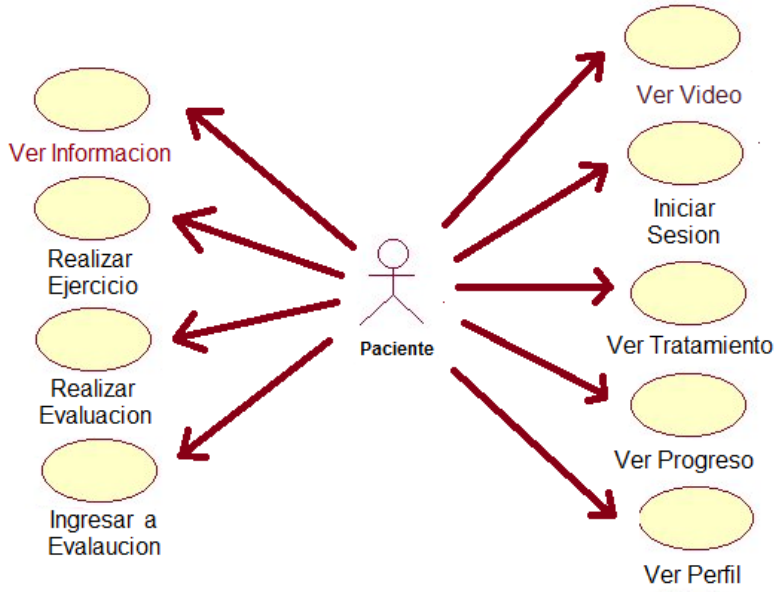


Figura 65 Diagrama de Casos de Uso [Elaboración propia]

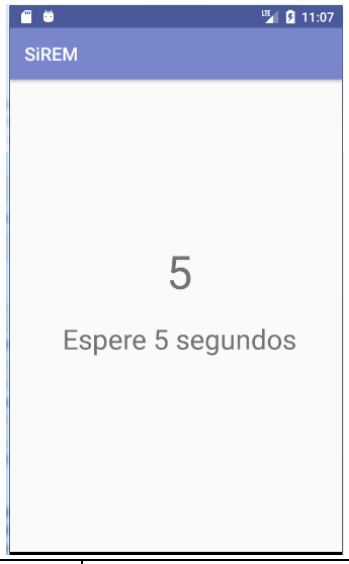
En la Figura 65, se puede ver el caso de uso de iniciar sesión en el cual el paciente debe ingresar su usuario y contraseña para poder acceder a la aplicación, este caso de usos en particular, solo se realiza una sola vez cunado se hace el primer ingreso a la aplicación.

A continuación en la Tabla 22 se muestra una descripción más detalla del caso de uso iniciar sesión, en la Tabla 23 se muestra una descripción del caso de uso “Realizar Evaluación” la descripción detallada de los demás casos de uso se encuentra consignada en el ANEXO G.

<table>
<tr><td>Nombre</td><td colspan="2">Iniciar Sesión</td></tr>
<tr><td>Actor</td><td colspan="2">Paciente</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="2">Se inicia sesión cuando el paciente ingrese por primera vez al sistema.</td></tr>
<tr><td>Interfaz</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td></td><td>Requisitos</td><td>Flujos</td></tr>
<tr><td></td><td>1. El paciente debe ingresar a la Aplicación</td><td>1. Ingresar el nombre del paciente
2. Ingresar la contraseña correcta
3. Verificar que los valores sean correctos
4. Presionar el icono en forma de flecha para ingresar a la aplicación</td></tr>
<tr><td colspan="3">Excepciones</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Solo se debe iniciar sesión la primera vez que se ingresa a la aplicación.</td></tr>
</table>

Tabla 22 Caso de Uso - Iniciar Sesión

Nombre	Realizar Evaluación
Actor	Paciente
Descripción	Se inicia el proceso de valoración del AMA, en el que se determina el AMA dependiendo de qué movimiento se haya escogido.

Interfaz	

Requisitos	**Flujos**
1. Ingresar a evaluación 2. Escoge Movimiento a Evaluar	1. Escoger Movimiento a Evaluar. 2. Ver Video del movimiento a evaluar. 3. Ponerse el celular en la mano. 4. Dar click en el botón siguiente. 5. Esperar 5 segundos con la mano en posición horizontal. 6. Realizar el movimiento cuando aparezca la interfaz de Inicia. 7. Esperar con la mano en posición horizontal hasta que aparezca la interfaz de inicia de nuevo. 8. Realizar por segunda vez el movimiento. 9. Presionar el botón de siguiente.
Excepciones	

Tabla 23 Caso de Uso – Realizar Evaluación

En la Tabla 23 se muestra una descripción más detalla de el caso de uso Realizar Evaluación, el resto de los casos de uso extendidos se encuentran en el Anexo F.

5.3. Diagramas de Flujo

En la Figura 66, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al login de la aplicación, el resto de diagramas de flujo se encuentran en el ANEXO F.

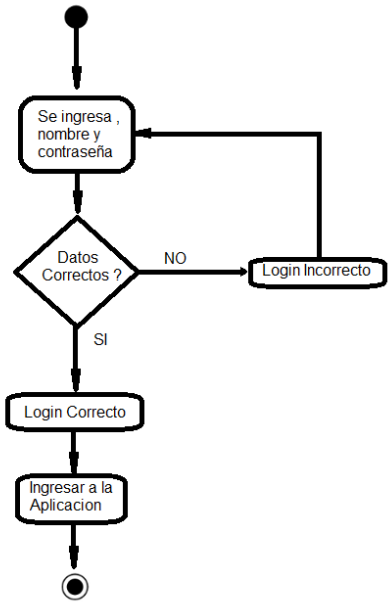


Figura 66 Diagrama de Flujo – Login [Elaboración propia]

5.4. Arquitectura del Sistema

Con el objetivo de poder ver y analizar el sistema de una mejor manera, en la Figura 67, se muestra un pequeño esquema donde se ve un modelo general de la arquitectura del sistema (Cliente - Servidor)

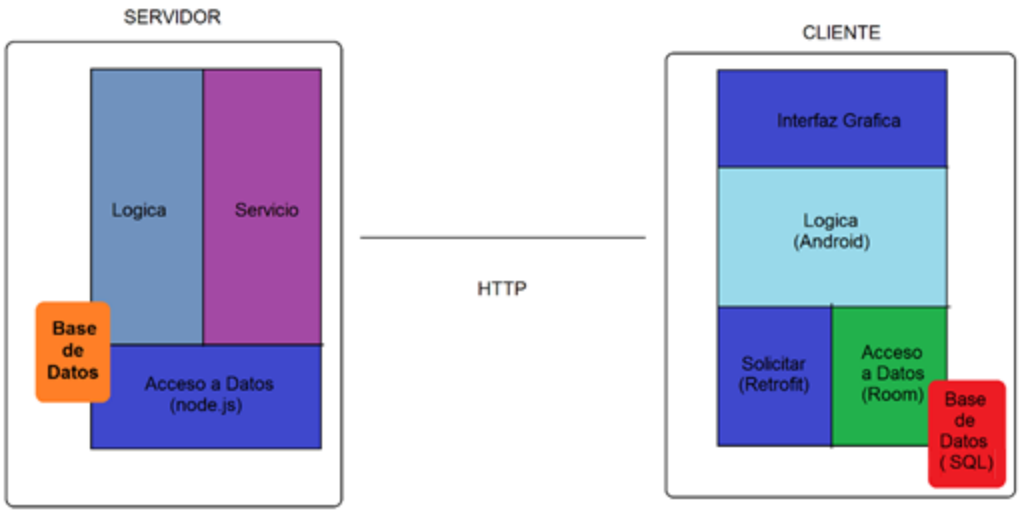


Figura 67 Arquitectura [Elaboración propia]

A continuación se describen algunas de ellas:

Android: Es un sistema operativo basado en Linux, actualmente es el sistema operativo más usado en el mundo. Para el desarrollo de aplicaciones móviles en Android se usa la herramienta Android Studo 2.3.3. Debido a los conocimientos previos adquiridos y a que tiene una gran cantidad de documentación para su implementación.

Room Persistence Library: es un componente de Android con el cual a través de un mínimo esfuerzo se pueden consultar y crear bases de datos SQLite.

Retrofit: Es un cliente REST totalmente compatible con Android, de fácil manejo y aprendizaje, con el que se pueden manipular e intercambiar los datos en un servicio de internet.

SQLite: Es un sistema de gestión de bases de batos totalmente compatible con Android, con el cual se comunica por medio de llamadas simples a subrutinas y funciones.

Node.Js: Es un entorno en tiempo de ejecución de código abierto que me permite crear programas altamente escalables, es muy eficiente, existe una documentación muy detallada para su manejo, para su manejo se utilizó el framework express y se usó una base de datos MySQL.

Express.js: Es un framework de desarrollo de aplicaciones web minimalista y flexible para Node.js. Se escogió debido a que es robusto, rápido, flexible y muy simple. Entre otras características, ofrece Router de URL (Get, Post, Put …), facilidades para motores de plantillas (Jade, EJS, JinJS …), Middeleware via Connect y un buen test coverage.

MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos relacional, se escogió gracias al gran rendimiento que posee, y puede ser ejecutado en una maquina con escasos recursos sin ningún problema.

5.5. Patrón de Diseño

Teniendo en cuenta la sencillez, reutilización y mantenimiento de los sistemas se opta por la utilización de un patrón de diseño baso en el Modelo – Vista – Controlador (MVC por sus

siglas en ingles Model – View - Controler).En la Figura 68, se muestra el modelo del patrón de diseño.

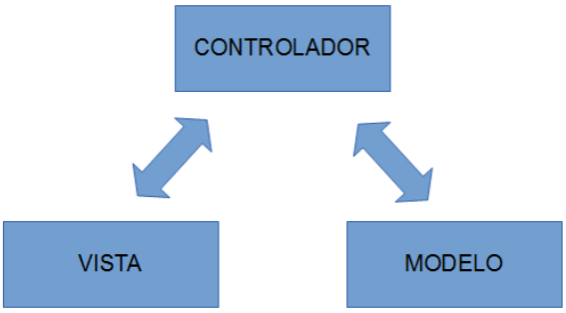


Figura 68 Patrón de Diseño (Android Developers, s.f.)

A continuación se describen los componentes del patrón de diseño MVC:

El Modelo: Representa la información con la cual el sistema opera, el "modelo" gestiona todos los acceso a dicha información (como las consultas y actualizaciones). El "modelo" envía a la "vista" la parte de la información que se le solicita mostrar al usuario. Las peticiones de manipulación llegan al "modelo" a través del "controlador".

El Controlador: Este responde a los eventos o acciones del usuario e invoca las peticiones al "modelo", cuando se hace alguna solicitud de información, el "controlador" envía los comandos de ser necesario para el cambio de la forma de presentación de la información a la "vista", por ejemplo a un movimiento de scroll.

La Vista: Presenta el "modelo" o la información en un formato adecuado para interactuar con el usuario.

5.6. Herramienta de Desarrollo

Con el objetivo de desarrollar una aplicación móvil robusta y con un sistema operativo Android, se decidió escoger la herramienta de Android Studio 2.3.3, esta herramienta permite manipular en un altísimo grado, el comportamiento y desarrollo de una aplicación de alta complejidad, frente a otras herramientas de menor categoría como la plataforma App Inventor, la cual atreves de una metodología Drag and Drop desarrolla aplicaciones móviles pero con una capacidad menor de manipulación de la información y usada en

aplicaciones de menor complejidad. En la Figura 69, se muestra la herramienta de Android Studio.

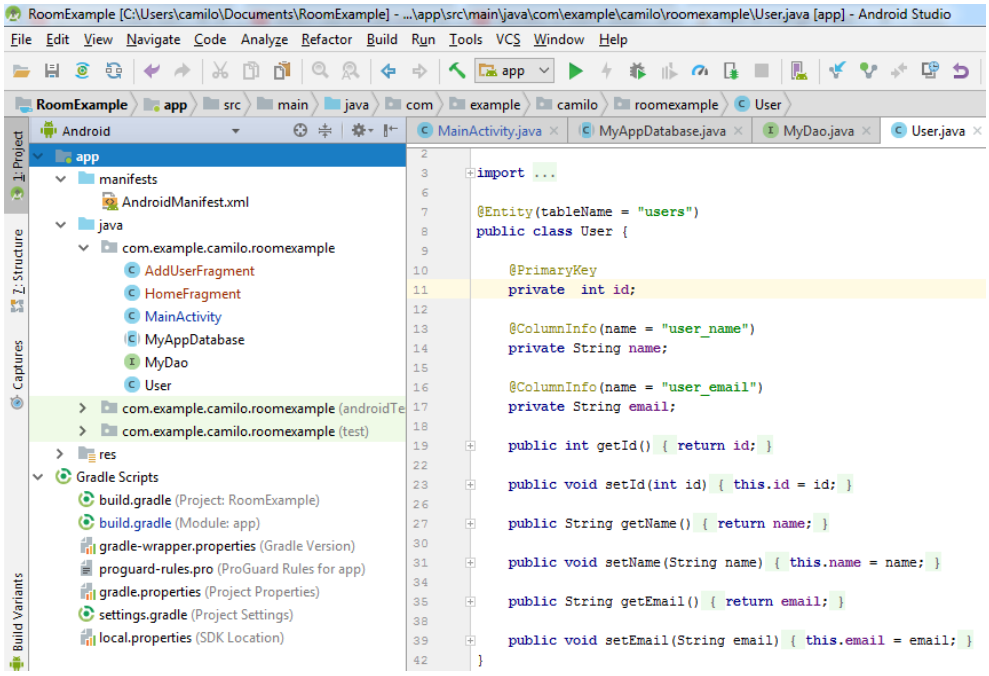


Figura 69 Android Studio – Entorno de desarrollo [Elabracion propia]

5.7. Sensores

La mayoría de los dispositivos con sistema operativo Android viene con sensores incorporados, ya sea para medir el movimiento la orientación o para medir algunas condiciones ambientales. Los smartphone pueden contar tanto con sensores hardware como software y su precisión varía dependiendo del tipo de sensor. La plataforma Android admite varios tipos de sensores, entre los cules están los sensores de movimiento, los sensores ambientales y los sensores de posición. En la Figura 70, se muestra como es fusión de los sensores Acelerómetro, Magnetómetro y Giroscopio para la obtención del sensor de Vector de Rotación, el cual me permite detectar la rotación en las 3 Dimensiones.

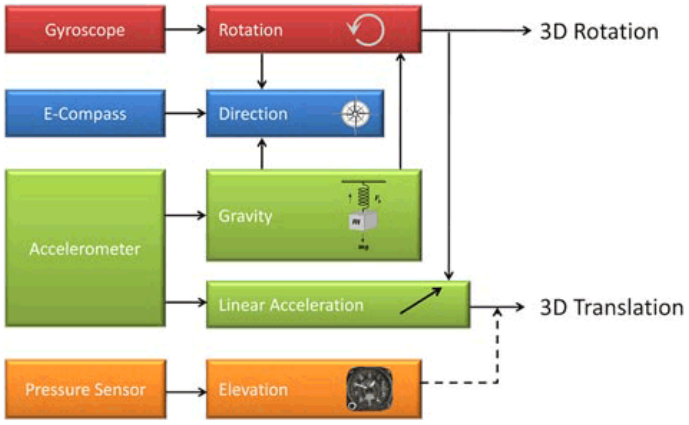


Figura 70 Integración de Sensores (Android Developers, s.f.)

En la Tabla 24 se puede observar las clases y tipos de sensores para Android Studio.

Tipo de Sensor	Sensor	Descripción	Uso Común
Sensores de Movimiento	Acelerómetro (TYPE_ACCELEROMETER)	Mide las aceleraciones de un dispositivo en m/s2	Detección de movimiento
	Giroscopio (TYPE_GYROSCOPE)	Mide las velocidades de rotación de un dispositivo	Detección de rotación
	Vector de Rotación (TYPE_ROTATION_VECTOR)	Mide la orientación de un dispositivo al proporcionar los tres elementos del vector de rotación del dispositivo.	Detección de movimiento y detección de rotación.
Sensores de posición	Magnetómetro (TYPE_MAGNETIC_FIELD)	Mide la intensidad de los campos geomagnéticos de la tierra en µT	Brújula

Tabla 24 Sensores Android Studio

El sensor utilizado para este proyecto de grado es un sensor de Tipo Vector de Rotación, que puede ser un sensor de tipo software o hardware dependiendo del dispositivo, este sensor me permite determinar la orientación del dispositivo al dar los valores correspondientes en los tres ejes de rotación, este sensor está disponible en Android a partir de la API 9.

Los datos medidos en el smartphone son tomados a partir de los tres ejes de rotación mostrados en la Figura 71, a partir de los ejes del dispositivo se le da el nombre a el movimiento correspondiente en cada eje, para el X el movimiento es denominado Pitch, para él Y es Roll y para el Z es Azimuth. (Android Developers, s.f.)

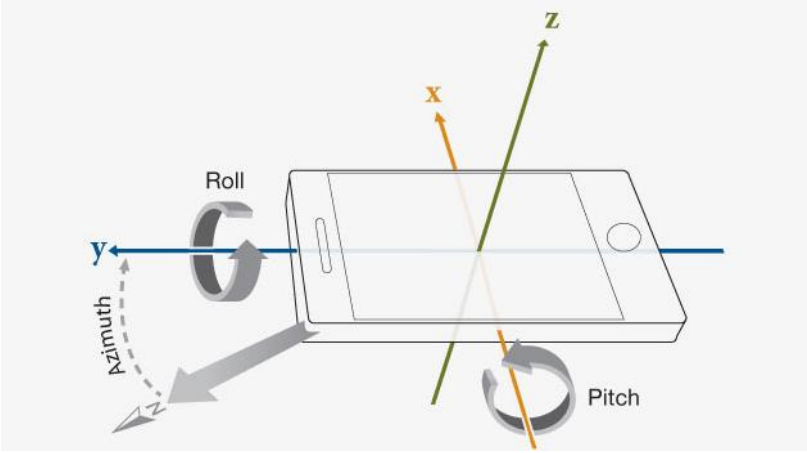


Figura 71 Ejes y movimientos del Rotación (Android Developers, s.f.)

La manipulación de los sensores son la base fundamental en el desarrollo del proyecto, a continuación se realiza una revisión de cómo se implementa la herramienta de Android Studio en el desarrollo de la aplicación, usando la manipulación de los sensores.

5.8. Implementación de la Herramienta

A continuación se muestra la implementación con Android Studio en el desarrollo la aplicación, específicamente donde se manipulan los sensores.

Como se puede observar en el siguiente código, se puede ver el build.Gradle que corresponde al Modulo App en donde se especifica el SDK mínimo a usar y donde se pude ver algunas de las dependencias usadas en la aplicación, en este caso es el SDK 17 debido a que desde la API 9 se puede usar el sensor de TYPE_ROTATION_VECTOR.

Código build.Gradle:

```
apply plugin: 'com.android.application'
android {
    compileSdkVersion 25
    buildToolsVersion "25.0.3"
    dataBinding {
        enabled true
    }
    defaultConfig {
        applicationId "com.example.camilo.sirem"
        minSdkVersion 15
        targetSdkVersion 25
```

```
        versionCode 1
        versionName "1.0"
        testInstrumentationRunner
"android.support.test.runner.AndroidJUnitRunner"
        vectorDrawables.useSupportLibrary true
    }
    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled false
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android.txt'),
'proguard-rules.pro'
        }
    }
}
ependencies {
    compile fileTree(include: ['*.jar'], dir: 'libs')
    androidTestCompile('com.android.support.test.espresso:espresso-
core:2.2.2', {
        exclude group: 'com.android.support', module: 'support-
annotations'
    })
    //compile 'org.processing:video:3.2.3'
      compile 'com.android.support:appcompat-v7:25.3.0'
   compile'com.android.support.constraint:constraint-layout:1.0.2'
    compile'com.android.support:design:25.3.0'
    compile 'com.android.support:cardview-v7:25.3.0'
   compile 'com.android.support:support-v4:25.3.0'
   compile 'com.squareup.picasso:picasso:2.5.2'
    compile 'com.android.support:multidex:1.0.1'
    testCompile 'junit:junit:4.12'
}
```

Android proporciona un framework el cuan da los mecanismos para acceder a los sensores y datos de sensores. El framework para sensores es parte del paquete android.hardware. La Tabla 25 muestra las clases e interfaces principales del framework para sensores.

Nombre	Tipo	Descripción
SensorManager	Clase	Se usa para crear una instancia del servicio de sensores. Proporciona varios métodos para el acceso a sensores, el registro y la eliminación de registros de las escuchas de eventos de sensores, etc.
Sensor	Clase	Se usa para crear la instancia de un sensor específico.
SensorEvent	Clase	El sistema lo usa para publicar datos del sensor. Incluye los valores de datos de sensores sin procesar, el tipo de sensor, la precisión de los datos y una marca de hora.

Nombre	Tipo	Descripción
SensorEventListener	Interfaz	Proporciona métodos de llamada de regreso para recibir avisos del SensorManager cuando los datos o la precisión del sensor han cambiado.

Tabla 25 Framework para sensores en Android Studio

En el siguiente código, se muestra como se crea y se inicializa la captura del sensor y se define la velocidad de captura de los datos del sensor.

Código inicialización de sensor:

```
public class EspereActivity extends AppCompatActivity implements
SensorEventListener{
private SensorManager sensorManager;
private Sensor acelerometro;

@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    binding= DataBindingUtil.setContentView(this,
R.layout.activity_espere);
    binding.setHandler(this);

    sensorManager =
(SensorManager)getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);

    acelerometro =
sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
}
protected void onResume(){
    super.onResume();
    sensorManager.registerListener(this, acelerometro,
SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
}
protected  void onPause(){
    super.onPause();
    sensorManager.unregisterListener(this);
}
```

En el siguiente código, se muestra como se capturan, emplean y muestran los datos obtenidos por el señor TYPE_ROTATION_VECTOR para la determinación y aplicación en el proceso de cálculo del Arco de Movilidad Articular de la Muñeca.

Código captura de fatos de sensor:

```
@Override
public void onSensorChanged(SensorEvent event){
   Ac = event.values[0];
   txtPrimerAngulo.setText(""+ Ac);
   txtSegundoAngulo.setText(""+ Ac);
}
@Override
public void onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy) {
}
```

La herramienta Android Studio me permite en una gran manera tener un control y una estructura muy bien defina para el desarrollo de aplicaciones móviles en la Figura 72, se muestra parte de la estructura y jerarquía del proyecto.

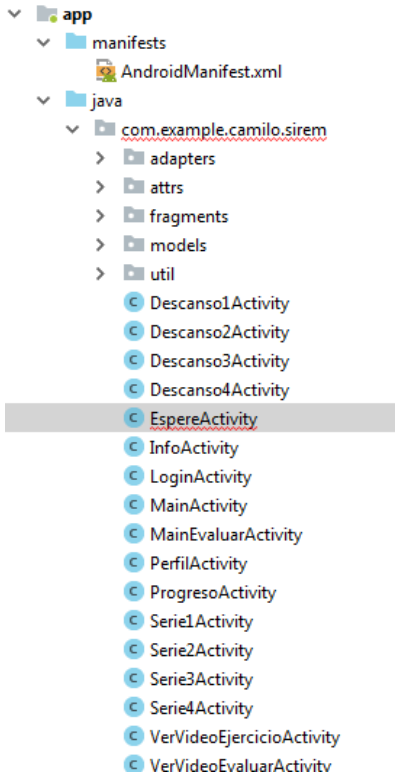


Figura 72 Estructura de la Herramienta. [Elaboración propia]

5.9. Resumen

En este Capítulo se definieron las características técnicas del desarrollo de la aplicación, para resaltar las Tablas 22 y 23, que contienen los casos de uso de la aplicación. Un punto

clave se muestra en la sección de herramienta de desarrollo, que contiene las características de los sensores a utilizar dentro de la aplicación, y como se procesan dentro de la herramienta de desarrollo.

CAPITULO 6
6. EXPERIMENTACION Y EVALUACION

En este capítulo se muestra inicialmente una serie de experimentos donde se determina la precisión de los sensores del celular, posteriormente se determina cual es la correlación entre los ángulos tomados por el celular vs un goniómetro universal y finalmente se realiza una serie de pruebas para evaluar las funcionalidades de la aplicación móvil.

6.1. Precisión del Sensor

En este experimento se determina a través de una serie de ejercicios, cual es la precisión de los sensores al medir ángulos en objetos 3D, inicialmente se muestra cuáles son los materiales usados, a continuación se describe de forma general el procedimiento que se realizó y finamente se muestran los resultados obtenidos.

6.1.1. Materiales y Métodos

Para la realización de las pruebas, se utilizaron un smartphone, específicamente un Nexus 4 con Sistema Operativo Android 5.0, una pirámide irregular diseñada en Autodesk 3ds Max, como se puede ver en la Figura 73, impresa en 3D y una escuadra de 45° como se puede ver en la Figura 75, las medias para determinar la precisión del sensor fueron tomadas por 1 evaluador.

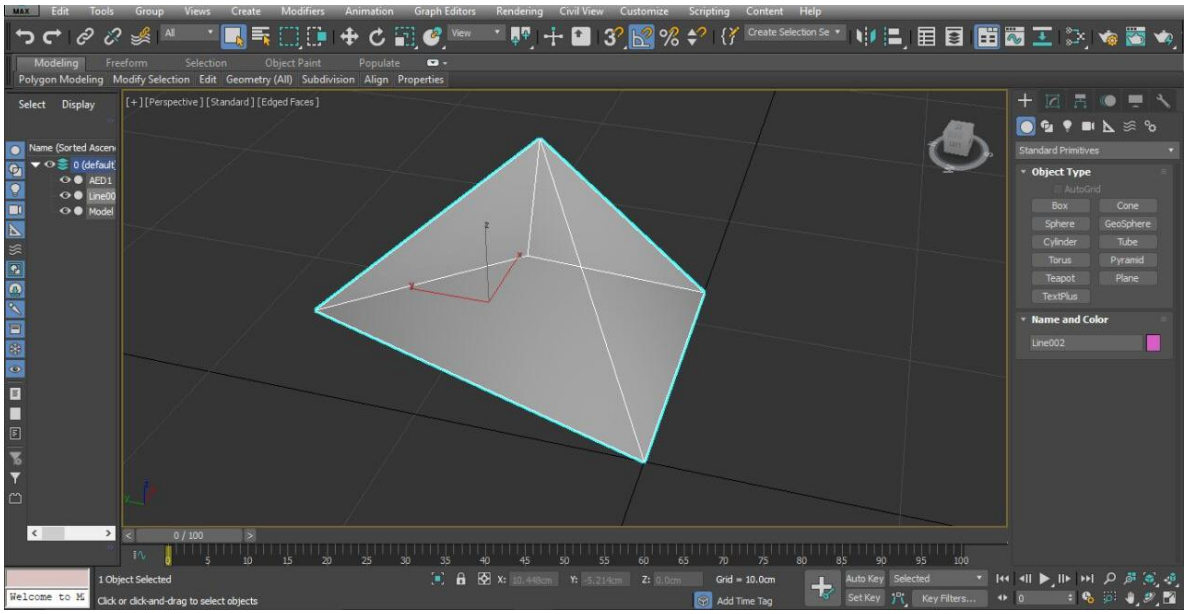


Figura 73 Pirámide en Autodesk 3ds Max [Elaboración propia]

La pirámide utilizada se realizó con unas medidas específicas, como se pude observar en la Tabla 26, debido a que de esta manera los ángulos formados por los bordes son fijos, al igual que los ángulos formados con el plano horizontal (H), en la Tabla 27 se puede ver los valores de los ángulos formados por los lados de la pirámide y las caras con respecto a la horizontal (H) de la pirámide y en la Figura 74, se pueden apreciar la distribución de los vértices y las caras que forman dichos ángulos.

Lado	Medida (cm)
AB	12,6
BC	9,4
CD	11,2
AD	8,5
AE	13,6
BE	12,9
CE	11,9
DE	14,6
E'E (Altura)	10

Tabla 26 Lados de la pirámide

Angulo	Color	Letra	Valor
<) BAD	Rojo	α	72°
180° - α			108°
<) CBA	Azul	β	93°

180° - β			87°
<) DCB	Verde	γ	133°
180° - γ			47°
<) ADC	Amarillo	δ	59°
180° - δ			121°
ABE-H		ε	56°
BCE-H		z	58°
CDE-H		η	56°
DAE-H		θ	63°

Tabla 27 Ángulos de la pirámide

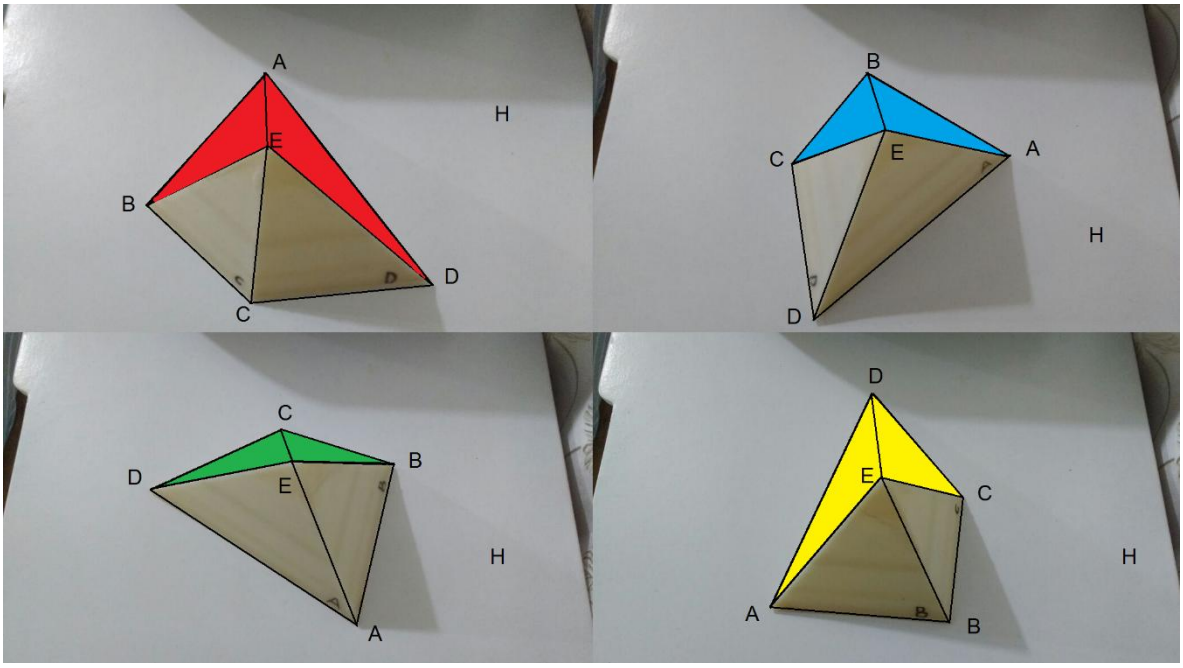


Figura 74 Caras y lados de la pirámide [Elaboración propia]

Para la determinar la precisión de los sensores también se utilizó una escuadra de 45° en la cual se realizaron las medidas de sus ángulos al igual que con la pirámide irregular, en la Figura 75, se pueden observar los vértices y lados definidos, en la Tabla 28 se consignan los ángulos de la escuadra.

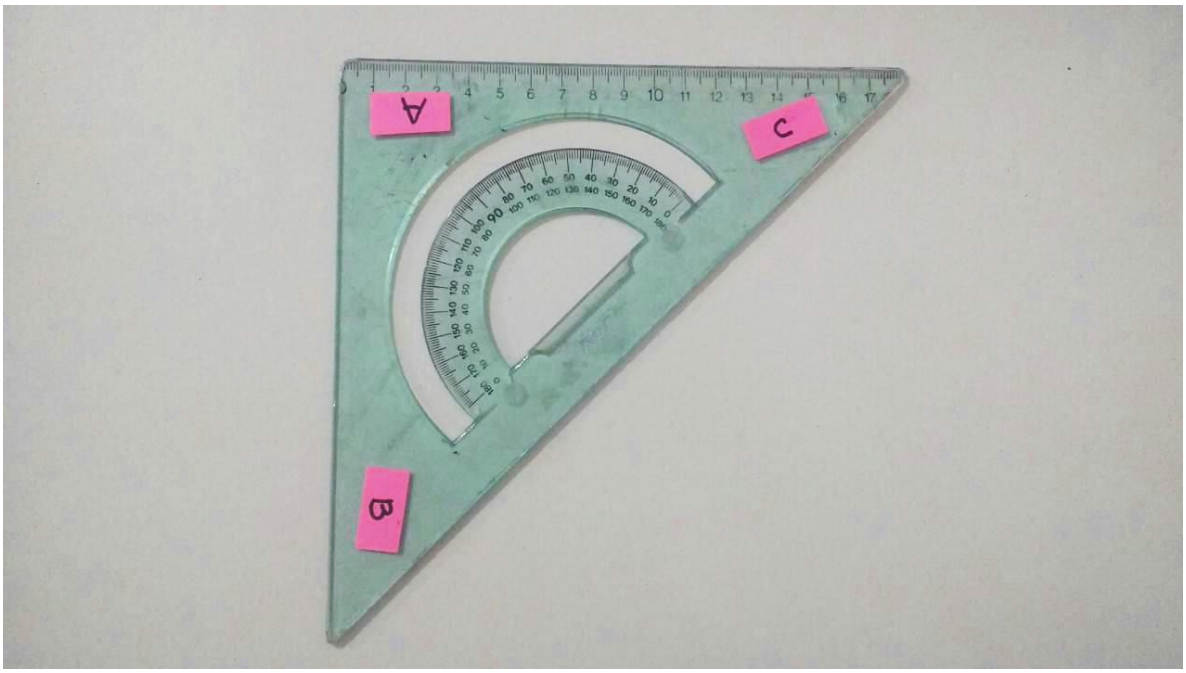


Figura 75 Lados de la Escuadra de 45° [Elaboración propia]

Angulo	Letra	Valor
<) BAC	α	90°
180° - α		90°
<) CBA	β	45°
180° - β		135°
<) ACB	γ	45°
180° - γ		135°

Tabla 28 Ángulos de la escuadra

6.1.2. Procedimiento y Realización de Pruebas

Para la realización de las pruebas se tomaron 21 medidas de todos los ángulos tanto de la pirámide como de la escuadra, simulando los movimientos naturales de la muñeca, para un total de 441 muestras, estos movimientos se dividieron en 3, el primero se nombró “desviación ulnar”, y se realizó en el sentido de las manecillas del reloj, como se puede observar en la Figura 76 y Figura 77, el segundo se nombró “desviación Radial” y se realizó en el sentido contrario a las manecillas del reloj, y el tercero se denominó “flexión y extensión” y se realizó con el celular de forma horizontal girándolo sobre el eje de rotación

X denominado “Pitch” , en el ANEXO G se pueden observar la totalidad de cada uno de los movimientos en la pirámide y la escuadra.

Para la obtención de los valores de precisión de los sensores del celular en cada uno de los tres movimientos expresados anteriormente, se definieron una serie de pasos para la obtención de dichos valores. Para la medición de los ángulos fueron necesarias dos etapas, en la primera etapa se colocaba en posición el celular dependiendo de qué movimiento se esté realizando y se presionaba el botón de “Angulo Inicial” en la interfaz, de esta manera se recolectaba el ángulo en el cual está el celular (0 a 360 para desviación ulnar y radial y 90 a -90 para flexión y extensión), en la segunda etapa se desplazaba el celular hacia una segunda posición dependiendo del movimiento a realizar, ya sea a la derecha para ulnar, izquierda para radial o arriba para flexión y extensión, posteriormente al realizarse el desplazamiento del celular , se presionaba el botón de Angulo final con el cual se capturaba el ángulo en el que se encuentra el celular, finalmente con los cálculos respectivos se determinaba el Arco de movilidad que realizaba el celular, simulando el AMA que puede realizar la muñeca.

Figura 76 Desviación Ulnar con Pirámide Irregular [Elaboración propia]

Figura 77 Desviación Ulnar con Escuadra de 45° [Elaboración propia]

6.1.3. Resultados

Como se puede observar en la Tabla 29 y 30 se tomaron 21 muestras para cada movimiento, tanto para la pirámide como para la escuadra, estos resultados fueron consignados cada uno en sus Tablas respectivas, gracias la herramienta Excel, se realizó los cálculos del promedio de cada una de las medidas tomadas durante las 21 muestras correspondientes, determinando el ángulo promedio para cada medida, adicional a ello se determinó el ángulo de error con respecto al ángulo real, todos los ángulos de error se tomaron positivos, las variaciones de los Angulos de Error se consignaron en la Tabla 31 (Kuegler, y otros, 2015), el resto de Tablas se encuentran en el ANEXO G.

Angulo de error = |Angulo Real – Angulo Medido|

PIRAMIDE IRREGULAR												
Desviacion Ulnar												
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde derecho del celular												
Angulo	BAD			CBA			DCB			ADC		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero												
1	106,47	214,54	108,07	140,22	227,35	87,13	153,37	200,57	47,2	125,88	247,55	121,67
2	106,47	215,01	108,54	140,59	227,31	86,72	153,82	200,76	46,94	125,48	247,31	121,83
3	106,77	215,62	108,85	141,26	228,43	87,17	153,88	200,58	46,7	125,54	246,97	121,43
4	106,69	214,62	107,93	141,92	229,14	87,22	153,85	200,76	46,91	125,28	247,04	121,76
5	107,11	216,84	109,73	141,68	229,22	87,54	153,86	200,9	47,04	125,26	246,43	121,17
6	106,87	215,6	108,73	142,9	229,82	86,92	153,74	201,09	47,35	125	246,28	121,28
7	107,76	213,92	106,16	142,72	229,75	87,03	153,87	200,98	47,11	125,06	246,42	121,36
8	103,2	212,55	109,35	142,69	229,57	86,88	153,84	200,76	46,92	124,61	246,73	122,12
9	101,29	211,29	110	142,22	228,99	86,77	153,92	200,97	47,05	125,59	246,14	120,55
10	103,15	211,71	108,56	142,34	229,51	87,17	153,96	200,76	46,8	125,01	246,51	121,5
11	103,49	212,08	108,59	142	228,89	86,89	154,09	201	46,91	125,16	246,84	121,68
12	103,2	212,51	109,31	141,8	228,63	86,83	153,96	200,88	46,92	124,85	245,95	121,1
13	102,55	210,77	108,22	142,21	229,35	87,14	153,97	201,51	47,54	125,96	246,58	120,62
14	100,75	209,05	108,3	142,04	229,85	87,81	153,88	200,75	46,87	125,79	247,11	121,32
15	101,32	210,39	109,07	141,77	228,47	86,7	154,05	201,1	47,05	124,91	246,48	121,57
16	101,49	210,14	108,65	142,06	229,41	87,35	154,26	202,87	48,61	125,94	247,57	121,63
17	101,58	210,03	108,45	142,46	230,13	87,67	154,33	201,55	47,22	126,95	248,82	121,87
18	101,42	209,8	108,38	142,74	230,34	87,6	153,74	200,66	46,92	125,15	245,98	120,83
19	101,41	209,81	108,4	142,14	229,46	87,32	153,97	201,13	47,16	124,82	245,87	121,05
20	101,29	209,56	108,27	142,62	230,16	87,54	153,91	201,29	47,38	124,47	245,14	120,67
21	101,14	209,47	108,33	142,39	229,37	86,98	153,98	200,95	46,97	125,09	245,87	120,78
	Promedio		**108,566**	Promedio		**87,161**	Promedio		**47,1224**	Promedio		**121,323**
	Real		108	Real		87	Real		47	Real		121
	° Error		0,56619	° Error		0,16095	° Error		0,12238	° Error		0,32333
	180° - α			180° - β			180° - γ			180° - δ		
	1			2			3			4		

Tabla 29 Ángulos de la pirámide (desviación Ulnar)

ESCUADRA DE 45°									
Desviacion Ulnar									
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde derecho del celular									
Angulo	BAC			CBA			ACB		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero									
1	57,89	147,46	89,57	60,97	195,19	134,22	61,26	196,7	135,44
2	60,89	149,7	88,81	60,03	194,47	134,44	60,8	195,59	134,79
3	58,67	147,86	89,19	60,14	194,88	134,74	60,9	195,86	134,96
4	58,09	147,78	89,69	61,15	195,42	134,27	60,5	195,91	135,41
5	60,37	149,35	88,98	60,61	195,34	134,73	59,91	195,21	135,3
6	58,46	148,01	89,55	60,24	194,75	134,51	60,95	195,26	134,31
7	58,85	147,95	89,1	60,03	194,55	134,52	60,32	195,55	135,23
8	58,77	148,14	89,37	60,23	194,83	134,6	60,76	195,89	135,13
9	59,13	148,12	88,99	60,83	195,08	134,25	60,56	195,33	134,77
10	58,69	148,85	90,16	60,48	194,85	134,37	60,08	195,01	134,93
11	58,92	148,35	89,43	60,42	194,37	133,95	60,47	195,9	135,43
12	59,08	150,48	91,4	59,68	194,72	135,04	60,79	195,97	135,18
13	59,23	150,34	91,11	59,86	194,5	134,64	60,22	195,88	135,66
14	59,02	148,31	89,29	59,87	194,63	134,76	60,59	195,55	134,96
15	58,4	147,91	89,51	59,9	194,67	134,77	60,56	195,21	134,65
16	58,59	148,18	89,59	59,58	194,72	135,14	60,42	195,61	135,19
17	58,82	148,49	89,67	59,94	194,61	134,67	60,78	195,51	134,73
18	58,43	148,06	89,63	59,04	194	134,96	61,17	196,56	135,39
19	58,62	148,12	89,5	60,2	195,12	134,92	60,58	195,98	135,4
20	58,32	147,74	89,42	59,7	194,09	134,39	60,01	195,19	135,18
21	58,56	148,32	89,76	59,76	193,96	134,2	60,75	195,61	134,86
	Promedio		**89,6057**	Promedio		**134,576**	Promedio		**135,09**
	Real		90	Real		135	Real		135
	° Error		0,39429	° Error		0,42429	° Error		0,09048
	180° - α			180° - β			180° - γ		
	13			14			15		

Tabla 30 Ángulos de la escuadra (desviación Ulnar)

En la Tabla 31 se puede ver la totalidad de los ángulos de error promedio de todas las medidas tomadas en el experimento, estas fueron consignadas en la Figura 78, para una mejor ilustración de la variación del ángulo de error, gracias a la herramienta Excel se determinó el ángulo de error promedio durante todo el experimento, el cual dio un Angulo de Error = 0.439795714°, se consideran adecuadas los ángulos de Error menores a 3, por tanto las medias tomadas por el Nexus 4 se consideran correctas (Kuegler, y otros, 2015). Adicionalmente se determinó que la aplicación móvil no podía ser usada cerca de imanes ni tampoco se usada sobre superficies metálicas como mesas de acero inoxidable ya que afectaban directamente las medidas de los sensores.

Variacion de los angulos en todas las mediciones	
Numero	Variacion en °
1	0,56619
2	0,16095
3	0,12238
4	0,32333
5	0,26714
6	0,18238
7	0,70714
8	0,62286
9	0,02286
10	0,44286
11	0,29571
12	0,66
13	0,39429
14	0,42429
15	0,09048
16	0,50619
17	0,73238
18	0,76
19	1,12571
20	0,37524
21	0,45333
	0,439795714

Tabla 31 Ángulos de Error Promedio

Figura 78 Ángulos de Error [Elaboración propia]

6.2. Aplicación vs el Goniómetro

En este experimento se determina a través de un proceso de experimentación y comparación, cual es el grado de error promedio entre las medidas tomadas por el Aplicación Móvil vs las medias tomadas por un Goniómetro Universal, inicialmente se muestra cuáles son los materiales usados, a continuación se describe de forma general el procedimiento que se realizó y finamente se muestran los resultados obtenidos.

6.2.1. Materiales y Métodos

Para la realización de las pruebas se utilizó un goniómetro universal con una escala de 2°, como se pude ver en la Figura 79 y un smartphone Nexus 4 con un adaptador hecho a mano cómo se puede ver en la Figura 80, con bandas elásticas para que se puede adaptar a la forma de la mano permitiendo el libre movimiento en la realización de la prueba, como se puede ver en la Figura 81. Para determinar el Angulo de Error promedio entre las medidas tomadas por la aplicación móvil vs un goniómetro universal, se utilizaron 6 evaluadores los cuales contaban con el conocimiento necesario para tomar las medidas, los 6 evaluadores están compuestos por 2 Fisioterapeutas, 2 estudiantes de Medicina y 2 Estudiantes de Ingeniería, entre los 18 y 45 años de edad, para la realización del experimento se utilizó la Aplicación Sensor diseñada y desarrollada anteriormente, a cada uno de los evaluadores previo a la realización del experimento se les explico objetivo de la aplicación, el procedimiento a realizar y las condiciones de confidencialidad del proyecto.

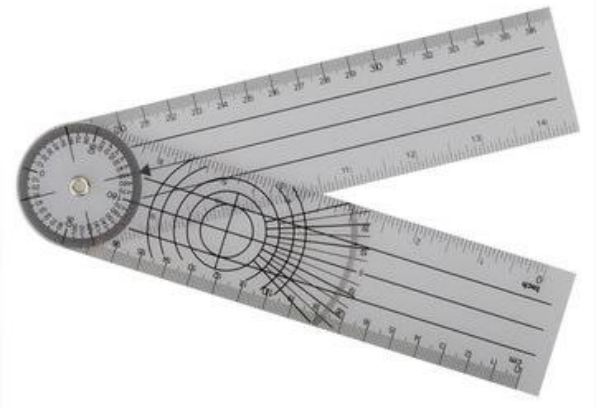


Figura 79 Goniómetro universal [Elaboración propia]

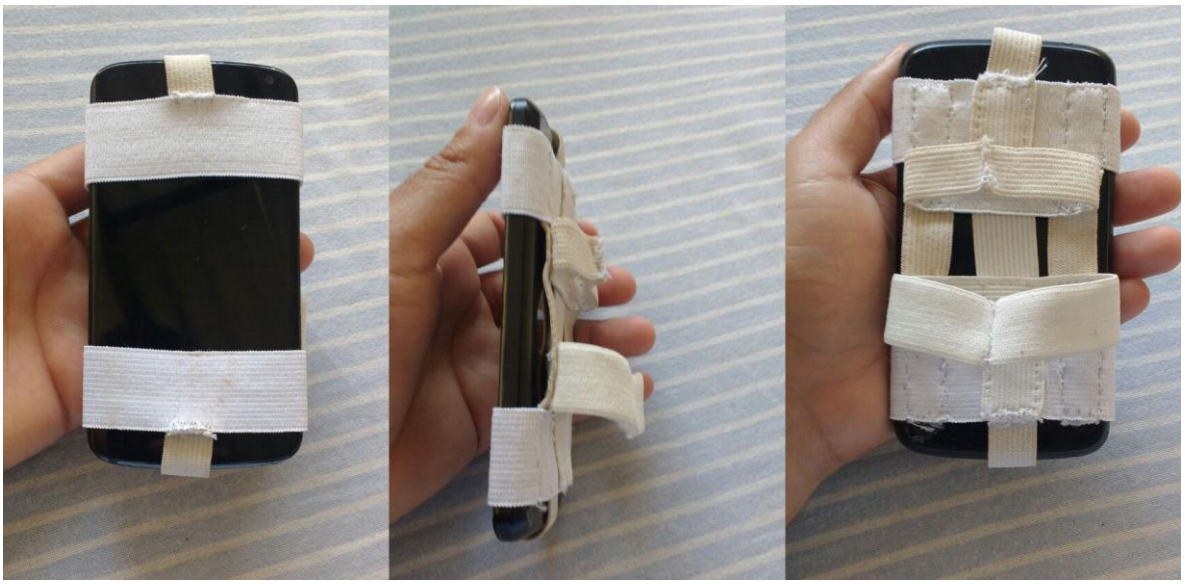


Figura 80 Smartphone con Adaptador [Elaboración propia]

6.2.2. Procedimiento y Realización de Pruebas

Para la realización de las pruebas cada uno de los 6 evaluadores tomo 10 muestras de para cada uno de los 4 movimientos de la muñeca (Desviación Ulnar, Desviación Radial, extensión, Flexión), en la realización de la prueba se utilizó un goniómetro Universal y Smartphone con su respectivo adaptador.

El procedimiento para la realización de la prueba es el siguiente:

El sujeto de estudio debe estar sentado y colocar el brazo en posición horizontal, apoyado sobre una superficie plana y estable, con la posición correcta del brazo y la mano, se procede a colocar el dispositivo móvil en la parte superior de la muleca, con la palma de la mano extendida y paralela al suelo. Para la medición del arco de movilidad articular, se tomaron medidas para el mismo arco de movimiento de la muñeca, esto se logró superponiendo un goniómetro universal centrado en la articulación de la muñeca, sobre el dispositivo móvil como se pude observar en la Figura 81.

El goniómetro universal se alineo con el eje del brazo para garantizar la posición neutra en la cual debería estar la muñeca previo a la realización de los movimientos, en este punto se tomó el ángulo inicial en el cual se encontraba el smartphone, a través de la aplicación

sensor, de seguido se procedió a realizar el movimiento de la muñeca (Desviación Ulnar o Radial), al detenerse el movimiento y quedar la muñeca en una posición estable, se capturo la medida del anglo final en el cual se encontraba el smartphone, posterior a ellos se realizó el movimiento del goniómetro universal hasta el punto donde se encontraba la mano, en el paso final se captura el ángulo que formaba la muñeca tomado por el goniómetro universal. Para la realización de los movimientos de flexión y extensión se realiza el mismo procedimiento, a diferencia que el goniómetro universal se coloca a un costado de la muñeca centrado en el eje articular, como se muestra en la Figura 82.

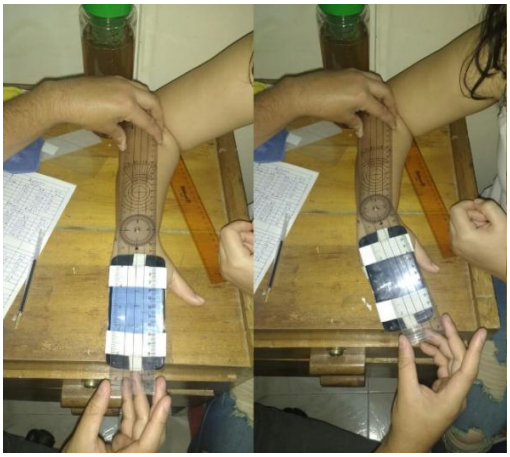


Figura 81 Aplicación Sensor vs Goniómetro Universal (movimiento de Desviación Ulnar y Radial) [Elaboración propia]

Figura 82 Aplicación Sensor vs Goniómetro Universal (movimiento de Flexión y extensión) [Elaboración propia]

6.2.3. Resultados

Como se puede observar en la Tabla 32 se tomaron 10 muestras para cada uno de los 4 movimiento de la muñeca, tanto con la paliación móvil, como con el goniómetro universal, gracias a la herramienta Excel, la cual se utilizó para la tabulación de los resultados, se determinó el Angulo de error entre las medidas del goniómetro vs la aplicación móvil, todos los ángulos de Error se tomaron positivos. Los demás valores obtenidos por los evaluadores se encuentran en el ANEXO H.

EVALUADOR 01											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	4,66	43,95	39,3	30	9,29	1	4,43	-25,3	29,8	34	4,23
2	3,5	50,43	46,9	32	14,93	2	4,94	-28,1	33,1	36	2,94
3	7,94	45,77	37,8	32	5,83	3	6,64	-27,6	34,3	34	0,27
4	10,94	61,08	50,1	42	8,14	4	7,22	-37,1	44,3	38	6,29
5	7,99	56,08	48,1	41	7,09	5	4,98	-46	51	48	3,02
6	3,63	43,72	40,1	36	4,09	6	4,61	-34,5	39,2	36	3,15
7	5,33	54,44	49,1	44	5,11	7	6,37	-25,7	32,1	29	3,1
8	7,91	39,92	32	28	4,01	8	2,23	-29,5	31,8	29	2,75
9	4,41	42,1	37,7	33	4,69	9	8,72	-31,6	40,3	36	4,33
10	8,34	38,04	29,7	23	6,7	10	3,92	-28,3	32,3	28	4,25
				1	**6,988**					2	**3,433**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	261,8	286,3	24,5	22	2,46	1	284,5	268,2	16,4	12	4,36
2	255,6	280	24,4	23	1,39	2	271,5	257,2	14,3	13	1,33
3	258,4	302,4	44	38	5,95	3	267	250	17	14	3,01
4	259,6	303,9	44,2	39	5,23	4	275,6	260,3	15,4	13	2,37
5	254,4	277,5	23,1	23	0,11	5	259,4	243,8	15,6	14	1,62
6	256,4	281,3	24,9	23	1,93	6	262,5	245,1	17,4	15	2,39
7	258,4	301,5	43,1	41	2,07	7	278,5	265,7	12,8	10	2,81
8	261,5	298,4	37	34	2,98	8	287,4	271,3	16,1	15	1,07
9	257	287,4	30,4	26	4,41	9	278,3	263,9	14,4	12	2,42
10	265,3	301	35,7	35	0,71	10	268,7	251,8	16,9	13	3,91
				3	**2,724**					4	**2,529**

Tabla 32 ° Evaluador 01

En la Tabla 33 se puede apreciar la totalidad de los ángulos de error de todos las medidas realizadas por los evaluadores, se determinó que el ángulo de error promedio es de 3,700833°, por lo cual estaría 0,700833° por encima del valor de referencia de 3°.

Al realizar un análisis de los valores obtenidos se puede apreciar que en su mayoría el ángulo de error es mayor para los movimientos de Flexión y Extensión, en el movimiento de Flexión se presenta el mayor ángulo de error de todos los movimientos, esto debido a que al realizar el movimiento de flexión la palma de la mano tiende a curvarse por lo que las medidas tomadas entre el centro de la articulación y la punta de los dedos varia. Las razones que afectan en la medida del ángulo de error son: el error humano ya que dentro del procedimiento todos los evaluadores, toman las medias cada uno basándose en su experiencia, además la escala que mide los ángulos en el goniómetro universal varia de dos en dos por lo cual no se pueden determinar medidas exactas con esta herramienta análoga de medición, otra razón es posición del usuario y la posición del smartphone dentro del adaptador, ya que al realizar los movimientos, este se movía levemente sobre todo en el movimiento de flexión.

Numero	Variacion en °	Movimeinto	Evaluador
1	6,988	FL	1
2	3,433	EX	1
3	2,724	DU	1
4	2,529	DR	1
5	6,958	FL	2
6	1,114	EX	2
7	1,78	DU	2
8	4,163	DR	2
9	3,804	FL	3
10	8,8	EX	3
11	1,7	DU	3
12	1,952	DR	3
13	2,993	FL	4
14	5,21	EX	4
15	1,59	DU	4
16	1,188	DR	4
17	5,334	FL	5
18	3,318	EX	5
19	2,772	DU	5
20	7,609	DR	5
21	3,476	FL	6
22	2,486	EX	6
23	3,55	DU	6
24	3,349	DR	6
Variacion Promedi	**3,700833**		

Tabla 33 Angulo de Error Promedio

6.3. Funcionalidades de la Aplicación

Para evaluar las funcionalidades de la aplicación en un entorno de prueba, se realizó una evaluación a través de Casos de Prueba basados en casos de uso, a continuación se muestra inicialmente los materiales y métodos usados, posteriormente se realiza una explicación del procedimiento y elaboración de la pruebas, finamente se muestran los resultados obtenidos.

6.3.1. Materiales y Métodos

Se utilizó un método de evaluación a través de casos de prueba basados en casos de uso, la cual consiste en la realización controlada de las tareas funciones basadas en los casos de uso predeterminados, para la consignación de la información se utilizó una plantilla de casos de prueba , como se muestra en la Tabla 34, se utilizó la aplicación móvil diseñada y desarrollada en los capítulos 4 y 5, para cada una de las pruebas, la aplicación móvil iniciaba en el punto de partida especificado en el caso de prueba respectivo. Para realización de las pruebas se utilizó un grupo de estudio integrado por 2 fisioterapeutas, 2 estudiantes de medicina y dos ingenieros, entre un rango de edades de 18 a 45 años de edad, a cada uno de los evaluadores previo a la realización del experimento se les explico objetivo de la aplicación, el procedimiento a realizar y las condiciones de confidencialidad del proyecto.

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	Identificación única para el caso de prueba
Nombre caso de prueba	CasoUso_casoDePrueba
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando se presente X escenario
Precondiciones	Condiciones que se deben cumplir para la ejecución de la prueba
Pasos y condiciones de ejecución	Pasos detallados del caso de prueba y los datos con los que se aprobara
Resultado esperado	Resultado ideal de la aplicación de acuerdo a los pasos ejecutados
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Nombre del responsable
Responsable de ejecución	Nombre del responsable

Comentarios	

Tabla 34 Plantilla Caso de Prueba funcional (Gonzales Palacio, 2009)

6.3.2. Procedimiento y Realización de Pruebas

Para la realización de la prueba, cada uno de los evaluadores realizo una evaluación por cada uno de los 8 casos de pruebas definidos, en la Tabla 35 se puede ver un ejemplo de una de las plantillas de los casos de prueba, el resto de las plantillas se encuentran en el ANEXO I, para la realización de los casos de prueba se utilizó la aplicación diseñada y desarrollada en los capítulos 4 y 5, para cada una de las pruebas la aplicación se mostraba en el punto indicado según el caso de prueba.

El procedimiento de evaluación de las funcionalidades por medio de casos de prueba se describe a continuación:

Inicialmente se le manifestó al evaluador cuales eran los objetivos y las condiciones de confidencialidad del proyecto.

Seguidamente se le indicaba al evaluador el objetivo de cada caso de prueba que se iba a realizar, cuáles eran las condiciones y requerimientos que tenían los casos de prueba para su posterior evaluación.

Finalmente el evaluador realizaba el caso de prueba escogido, como resultado de este se determinaba si el caos de prueba fue exitoso o fallido.

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	ExCP1
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_IniciarSesion
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar a la sesión, en donde debe ingresar un usuario y contraseña en los campos preestablecidos.
Precondiciones	1. El usuario debe ingresar a la Aplicación
Pasos y condiciones de ejecución	1. Ingresar el nombre 2. Ingresar la contraseña correcta 3. Verificar que los valores sean correctos 4. Presionar el icono en forma de flecha para ingresar a la aplicación Usuario: Camilo Contraseña: 123
Resultado esperado	El usuario inicia sesión correctamente

Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 35 Plantilla Caso de Prueba Iniciar Sesión

6.3.3. Resultados

Como se puede observar en la Tabla 36, cada evaluador realizó los 8 casos de prueba determinando si fue exitoso o no cada uno de ellos. El resto de los resultados de los casos de prueba se encuentran en el ANEXO I. Al realizar un análisis de los resultados de los casos de prueba, se determinó que las funcionalidades de la aplicación son exitosas en un entorno controlado.

EVALUADOR 1	
ID Caso de Prueba	Resultado
E1CP1	Exitoso
E1CP2	Exitoso
E1CP3	Exitoso
E1CP4	Exitoso
E1CP5	Exitoso
E1CP6	Exitoso
E1CP7	Exitoso
E1CP8	Exitoso

Tabla 36 Casos de Prueba Evaluador 01

CAPITULO 7
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo están consignadas las conclusiones principales de todo el trabajo de grado, adicionalmente se muestran una serie de posibles trabajos futuros relacionados directamente con el proyecto.

7.1. CONCLUSIONES

- Los proceso de investigación previos al proceso de diseño de prototipos de aplicación, son fundamentales ya que entre más fuerte sea el proceso de recolección de información y requerimientos, mas fundamentados van a ser los conceptos obtenidos para la realización de un primer diseño de usabilidad, lo cual está directamente asociado a la disminución de las iteraciones en un proceso de evaluación de usabilidad.
- Las fracturas se consideran como el trastorno más apropiado para implementar una herramienta móvil enfocada en la rehabilitación del arco de movilidad articular.
- En los procesos de diseño y evaluación de usabilidad de aplicaciones móviles orientadas a la salud, son fundamentales el asesoramiento y la involucración de profesionales de la salud.
- Se concluye que las evaluaciones de usabilidad de una aplicación móvil, específicamente para evaluar funcionalidades de la aplicación, deben hacerse a profesiones de la salud relacionados al tema escogido.
- Las aplicaciones móviles que involucren sensores como el magnetómetro, para medir algún tipo de variable como el Arco de Movilidad Articular, entre otras, no pueden ser usadas cerca de imanes y no pueden ser usadas sobre superficies metálicas.

- El ángulo de error promedio de los datos tomados por la aplicación móvil desarrollada en un Nexus 4, es de: Angulo de Error = 0.439795714°, por lo que se considera preciso.
- El ángulo de error promedio de los datos tomados por la aplicación móvil desarrollada en un Nexus 4 vs un goniómetro universal es de: Angulo de Error = 3,700833°.
- La evaluación de las funcionalidades de la aplicación móvil desarrollada a través de casos de prueba, se consideran exitosas.
- Se puede facilitar y soportar un proceso de rehabilitación de fracturas distales de radio usando los sensores internos del celular, por medio de una aplicación móvil.

7.2. TRABAJOS FUTUROS

- Actualizar la aplicación móvil de este trabajo de grado con el lenguaje de programación Kotlin.
- Diseñar y desarrollar a través de un proceso iterativo de diseño de usabilidad y desarrollado en Android, aplicaciones móviles para la rehabilitación de trastornos de Rodilla, Pie y Brazo.
- Realizar una evaluación de la aplicación en varios procesos de rehabilitación de pacientes.
- Realizar pruebas de los sensores con una mayor variedad de dispositivos móviles y mayor número de evaluadores.

8. Referencias

dos Santos, J. D., de Oliveira, M. A., da Silveira, N. J., Carvalho, S. d., & Oliveira, A. G. (07 de 2011). Confiabilidade inter e intraexaminadores nas mensurações angulares por fotogrametria digital e goniometria. *Fisioterapia Em Movimento, 24*(3), 389 - 400.

Alvis Palencia, D. A., & Riaño Martinez, C. C. (2016). *Herramienta didactica para el aprendizaje de sistemas fisicos mecanicos usando Realidad Aumentada e Interfaces Naturales de Usuario.* Tesis , Universidad del Cauca, Departamento de Telecomunicaciones, Popayan.

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (08 de 2014). *OrthoInfo.* Recuperado el 17 de 02 de 2017, de http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00729

Android Developers. (s.f.). *Guide to App Architecture*. Recuperado el 08 de 11 de 2017, de https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/guide.html

Android Developers. (s.f.). *Sensors Overview*. Recuperado el 08 de 11 de 2017, de https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html

Bentley, F., & Barrett, E. (2012). *Building Mobile Experiences.* MIT Press.

BOJO CANALES, C., & JAÉN CASQUERO, M. B. (2-4 de 04 de 2003). Principales bases de datos en la Biblioteca Virtual en Salud - España. (S. E. SEIS, Ed.) *Libro de Comunicaciones del VI Congreso Nacional de Informática de la Salud*, 81 - 86. Recuperado el 16 de 01 de 2017

CABRERA CRUZ, J. L., MACIAS LLANES, M. E., NOBALBO AGUILERA, Y. T., VERDECIA ROSALES, N. V., & ZEQUEIRA BRITO, J. (05 - 08 de 2014). Contribución de la revista Humanidades Médicas al desarrollo de la publicación científica. *Humanidades Medicas, 14*(02), 351 - 365.

Caja de Compensacion Familiar del Choco COMFACHOCO. (31 de Marzo de 2014). Sistema Osteomuscular. Monteria, Choco, Colombia: Coordinacion de Promocion y Divulgacion.

Chiriatti, M. (16 de 10 de 2016). *CCM Salud*. (salud.ccm.net) Recuperado el 06 de 05 de 2017, de http://salud.ccm.net/faq/15759-muneca-definicion

Cuevas, M., de Amirola, M., Romero, O., & Rostro, J. (2016). Goniómetro digital para medir flexoextensión en brazo derecho como propuesta para aplicaciones en telerehabilitación. *Memorias del Concurso Lasallistas De Investigacion, Desarrollo e Innovacion, 2*, 13-17.

Daniels, J. M., & Hoffman, M. R. (2010). Common Musculoskeletal Problems: A Handbook. *Springer Science+Business Media*.

Daniels, J. M., Zook, E. G., & Lynch, J. M. (15 de 04 de 2004). Hand and Wrist Injuries: Part I. Nonemergent Evaluation. *American Family Physician, 69*(08), 1941 - 1948.

Daniels, J. M., Zook, E. G., & Lynch, J. M. (01 de 04 de 2004). Hand and wrist injuries: Part II. Emergent evaluation. *American Family Physician, 69*(8), 1949-1956.

Deponti, D., Maggiorini, D., & Palazzi, C. E. (2009). DroidGlove: An Android-Based Application for Wrist Rehabilitation. *ICTUM'09 International Conference in Ultra Modern Telecomunications & Workshops 2009*, 1-7.

dos Santos, C. M., Ferreira, G., Malacco, P. L., & Felicio, D. (02 de 2012). Intra and inter examiner reliability and measurement error of goniometer and digital inclinometer use. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 18*(1), 38 - 41.

FEDERAL TRADE COMMISSION (EEUU). (2011). *CONSUMER INFORMATION.* Recuperado el 2017 de 05 de 06, de https://www.alertaenlinea.gov/articulos/s0018-aplicaciones-m%C3%B3viles-qu%C3%A9-son-y-c%C3%B3mo-funcionan

Ferriero, G., Sartorio, F., Foti, C., Primavera, D., Brigatti, E., & Vercelli, S. (2011). Reliability of a new application for smartphones (DrGoniometer) for elbow angle measurement. *Pm&r, 3*, 1153-1154.

Foltran, F. A., Silva, L. C., Sato, T. O., & Coury, H. (2013). Wrist electrogoniometry: are current mathematical correction procedures effective in reducing crosstalk in functional assessment? *Brazilian Journal of Physical Therapy, 17*(1), 32 - 40.

Garcia Gutierrez, A., & Pardo Gomez, G. (2006). *Cirujia : Tomo II.* La Habana: Ciencias Médicas.

Gómez Campdera, J. A., Riquelme, O., & Peláez, D. (2007). Síndrome compartimental tras una mordedura de víbora. *ACTA Pediatrica, 65*(11), 592-593.

Gonzales Palacio, L. (5 de octubre de 2009). Metodo para generar casos de prueba funcional en el desarrollo software. *Revista Ingenierias universidad de Medellin, 8*(15), 29-36.

Guirao Goris, J. A., Olmedo Salas, A., & Ferrer Ferrandis, E. (2008). El articulo de revision. *Revista Iberoamericana de enfermeria Comunitaria, 1*(1), 1-25.

Hoppenfeld, S. (1999). *Exploracion fisica de la columna vertebral y las extremidades.* Mexico, Mexico: Editorial el Manual Moderno.

Instituto Mexicano de Seguro Social. (2013). *Rehabilitacion de Fractura Distal de Radio . Guia Practica Clinica.* (I. M. Social, Ed.) Mexico.

Jean, J. (2013). Measurement of the knee flexion angle with a smartphone-application is precise and accurate. *The Journal of Arthroplasty, 28*, 784-787.

Johnson, L. B., Summer, S., Duong, T., Yan, P., Bajcsy, R., Abresch, R., . . . Han, J. J. (2012). Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction–A pilot study. *Manual Therapy, 20*, 777-782.

Jones, A., Sealey, R., Crowe, M., & Gordon, S. (2014). Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer. *Physiotherapy Theory and Practice, 30*, 512-516.

Kolber, M. J., Fuller, C., Marshall, J., & Hanney, W. J. (07 de 2011). The reliability and concurrent validity of scapular plane shoulder elevation measurements using a digital inclinometer and goniometer. *Physiotherapy Theory and Practice, 28*(2), 161 - 168.

Kuegler, P., Wurzer, P., Tuca, A., Sendlhofer, G., Lumenta, D. B., Giretzelehner, M., & Kamolz, L. P. (2015). Goniometer-apps in hand surgery and their applicability in daily clinical practice. *Safety in Health, 1*, 1-7.

Lira, F. G. (2011). Clasificación y métodos diagnósticos de las fracturas de muñeca. *Ortho-tips, 7*(1), 14 - 20.

Luttmann, A., Caffier, G., & Pekki, T. S. (2004). Prevencion de trastornos musculoesqueleticos en el lugar de trabajo. Ginebra, Suiza: Organizacion Mundial de la Salud (OMS).

Milanese, S., Gordon, S., Buettner, P., Flavell, C., Ruston, S., Coe, D., . . . McCormack, S. (2014). Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Manual Therapy, 19*, 569-574.

Ministerio de la Proteccion Social. (Abril de 2004). Manual Guía sobre Procedimientos para la Rehabilitación y Reincorporación Ocupacional de los Trabajadores en el Sistema General de Riesgos Profesionales. Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio del Trabajo. (Diciembre de 2013). *Informe ejecutivo de la II Encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos.* Ministerio del Trabajo. Bogota: GRAFIQ EDITORES S.A.S.

Ministerio del Trabajo. (20 de Mayo de 2014). Recuperado el 29 de Mayo de 2016, de http://www.mintrabajo.gov.co/enero-2014/2802-el-933-por-ciento-de-los-accidentes-ocurridos-en-las-empresas-son-propios-del-trabajo.html

Ockendon, M., & Gilbert, R. E. (Septiembre de 2012). Validation of a Novel Smartphone Accelerometer-Based Knee Goniometer. *Journal of Knee Surgery, 25*, 341-345.

Organizacion Mundial de la Salud. (2017). *Organizacion Mundial de la Salud.* Obtenido de http://www.who.int/disabilities/care/es/

Pascual Garcia, J. J. (2010). *Rehabilitación de la mano.* La Habana: Ciencias Médicas.

Pastora Bernal, J. M. (2017). *Telerehabilitacion.net.* Obtenido de http://www.telerehabilitacion.net/?page_id=23

Polo, B. E., Rueda, M. C., Cortes, B., Martinez, N. P., & Nieto, O. (Diciembre de 2006). Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes músculo esqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (síndrome de túnel carpiano, epicondilitis y enfermedad de Quervain). Bogota, Colombia: Ministerio de la Proteccion Social.

Publicaciones Semana. (27 de Junio de 2015). Colombia, el país de los smartphones. *Semana*.

Quiñonez, P. G. (2005). *Cirujia de la Mano.* Maracay: Fondo Documental Electrónico de FUNDACITE Aragua.

Rentol McCarroll, H. (2010). De Quervains Tenosynovitis. *KRAMES Patient Education*.

Romero Romano, O. U., Cuevas, M. J., Rostro Ramirez, J. A., & Amirola, M. D. (2016). Goniómetro digital para medir flexoextensión en brazo derecho como propuesta para aplicaciones en telerehabilitación. *Memorias Del Concurso Lasallista De Investigación, Desarrollo e Innovación, 2*, 13 - 17.

SALAS VALERO, M. (2012). *Guia de Uso de Pubmed.* Zaragoza: Instituto Aragones de Ciencias de la Salud. Recuperado el 16 de 01 de 2017, de www.iacs.aragon.es

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). *La Guia Definitiva de Scrum: Las Reglas de Juego.* Recuperado el 17 de 10 de 2017, de Scrum.org: http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-ES.pdf

Shin , Y., & Wunsche, B. C. (2013). A Smartphone-based Golf Simulation Exercise Game for Supporting Arthritis Patients. *28th International Conference of Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ) 2013*, 459-464.

Shin, S. H., Lee, O. S., Oh, J. H., & Kim, S. H. (2012). Within-day reliability of shoulder range of motion measurement with a smartphone. *Manual therapy, 17*(4), 298 - 304.

Shyam, A. S., Suryavanshi, M., Bedekar, M., Sancheti, P., & Dhariwal, Q. (2013). Realiability of mobile device goniometer “Goniometer records” in measuring lumbar flexion range of motion. *Indian Orthopaedic Association Annual Conference, IOACON 2013*, 105-109.

Taboadela, C. H. (2007). *Goniometría : una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales* (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Asociart ART.

Tousignant, Y., Boutin, N., Dion, A. M., & Vallee, C. A. (2013). Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 10*, 1.

TURNER, M. (2010). *Digital libraries and search engines for software engineering research: An overview.* Keele University. Recuperado el 16 de 01 de 2017

Universidad Nacional de Chimbrazo. (s.f.). (C. d. Públicas, Ed.) Recuperado el 16 de 01 de 2017, de www.unach.edu.ec/bibliotecas/index.php/biblioteca-virtual-nueva

Vergara Amador, E., & Rojas, A. (2016). La muñeca reumatoidea. Aspectos esenciales en el tratamiento. *Revista Colombiana de Reumatología, 23*(1), 24 - 33.

Werner, B. C., Holzgrefe, R. E., Griffin, J. W., Lyons, M. L., Cosgrove, C. T., Hart, J. M., & Brockmeier, S. F. (2014). Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 23*, e275-e282.

ANEXO A
IMPLEMENTACION METODOLOGIA SCRUM

A continuación se muestra la implementación de la metodología Scrum en el actual proyecto de grado:

Roles Scrum

En la Tabla 37 se puede observar el rol que tenía cada integrante del equipo dentro de la metodología Scrum.

Roles Scrum	
Rol	Integrante
Product Owner	Andres Vivas
Development Team	Camilo Ceron Gabriel Muñoz*
Scrum Master	Darío Chamorro
Cliente	Fisioterapeutas

Tabla 37 Roles Scrum

* El integrante externo quien hace las veces de Diseñador grafico

Eventos Scrum

En el actual proyecto de grado se definieron una serie de reuniones en las cuales se implementó la metodología Scrum.

Para la definición de los requisitos y características que debía tener el proyecto, se realizó una entrevista con el cliente (Fisioterapeuta) y con el Product Owner (Andrés Vivas), el Develepor Team (Camilo Ceron) y el Scrum Master (Darío Chamorro), en donde se definió las características, alcance y objetivos del proyecto de grado.

El Scrum master a partir de los objetivos, alcances y características definidos, diseño la pila del producto en donde definía las tareas a realizar en el proyecto y cuánto tiempo se debía gastar en ellas, para la terminación del proyecto de grado.

A partir de la definición clara de las tarea a cumplir se realizó un Sprint Planning Meeting en el cual el Scrum Master junto con el Developer Team definían los requisitos para la

obtención de una de las tareas planteadas, con ello se definía una serie de actividades para la realización de cada Sprint.

Al Iniciar cada día se hacía un Daily Sprint en el cual el Developer Team revisaba las actividades que se hicieron en el Daily Sprint pasado y se definía las actividades a realizar en las próximas 24 horas, este proceso se realizó todos los días durante todo el proyecto.

Al finalizar cada sprint se realizaba un Sprint Review en donde se analizaban todas las tareas realizadas y se definían las correcciones y actividades para el siguiente Sprint, este análisis se realizó al finalizar todos los Sprint durante el proyecto de grado.

Artefactos Scrum

En la Tablas 38 y 39 se muestra un ejemplo del Product Backlog y el Sprint Backlog correspondiente al Sprint 1 y 2 del primer mes.

Sprint		1											
Objetivo del Sprint		Realizar la revision del estado del Arte											
			Dias										
Requisitos	Estimado (h)	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Definir una metodologia y plan de trabajo para la revision del estado del arte	5	Buscar metodologia apropiada	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Definir palabras clave y formulas de busqueda	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Revisar en PubMed	14	Busqueda General	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Busqueda por titulo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Busqiueda por titulo y resumen	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Agrupar Artivulos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		Leer artculo relevantes	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	8
Revisar en Lilacs	14	Busqueda General	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
		Busqueda por titulo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		Busqiueda por titulo y resumen	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
		Agrupar Artivulos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		Leer artculo relevantes	0	0	0	0	0	3	4	1	0	0	8
Revisar en Science Direct	14	Busqueda General	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
		Busqueda por titulo	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
		Busqiueda por titulo y resumen	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
		Agrupar Artivulos	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
		Leer artculo relevantes	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10
		TOTAL	4	6	4	4	6	4	4	13	7	5	57

Tabla 38 Sprint 01

Sprint		2											
Objetivo del Sprint		Realizar la revision del estado del Arte											
			Dias										
Requisitos	Estimado (h)	Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Revisar en IEEE Xplore	14	Busqueda General	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Busqueda por titulo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Busqiueda por titulo y resumen	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Agrupar Artivulos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Leer artculo relevantes	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	8
Revisar en ACM	14	Busqueda General	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
		Busqueda por titulo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
		Busqiueda por titulo y resumen	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
		Agrupar Artivulos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		Leer artculo relevantes	0	0	0	0	3	4	1	0	0	0	8
Revisar en SciELO	14	Busqueda General	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
		Busqueda por titulo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		Busqiueda por titulo y resumen	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
		Agrupar Artivulos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Leer artculo relevantes	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	8
		TOTAL	5	4	4	6	4	4	6	4	4	1	42

Tabla 39 Sprint 02

ANEXO B
CONSENTIMIENTOS INFORMADOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL FISIOTERAPEUTA

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del estudio: "Asistente móvil para la rehabilitación de trastornos de muñeca que presenten limitación en el arco de movilidad articular"

Responsable: Universidad del Cauca – Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones– Departamento de Telemática – Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Supervisor de Investigación: Ing. Darío Fernando Chamorro Vela, Departamento de Telemática.

Participantes: Profesionales en Fisioterapia - Fisioterapeutas

Propósito de la investigación: Conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación.

Tipo de intervención de la investigación: Participará en la realización de una entrevista y/o encuesta en profundidad para conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación.

Selección de las participantes: Usted está cordialmente invitado a formar parte de este proyecto de investigación por ser un profesional de la salud del área de fisioterapia.

Participación voluntaria: Usted puede elegir si quiere ser parte del proyecto de investigación. Si no quiere ser parte del estudio su trabajo continuará y nada cambiará. Aún si usted acepta ser parte del estudio ahora, usted se puede arrepentir luego y dejar de participar.

Procedimientos: Si Usted acepta participar en el estudio: se le realizara: una entrevista en profundidad de manera individual para conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus experiencias y opiniones acerca de este tema. La entrevista tendrá una duración de treinta (30) minutos. Se grabará la entrevista en profundidad, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

Es posible que le pidamos permiso de tomar fotos durante la realización de la entrevista en profundidad. Las fotos serán usadas para socializar los resultados y para tener un registro evidente de la actividad del proyecto de investigación. No serán ni tomadas ni usadas sin su consentimiento.

Riesgos y molestias: Usted debe colaborar con su asistencia en la entrevista en profundidad. Esta será realizada por un estudiante del programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

Beneficios: Luego de finalizar el proyecto de investigación, los hallazgos pueden ayudar para el desarrollo de distintas herramientas móviles para asistir el proceso de rehabilitación.

Incentivos: Usted no recibirá ningún incentivo de índole económico (no se le dará dinero) por participar en el estudio.

Confidencialidad: La información derivada de la investigación será manejada de manera exclusiva por nuestro grupo de investigación. La información será guardada de manera segura por parte del equipo. Nadie fuera de nuestro equipo de investigación verá la información sobre usted.

Cuando se almacene su información dentro de nuestra computadora, en lugar de usar su nombre, se asignará un código único a cada participante. Sólo el equipo de investigación sabrá cuál es su código. De este modo, podremos comunicarle si encontramos algo que requiera su atención con respecto a su labor como profesional de la salud en fisioterapia en procesos de rehabilitación. Cuando expliquemos la investigación a otras personas, no usaremos su nombre o nada que permita que otras personas conozcan su identidad. La información será guardada, cumpliendo los criterios de confidencialidad y respeto. Cabe resaltar que todos los datos personales utilizados en este proyecto no serán utilizados en

otras investigaciones. Se construirá una base de datos, a la cual solo tendrá acceso el grupo de investigación supervisado por el Ing. Darío Chamorro, C.C. 1.085’277.896, de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, Campus de Tulcán. Celular: 301 779 0935.

Divulgación de resultados: Una vez toda la información haya sido analizada, los resultados serán presentados a la comunidad a través de una reunión. Usted será invitado a participar. También escribiremos sobre nuestros resultados sin mencionar los datos de los entrevistados, de modo que otras personas alrededor del mundo puedan aprender de esta investigación. Estos resultados pueden ser útiles para mejorar y asistir proceso de rehabilitación utilizando herramientas móviles.

Derecho a rehusar o a retirarse: Como se dijo anteriormente, su participación es voluntaria. Usted puede retirarse del estudio en cualquier momento si así lo desea. En ese caso, su información será eliminada. Esta investigación contiene los elementos éticos que la ley y la doctrina exigen (código Helsinki-código Nuremberg resolución 008430 de 1993) que rigen la ética en la investigación científica en Colombia. Se garantiza total confidencialidad con los datos recolectados.

Información de Contacto: Si tiene preguntas, las puede hacer ahora o posteriormente. Se le dará una copia escrita de este consentimiento. Si tiene preguntas adicionales, por favor contáctenos a través del Ing. Darío Chamorro. Celular: 301 779 0935, o con el entrevistador, Camilo Ceron. Celular: 3172653066

Certificado de consentimiento

Entiendo que se me va a realizar una entrevista y grupo focal. Entiendo que no existe ningún riesgo. Sé que no recibiré dinero, sino el beneficio que los resultados de investigación ayuden en los procesos de rehabilitación. Se me ha dado el nombre y dirección de un investigador que puede ser contactado fácilmente.

He leído o me ha sido leída la información precedente. He tenido la oportunidad de hacer preguntas. Estoy satisfecho/a con las respuestas a todas mis preguntas. Doy consentimiento voluntario para hacer parte en este estudio. También puedo retirarme en cualquier momento y esto no cambiará mi trabajo.

Nombre legible del participante _____Código_____
Fecha _____día/mes/año

He leído exactamente o he sido testigo de la lectura correcta del consentimiento al participante potencial, y éste ha tenido la posibilidad de hacer preguntas. Confirmo que el/la participante ha dado consentimiento libremente.

Nombre legible del investigador_____

Firma del investigador _____

Fecha _____día/mes/año

Se da una copia de este consentimiento informado cada participante

_____(Iniciales del investigador).

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ESTUDIANTE

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del estudio: “Asistente móvil para la rehabilitación de trastornos de muñeca que presenten limitación en el arco de movilidad articular”

Responsable: Universidad del Cauca – Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones– Departamento de Telemática – Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Supervisor de Investigación: Ing. Darío Fernando Chamorro Vela, Departamento de Telemática.

Participantes: Estudiantes de fisioterapia.

Propósito de la investigación: Conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación.

Tipo de intervención de la investigación: Participará en la realización de una entrevista y/o encuesta en profundidad para conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación.

Selección de las participantes: Usted está cordialmente invitado a formar parte de este proyecto de investigación por ser un profesional de la salud del área de fisioterapia.

Participación voluntaria: Usted puede elegir si quiere ser parte del proyecto de investigación. Si no quiere ser parte del estudio su trabajo continuará y nada cambiará. Aún si usted acepta ser parte del estudio ahora, usted se puede arrepentir luego y dejar de participar.

Procedimientos: Si Usted acepta participar en el estudio: se le realizara: una entrevista en profundidad de manera individual para conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una

herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus experiencias y opiniones acerca de este tema. La entrevista tendrá una duración de treinta (30) minutos. Se grabará la entrevista en profundidad, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

Es posible que le pidamos permiso de tomar fotos durante la realización de la entrevista en profundidad. Las fotos serán usadas para socializar los resultados y para tener un registro evidente de la actividad del proyecto de investigación. No serán ni tomadas ni usadas sin su consentimiento.

Riesgos y molestias: Usted debe colaborar con su asistencia en la entrevista en profundidad. Esta será realizada por un estudiante del programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

Beneficios: Luego de finalizar el proyecto de investigación, los hallazgos pueden ayudar para el desarrollo de distintas herramientas móviles para asistir el proceso de rehabilitación.

Incentivos: Usted no recibirá ningún incentivo de índole económico (no se le dará dinero) por participar en el estudio.

Confidencialidad: La información derivada de la investigación será manejada de manera exclusiva por nuestro grupo de investigación. La información será guardada de manera segura por parte del equipo. Nadie fuera de nuestro equipo de investigación verá la información sobre usted.

Cuando se almacene su información dentro de nuestra computadora, en lugar de usar su nombre, se asignará un código único a cada participante. Sólo el equipo de investigación sabrá cuál es su código. De este modo, podremos comunicarle si encontramos algo que requiera su atención con respecto a su labor como profesional de la salud en fisioterapia en procesos de rehabilitación. Cuando expliquemos la investigación a otras personas, no usaremos su nombre o nada que permita que otras personas conozcan su identidad. La información será guardada, cumpliendo los criterios de confidencialidad y respeto. Cabe resaltar que todos los datos personales utilizados en este proyecto no serán utilizados en otras investigaciones. Se construirá una base de datos, a la cual solo tendrá acceso el grupo de investigación supervisado por el Ing. Darío Chamorro, C.C. 1.085’277.896, de la

Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, Campus de Tulcán. Celular: 301 779 0935.

Divulgación de resultados: Una vez toda la información haya sido analizada, los resultados serán presentados a la comunidad a través de una reunión. Usted será invitado a participar. También escribiremos sobre nuestros resultados sin mencionar los datos de los entrevistados, de modo que otras personas alrededor del mundo puedan aprender de esta investigación. Estos resultados pueden ser útiles para mejorar y asistir proceso de rehabilitación utilizando herramientas móviles.

Derecho a rehusar o a retirarse: Como se dijo anteriormente, su participación es voluntaria. Usted puede retirarse del estudio en cualquier momento si así lo desea. En ese caso, su información será eliminada. Esta investigación contiene los elementos éticos que la ley y la doctrina exigen (código Helsinki-código Nuremberg resolución 008430 de 1993) que rigen la ética en la investigación científica en Colombia. Se garantiza total confidencialidad con los datos recolectados.

Información de Contacto: Si tiene preguntas, las puede hacer ahora o posteriormente. Se le dará una copia escrita de este consentimiento. Si tiene preguntas adicionales, por favor contáctenos a través del Ing. Darío Chamorro. Celular: 301 779 0935, o con el entrevistador, Camilo Ceron. Celular: 3172653066

Certificado de consentimiento

Entiendo que se me va a realizar una entrevista y grupo focal. Entiendo que no existe ningún riesgo. Sé que no recibiré dinero, sino el beneficio que los resultados de investigación ayuden en los procesos de rehabilitación. Se me ha dado el nombre y dirección de un investigador que puede ser contactado fácilmente.

He leído o me ha sido leída la información precedente. He tenido la oportunidad de hacer preguntas. Estoy satisfecho/a con las respuestas a todas mis preguntas. Doy consentimiento voluntario para hacer parte en este estudio. También puedo retirarme en cualquier momento y esto no cambiará mi trabajo.

Nombre legible del participante _____Código_____

Fecha _____día/mes/año

He leído exactamente o he sido testigo de la lectura correcta del consentimiento al participante potencial, y éste ha tenido la posibilidad de hacer preguntas. Confirmo que el/la participante ha dado consentimiento libremente.

Nombre legible del investigador_____

Firma del investigador _____

Fecha _____día/mes/año

Se da una copia de este consentimiento informado cada participante

_____(Iniciales del investigador).

ANEXO C

GUÍAS PARA LAS ENCUESTAS, ENTREVISTAS E IDENTIFICACIÓN DE TRAUMAS, LESIONES Y/O ENFERMEDADES RELEVANTES

GUÍA PARA LAS ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD

GUÍA PARA ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD A LOS FISIOTERAPEUTAS

Objetivo: Conocer las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la entrevista, por qué han sido seleccionados e invitados, por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad (consentimiento informado, grabación, uso de seudónimos y confidencialidad de las opiniones y comentarios, los mismos que no deben ser divulgados fuera de la reunión).
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
   a) Todas las ideas y respuestas son válidas.
   b) No hay respuestas malas ni buenas.
4. Preguntar al entrevistado/a por su cargo actual.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA FISIOTERAPEUTA (30 min.)

1. ¿Cuáles son las principales dificultades identificadas al involucrar las TIC en un proceso de rehabilitación?

2. ¿Qué beneficios considera que se obtienen al utilizar las TIC como soporte para los proceso de rehabilitación?

3. ¿Qué recursos considera que no están disponibles pero que le servirían para facilitar los procesos de rehabilitación de los pacientes?

4. ¿Cree que el uso de dispositivos móviles en un proceso de rehabilitación ayuda a mejorar el proceso de recuperación del paciente?

5. ¿Qué elementos cree usted que debe tener una herramienta móvil para poder ser utilizada en un proceso de rehabilitación y que arroje resultados positivos?

6. ¿Considera que el uso de TIC en un proceso de rehabilitación da mejores resultados que el un proceso de rehabilitación sin el uso de este tipo de herramientas? ¿Sí o no, Por qué?

CONCLUSIÓN (3 min)

Esta información será de gran utilidad para identificar las principales las necesidades y dificultades en un proceso de rehabilitación de muñeca, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista el proceso de rehabilitación*. Antes de que terminemos, ¿hay algo más que usted piense que pueda ayudarnos a solucionar las dificultades de la introducción de herramientas TIC en los procesos de rehabilitación?*

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE TRAUMA, LESIÓN Y/O ENFERMEDAD RELEVANTE

GUÍA PARA ENCUESTAS DE IDENTIFICACIÓN DE TRAUMA, LESIÓN Y/O ENFERMEDAD RELEVANTE A FISIOTERAPEUTAS

Objetivo: Conocer los traumas, lesiones y/o enfermedades que puede presentar la muñeca y que limiten el arco de movilidad articular, así como las dificultades y retos del proceso de rehabilitación. Lo anterior con el objetivo de establecer el o los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca más relevantes en el cual la herramienta móvil que se desarrollada en este trabajo pueda ser implementada.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta a los fisioterapeutas y por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad de la información, así como de la libertad para retirarse en cualquier momento.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
   a) Todas las ideas y respuestas son válidas.
   b) No hay respuestas malas ni buenas.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA FISIOTERAPEUTA (15 min.)

1. Proporcione un breve listado con los traumas, lesiones y/o enfermedades más relevantes presentes en la muñeca que limite el arco de movilidad articular (procure que no supere los 10 elementos).

_____

_____

_____

2. De los traumas, lesiones y/o enfermedades anteriores, ¿Cuáles cuentan con sesiones de rehabilitación en casa?

_____

3. Ahora, conoce usted alguna herramienta móvil o web para la rehabilitación de traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca? (Mencione cuales)

_____

4. De los traumas, lesiones y/o enfermedades listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los traumas, lesiones y/o enfermedades que presentan mayor dificultad en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?

_____

_____

5. De los traumas, lesiones y/o enfermedades listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los traumas, lesiones y/o enfermedades que presentan menor dificultad en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?

_____

_____

6. De los traumas, lesiones y/o enfermedades listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los traumas, lesiones y/o enfermedades son los más comunes (máximo 3)?

_____

_____

7. De los traumas, lesiones y/o enfermedades listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los traumas, lesiones y/o enfermedades son los menos comunes (máximo 3)?

_____

_____

8. De los traumas, lesiones y/o enfermedades listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los traumas, lesiones y/o enfermedades que puede tener un mayor impacto positivo si se utilizan herramientas móviles en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?

_____

_____

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE TRAUMA, LESIÓN Y/O ENFERMEDAD RELEVANTE

GUÍA PARA ENCUESTAS DE IDENTIFICACIÓN DE TRAUMA, LESIÓN Y/O ENFERMEDAD RELEVANTE A ESTUDIANTES

Objetivo: Conocer los traumas, lesiones y/o enfermedades que puede presentar la muñeca y que limiten el arco de movilidad articular, así como las dificultades y retos del proceso de rehabilitación. Lo anterior con el objetivo de establecer el o los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca más relevantes en el cual la herramienta móvil que se desarrollada en este trabajo pueda ser implementada.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta a los estudiantes de fisioterapeutas y por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad de la información, así como de la libertad para retirarse en cualquier momento.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
   c) Todas las ideas y respuestas son válidas.
   d) No hay respuestas malas ni buenas.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA ESTUDIANTE DE FISIOTERAPIA (15 min.)

1. Proporcione un breve listado con los traumas, lesiones y/o enfermedades *más relevantes presentes en la muñeca que limite el arco de movilidad articular (procure que no supere los 10 elementos).*

_____

_____

2. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *anteriores, ¿Cuáles cuentan con sesiones de rehabilitación en casa?*

_____

_____

3. Ahora, conoce usted alguna herramienta móvil o web para la rehabilitación de traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca? (Mencione cuales)

_____

_____

4. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los* traumas, lesiones y/o enfermedades *que presentan mayor dificultad en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?*

_____

_____

5. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los* traumas, lesiones y/o enfermedades *que presentan menor dificultad en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?*

_____

_____

6. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los* traumas, lesiones y/o enfermedades *son los más comunes (máximo 3)?*

_____

_____

7. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los* traumas, lesiones y/o enfermedades *son los menos comunes (máximo 3)?*

_____

_____

8. De los traumas, lesiones y/o enfermedades *listados en la pregunta 1, ¿Cuál considera el o los* traumas, lesiones y/o enfermedades que *puede tener un mayor impacto positivo si se utilizan herramientas móviles en su proceso de rehabilitación (máximo 3)?*

_____

_____

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LAS ENCUESTAS DE CARACTERIZACIÓN GENERAL

GUÍA PARA LOS FISIOTERAPEUTAS PARA LA CARACTERIZACIÓN GENERAL

Objetivo: Conocer los problemas, necesidades y expectativas en los proceso de rehabilitación diseñados por los fisioterapeutas, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista los procesos de rehabilitación. Además de explorar el uso de herramientas TIC en los procesos de rehabilitación diseñados por los profesionales de la salud.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta, por qué han sido seleccionados e invitados, por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad del proceso.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
   a) Todas las ideas y respuestas son válidas.
   b) No hay respuestas malas ni buenas.
4. Explicar conceptos claves para este estudio como TIC, Smartphone y sistema operativo.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA FISIOTERAPEUTA (15 min.)

1. *Edad _____*
2. *Género: Masculino ___ Femenino ___*
3. *Años de Experiencia en la Docencia____*
4. *Años de Experiencia en la parte Asistencial _____*
5. *Profesión _____*
6. *Área de Especialidad _____*
7. *¿Piensa que los ejercicios y practicas realizadas durante los proceso de rehabilitación por parte de los pacientes son suficientes para una recuperación optima?*
   Si ___ No ___

8. *¿Considera que los ejercicios realizados por los pacientes en sus procesos de rehabilitación son fáciles de realizar? Si ___ No ___*
9. *De 1 a 5 (donde 5 es muy difícil) que tan difícil son los ejercicios realizados por los pacientes en sus procesos de rehabilitación*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

10. *De 1 a 5, donde 1 es para nada adecuado y 5 muy conveniente, ¿Qué tan adecuado considera el uso de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) en los proceso de rehabilitación de los pacientes?*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

11. *¿Qué tan apropiadas considera usted que son las herramientas utilizadas por los pacientes en los proceso de rehabilitación en el hogar?*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

12. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en pacientes de la tercera edad?*

_____

_____

13. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en pacientes jóvenes y adultos?*

_____

_____

14. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en niños?*

_____

_____

15. *¿Cuáles han sido los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le han causado dificultad en los procesos de rehabilitación de los pacientes?*

_____

_____

16. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta para manejar la información de los proceso de rehabilitación de los pacientes?*

_____

_____

17. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta para medir la condición de los pacientes a medida que avanza un proceso de rehabilitación?*

_____

_____

18. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta para monitorear el proceso de rehabilitación de los pacientes?*

_____

_____

19. *¿Tiene usted un Smartphone o Tablet? En caso que la respuesta sea no, omita las siguientes preguntas. Si ___ No ___*

a. ¿Cuántas horas al día aproximadamente utiliza su Smartphone o Tablet?

i. Menos de una hora

ii. De 1 a 3 horas

iii. De 3 a 5 horas

iv. Más de 5 horas

b. ¿Qué sistema operativo tiene tu Smartphone o Tablet?

i. Android

ii. iOS

iii. Windows Phone

iv. Otro

c. ¿Cuáles son las 4 o 5 aplicaciones que más usas?

_____

d. ¿Usas aplicaciones para el control o medición de su propia salud? ¿Cuáles?

Si ___ No ___

_____

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

GUÍA PARA LAS ENCUESTAS DE CARACTERIZACIÓN GENERAL

GUÍA PARA LOS ESTUDIANTES DE FISIOTERAPIA PARA LA CARACTERIZACIÓN GENERAL

Objetivo: Conocer los problemas, necesidades y expectativas en los proceso de rehabilitación diseñados por los fisioterapeutas, con el objetivo de definir los requerimientos para una herramienta móvil que asista los procesos de rehabilitación. Además de explorar el uso de herramientas TIC en los procesos de rehabilitación diseñados por los profesionales de la salud.

INTRODUCCIÓN (2 min.) Pasos a seguir por el entrevistador:

1. Presentarse y explicar el objetivo de la encuesta, por qué han sido seleccionados e invitados, por qué son importantes para el estudio.
2. Aclarar la confidencialidad del proceso.
3. Explicar la metodología de trabajo y aclarar que:
   c) Todas las ideas y respuestas son válidas.
   d) No hay respuestas malas ni buenas.
4. Explicar conceptos claves para este estudio como TIC, Smartphone y sistema operativo.

PREGUNTAS A REALIZAR PARA CADA ESTUDIANTE DE FISIOTERAPIA (15 min.)

1. *Edad _____*
2. *Género: Masculino ___ Femenino ___*
3. *Semestre que está cursando ____*
4. *¿Piensa que los ejercicios y practicas realizadas durante los proceso de rehabilitación por parte de los pacientes son suficientes para una recuperación optima?*
   Si ___ No ___
5. *¿Considera que los ejercicios realizados por los pacientes en sus procesos de rehabilitación son fáciles de realizar? Si ___ No ___*

6. *De 1 a 5 (donde 5 es muy difícil) que tan difícil son los ejercicios realizados por los pacientes en sus procesos de rehabilitación*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

7. *De 1 a 5, donde 1 es para nada adecuado y 5 muy conveniente, ¿Qué tan adecuado considera el uso de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) en los proceso de rehabilitación de los pacientes?*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

8. *¿Qué tan apropiadas considera usted que son las herramientas utilizadas por los pacientes en los proceso de rehabilitación en el hogar?*

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

9. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en pacientes de la tercera edad?*

_____

_____

10. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en pacientes jóvenes y adultos?*

_____

_____

11. *¿Cuáles son los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le gustaría tratar en niños?*

_____

_____

12. *¿Cuáles han sido los traumas, lesiones y/o enfermedades de muñeca que más le han causado dificultad en los procesos de rehabilitación de los pacientes?*

_____

13. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta en formación para manejar la información de los proceso de rehabilitación de los pacientes?*

_____

_____

14. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta en formación para medir la condición de los pacientes a medida que avanza un proceso de rehabilitación?*

_____

_____

15. *¿Qué herramientas TIC utiliza como fisioterapeuta en formación para monitorear el proceso de rehabilitación de los pacientes?*

_____

_____

16. *¿Tiene usted un Smartphone o Tablet? En caso que la respuesta sea no, omita las siguientes preguntas. Si ___ No ___*

a. ¿Cuántas horas al día aproximadamente utiliza su Smartphone o Tablet?

i. Menos de una hora

ii. De 1 a 3 horas

iii. De 3 a 5 horas

iv. Más de 5 horas

b. ¿Qué sistema operativo tiene tu Smartphone o Tablet?

i. Android

ii. iOS

iii. Windows Phone

iv. Otro

c. ¿Cuáles son las 4 o 5 aplicaciones que más usas?

_____

_____

d. ¿Usas aplicaciones para el control o medición de su propia salud? ¿Cuáles?

Si ___ No ___

_____

_____

¡Muchas gracias por su sinceridad y por su tiempo!

ANEXO D
CODIFICACION DE LAS ENTREVISTAS

A continuación se muestra parte de la codificación de las entrevistas por medio de la herramienta Atlas.ti.

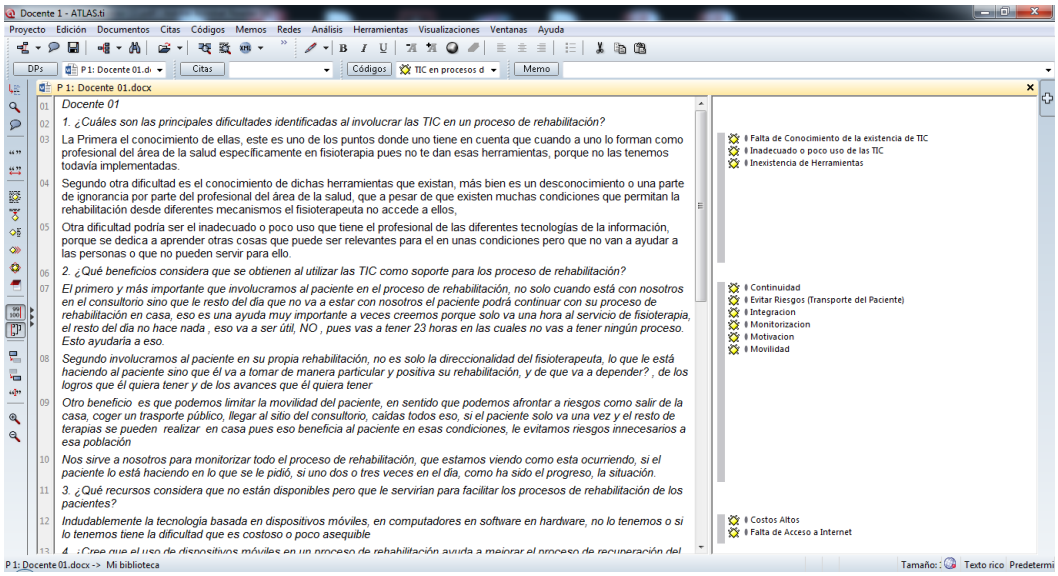


Figura 83 Codificación Entrevista Docente 01 [Elaboración Propia]

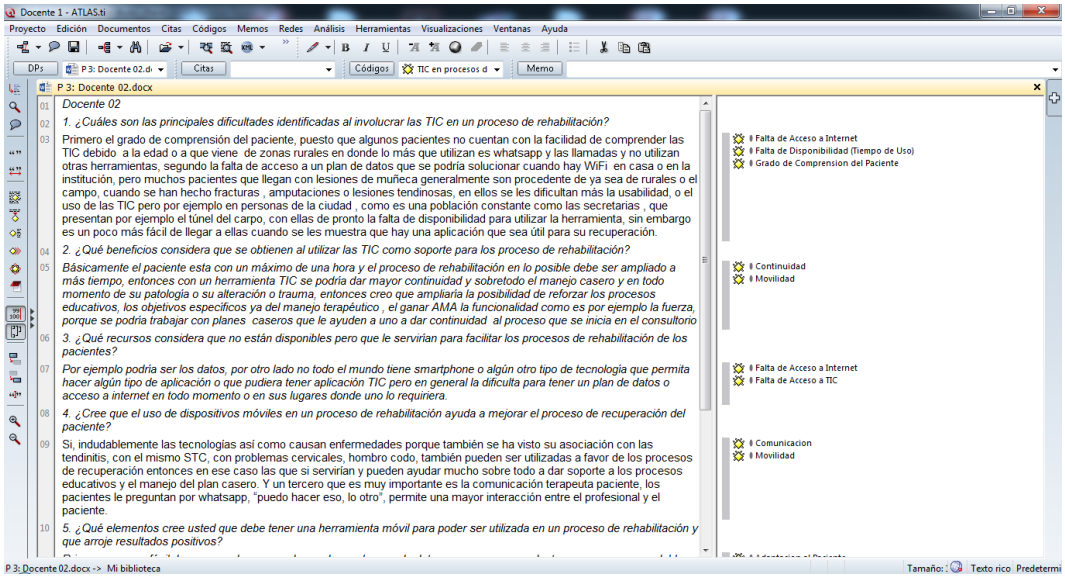


Figura 84 Codificación Entrevista Docente 02 [Elaboración Propia]

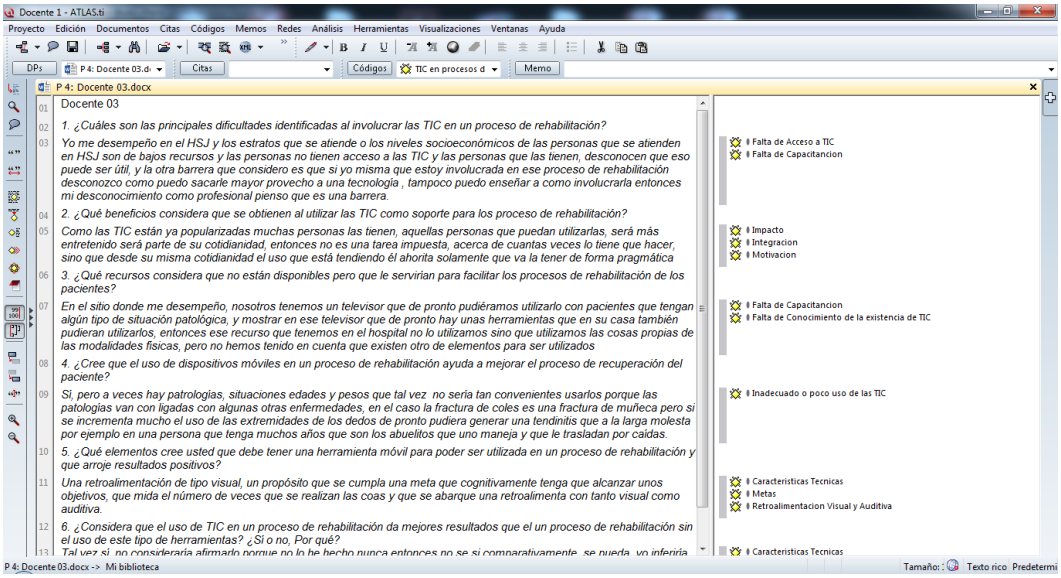


Figura 85 Codificación Entrevista Docente 03 [Elaboración Propia]

ANEXO E

PANTALLAS, FLUJOS, CORRECCIONES Y DISEÑO FINAL

DISEÑO Y DESCRIPCION DE LAS PANTALLAS DE LA APLICACIÓN

Pantalla 1

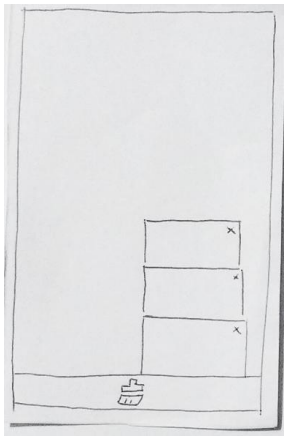


Figura 86 Pantalla de destrucción [Elaboración Propia]

En la Figura 86 se muestra la interfaz que aparece cuando se presiona el menú de forma sostenida con el objetivo de destruir o cerrar todas las aplicaciones.

Pantalla 2

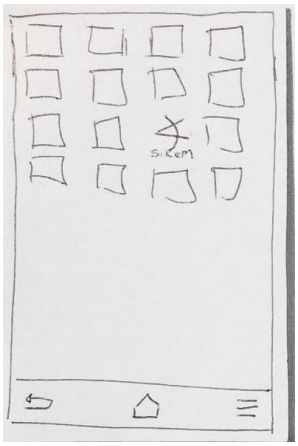


Figura 87 Grilla de Aplicaciones [Elaboración Propia]

En la Figura 87 se muestra la interfaz donde se puede observar las diferentes aplicaciones que se tiene en el celular representadas en forma de cuadrados, y para resaltar el logo de la aplicación de este trabajo de grado.

Pantalla 3

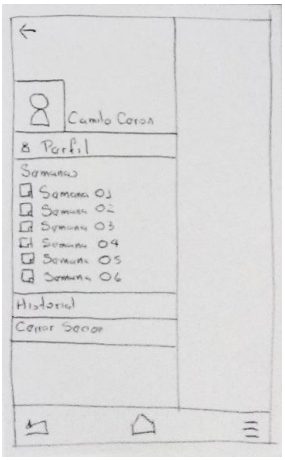


Figura 88 Menú de la Aplicación [Elaboración Propia]

En la Figura 88 se ve la interfaz que se abre cuando se presiona el menú en la parte superior derecha de la aplicación y contiene una foto del usuario y su nombre, adicionalmente 4 secciones donde se puede dirigir a la sección de perfil, las semanas donde aparecen los ejercicios, el historial de uso y la opción de cerrar sesión.

Pantalla 4

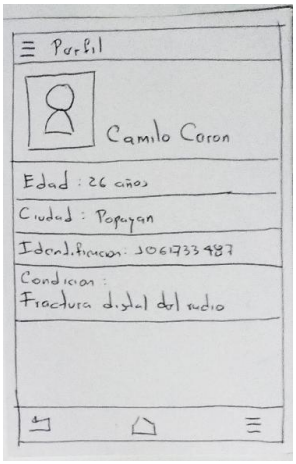


Figura 89 Perfil de Usuario [Elaboración Propia]

En la Figura 89 se ve la interfaz que aparece cuando se selecciona la parte de perfil en el menú desplegable de la aplicación, en ella aparece una foto del paciente su nombre, edad, ciudad, identificación y la condición médica en la que se encuentra.

Pantalla 5

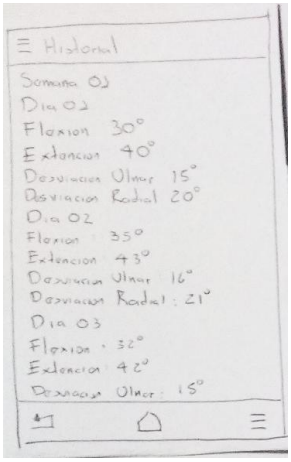


Figura 90 Historial de Uso [Elaboración Propia]

En la Figura 90 se ve la interfaz que aparece cuando se presiona la opción de historial en el menú desplegable de la aplicación, y muestra el historial de uso de las medidas, por semana por día por movimiento máximo realizado en la sección de examen al finalizar la realización de los ejercicios planteados.

Pantalla 6,7

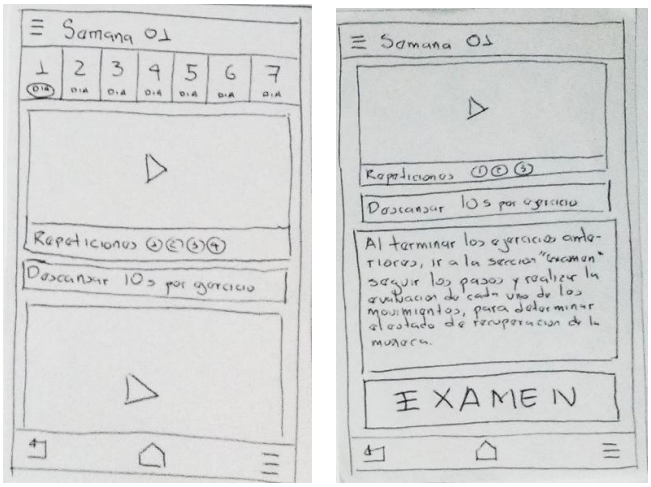


Figura 91 Día 1 de la Semana 1 [Elaboración Propia]

En la Figura 91 se puede ver las interfaces que aparecen cuando se entra a la aplicación, en ella se ven los ejercicios planteados en la totalidad del día, con la opción de cambiar el día el cual se quiere ver y con un movimiento de “deslizar” se avanza a través de la pantalla de cada día, al final de los ejercicios planteados en el día se muestra el botón de “examen” el cual redirige a la pantalla de examen.

Pantalla 8,9

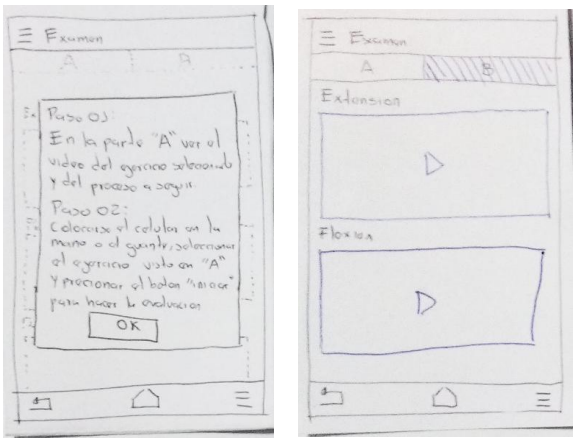


Figura 92 Mensaje flotante (Iz), Descripción de Ejercicios a Evaluar (De) [Elaboración Propia]

En la Figura 92 se ven las interfaces que aparecen cuando se presiona el botón de “Examen”, en ellas en la parte izquierda se muestra el mensaje flotante con las indicaciones a seguir dentro de la parte “A” y “B”, en la parte A (Derecha) aparece un listado de videos donde se representa los movimientos de flexión, extensión, Desviación Ulnar y Radial individualmente en forma de Videos previo a pasar a la parte “B”.

Pantalla 10,11

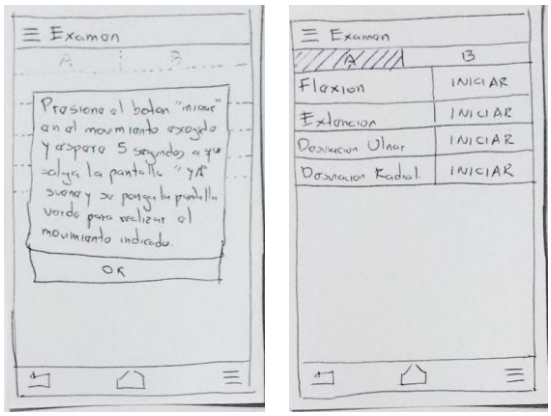


Figura 93 Mensaje Flotante (Iz), Ejercicios a Evaluar (De) [Elaboración Propia]

En la Figura 93 se ven las interfaces que aparecen cuando se presiona la parte B de la sección “EXAMEN”, en l parte iz aparece un mensaje flotante donde se explica el procedimiento a seguir (Presione iniciar, espere 5 segundos…), después de presionar el botón “OK” se pasa a la parte derecha donde está un botón de “INICIAR” para cada movimiento respectivo el cual se va a medir.

Pantalla 12

Figura 94 Pantalla de Espere [Elaboración Propia]

En la Figura 94 se ve la interfaz que se muestra cada vez que se presiona el botón de iniciar en la parte “B” de la sección “EXAMEN”, esta es un indicativo el cual representa que la persona debe esperar un determinado tiempo, hasta que aparezca una pantalla de “YA”, para realizar el movimiento determinado.

Pantalla 13,14

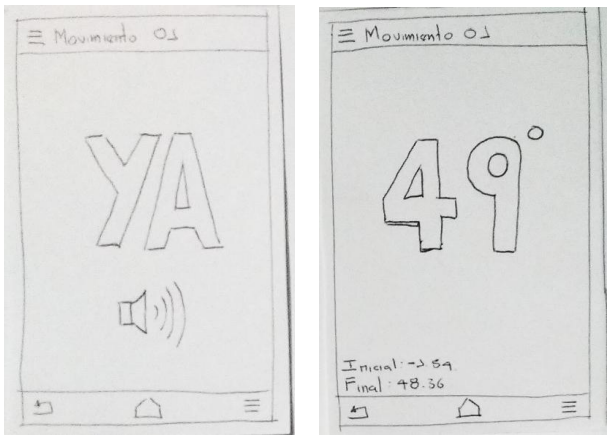


Figura 95 Pantalla de aviso (Iz), Pantalla de ángulos (Dr) [Elaboración Propia]

La interfaz de la izquierda que se ve en la Figura 95 aparece después de un tiempo determinado posterior a la pantalla de “Espere”, en esta pantalla aparece un aviso de “YA”, se pone la pantalla de color verde y se produce un sonido, el cual es el indicativo para que el paciente realice el ejercicio indicado por primera vez, la pantalla de la derecha aparece segundos después con el primer resultado en grados del movimiento escogido.

Pantalla 15,16

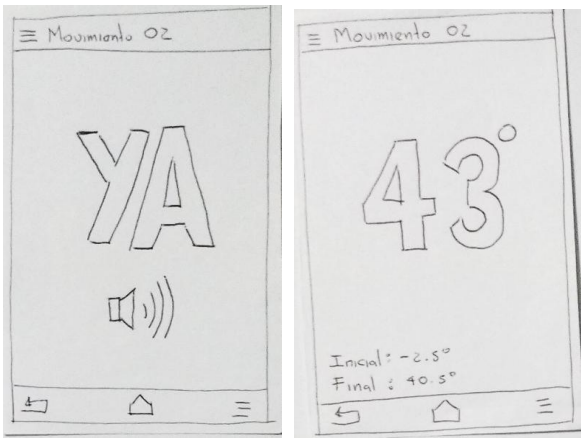


Figura 96 Pantalla de aviso (Iz), Pantalla de ángulos (Dr) [Elaboración Propia]

La interfaz de la izquierda en la Figura 96 aparece después de un tiempo determinado posterior a la pantalla de del primer movimiento, en esta pantalla aparece un aviso de “YA”, se pone la pantalla de color verde y se produce un sonido, el cual es el indicativo para que el paciente realice el ejercicio indicado por segunda vez, la pantalla de la derecha aparece segundos después con el segundo resultado en grados del movimiento escogido.

Pantalla 17

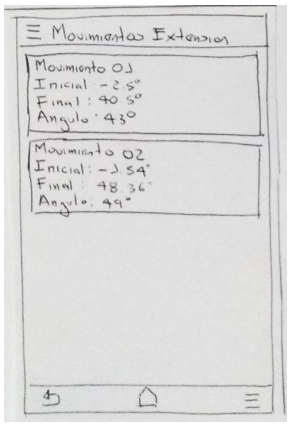


Figura 97 Pantalla de Movimientos por ejercicio [Elaboración Propia]

La interfaz de la Figura 97 aparece tiempo después de terminar el segundo movimiento del examen de un ejercicio en específico, en ella se ve el historial con los resultados de los movimiento realizados , se indica el ángulo inicial el final y la diferencia de ellos.

DISEÑO Y DESCRIPCION DE LOS FUJOS DE LAS FUNCIONALIDADES DE LA APLICACIÓN

Flujo 1

En el flujo 01 que se ve e la Figura 98 se puede observar el ingreso a la aplicación y la posibilidad de cambiar el da a medida que se avanza en el proceso de rehabilitación, es de gran importancia debido a que cada día puede tener una secesión de rehabilitación diferente.

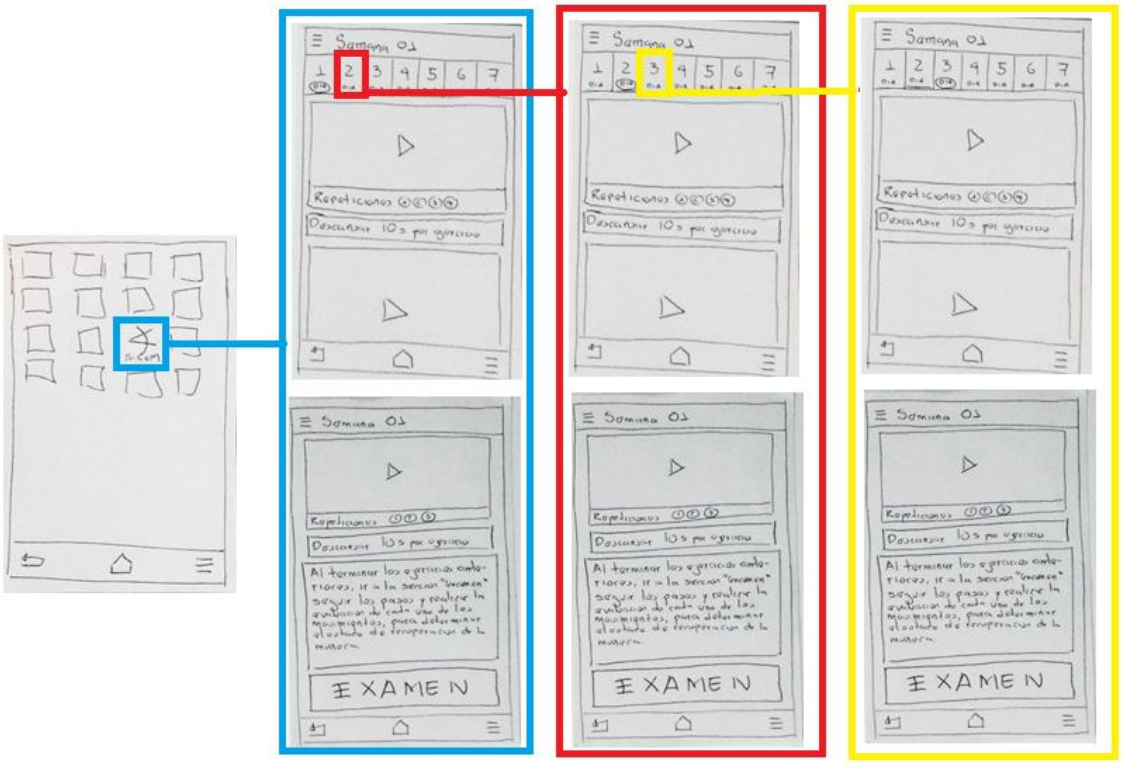


Figura 98 Flujo Cambio de Día [Elaboración Propia]

Para ingresar a la aplicación se presiona en el logo de “SiReM”, posteriormente se puede ver un pantalla en donde se observa en que semana de la rehabilitación se encuentra y en que día de la rehabilitación se está, para cambiar de día existe la posibilidad de presionar en la parte superior en cada uno de los 7 días de la semana, con ello se puede pasar y ver que día de la semana se quiere.

Flujo 2

En el flujo 2 que se ve en la Figura 99 se puede ver la funcionalidad especifica cuando se selecciona el botón “Examen”, en ella se puede ver la explicación general de todo el proceso previo a la realización y medición de los parámetros de los pacientes.

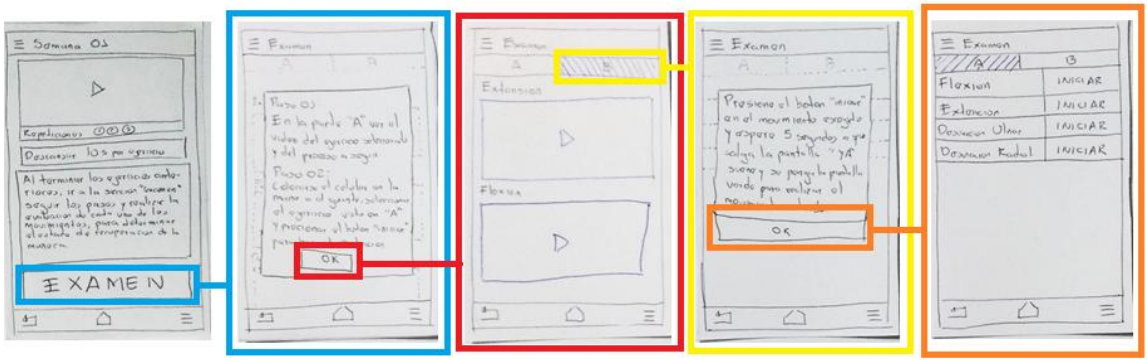


Figura 99 Flujo Examen [Elaboración Propia]

Para ingresar a la funcionalidad se debe presionar en el botón “EXAMEN” el cual redirige a las partes “A” y “B”, en las cuales en la parte “A”, aparece inicialmente un mensaje flotante donde se explica el contenido de “A”, que son los videos de cómo se deben realizar los movimiento para hacer la evaluación del paciente y en la parte “B”, de cómo es la secuencia de pantallas al iniciar la evaluación, el mensaje flotante se cierra cuando se presiona el botón de “OK”, al presionar el botón de “OK” se muestra la pantalla principal de “A”, en la cual están consignados los videos de los 4 movimientos diferentes de la muñeca, (Flexión, extensión, desviación ulnar y radial), para pasar a la parte “B” se presiona en la pestaña “B”, la cual muestra inicialmente un mensaje flotante con la explicación de los tiempos en los cuales se va a desarrollar las pantallas del movimiento escogido, para pasar a la pantalla principal de “B”, se debe presionar el botón de “OK”, en la pantalla principal de “B”, se

muestra una lista con los cuatro movimientos de la muñeca y un botón de “INICIAR”, para cada uno de estos movimientos.

Flujo 3

En el flujo 3 que se ve en la Figura 100 se puede ver la secuencia de pantallas que se generar a partir de presionar el botón “INICIAR”, esta secuencia de pantallas es igual para todos los botones de “INICIAR” de los 4 movimientos posibles, en ella se ven los avisos de “YA” y los ángulos obtenidos en el proceso.

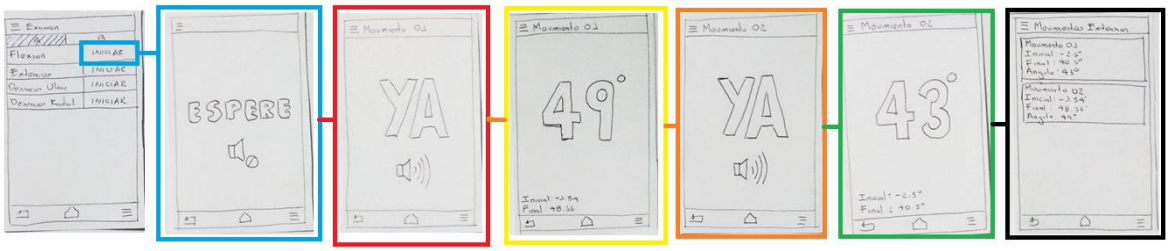


Figura 100 Flujo Realización de los Ejercicios [Elaboración Propia]

Este flujo comienza cuando se presiona el botón de “INCIAR”, a partir de allí aparecerán una serie de pantallas secuencialmente, espaciadas con un tiempo determinado, primero aparecerá la pantalla de “Espere” en la cual se le da al paciente un tiempo para que estabilice la mano de forma horizontal, 5 segundos después aparare cera la pantalla de “ya”, la cual significa que se debe comenzar a realizar el movimiento determinado, esta pantalla se colocara verde y habrá un sonido, 2 segundos después aparecería la pantalla con la información de los datos obtenidos por el sensor, (ángulo inicial, final y ángulo de movimiento), 5 segundos después aparecerá nuevamente la pantalla de “ya” para indicar que se debe realizar el segundo movimiento y a continuación dos segundos después aparecerá la pantalla con los datos obtenidos de los ángulos del segundo movimiento y finalmente 5 segundos después se mostrara una pantalla con el resumen de los datos obtenidos en los dos movimientos realizados del ejercicio escogido.

Flujo 4

En el flujo 4 que se ve en la Figura 101 puede observar todas las diferentes opciones del menú lateral desplegable, tanto de perfil como de las diferentes semanas y el historial de los datos de la aplicación.

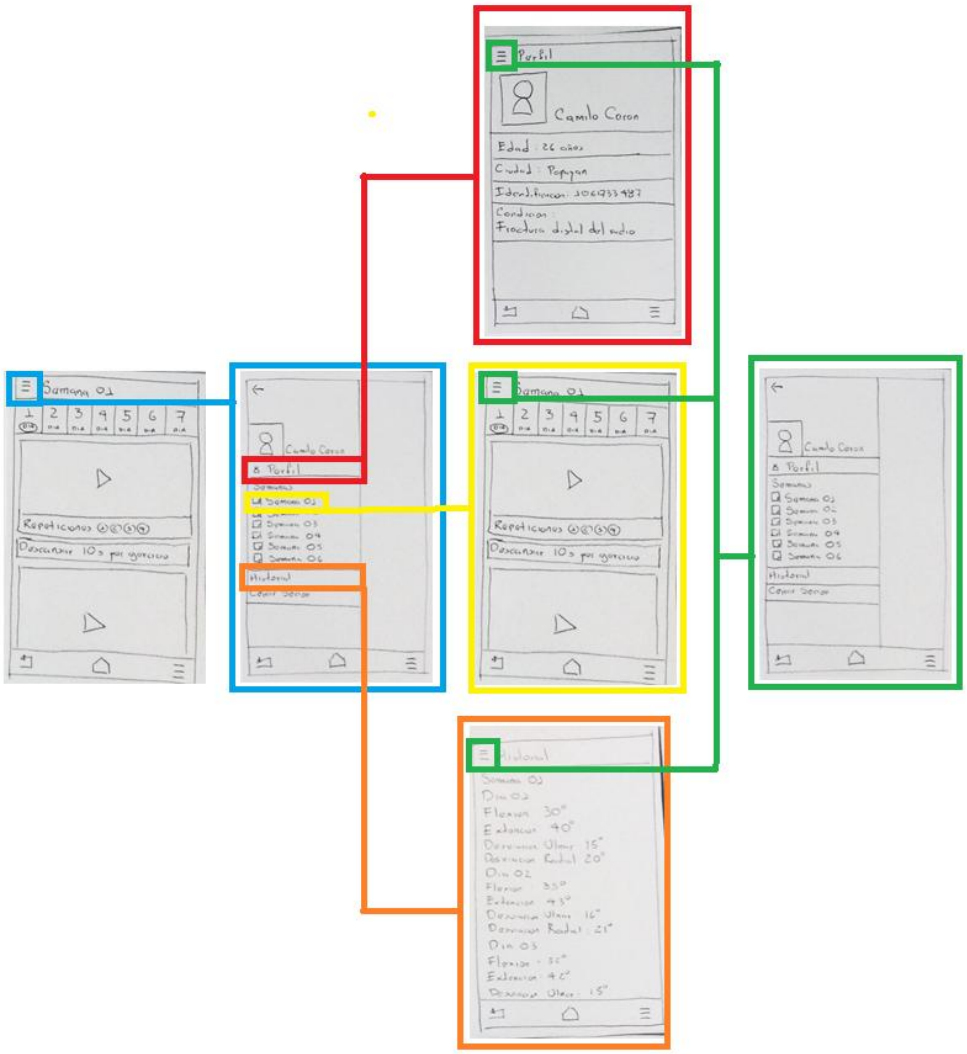


Figura 101 Flujo Opciones de Menú [Elaboración Propia]

Este flujo comienza al desplegar el menú lateral en la parte superior izquierda de la pantalla, en el aprese inicialmente una foto y nombre de la persona que ingreso cesión, debajo de ello aparece una lista con las diferentes opciones como perfil, en el cual se abrirá la pantalla con los datos relevantes del paciente (Nombre, Identificación; condición clínica), también aparece la opción de Semanas en las cuales el paciente puede dirigirse a la semana en la cual va su proceso de rehabilitación (Semana1, Semana 2,…), y también aparece la opción de Historial en el cual aparecerá la pantalla de historial donde se ve el resumen de todos los ejercicios por día de cada una de las semanas del proceso de rehabilitación.

IDENTIFICACION DE LO PROBLEMAS DETECTADOS EN LOS FUJOS DE LA APLICACIÓN

Flujo 1

En la Figura 102 se pueden ver de forma gráfica el lugar donde se detectó algún error o donde se realizó alguna sugerencia en el diseño de usabilidad del flujo 01, dichas sugerencias son plasmadas en la Tabla 40 para su mejor comprensión.

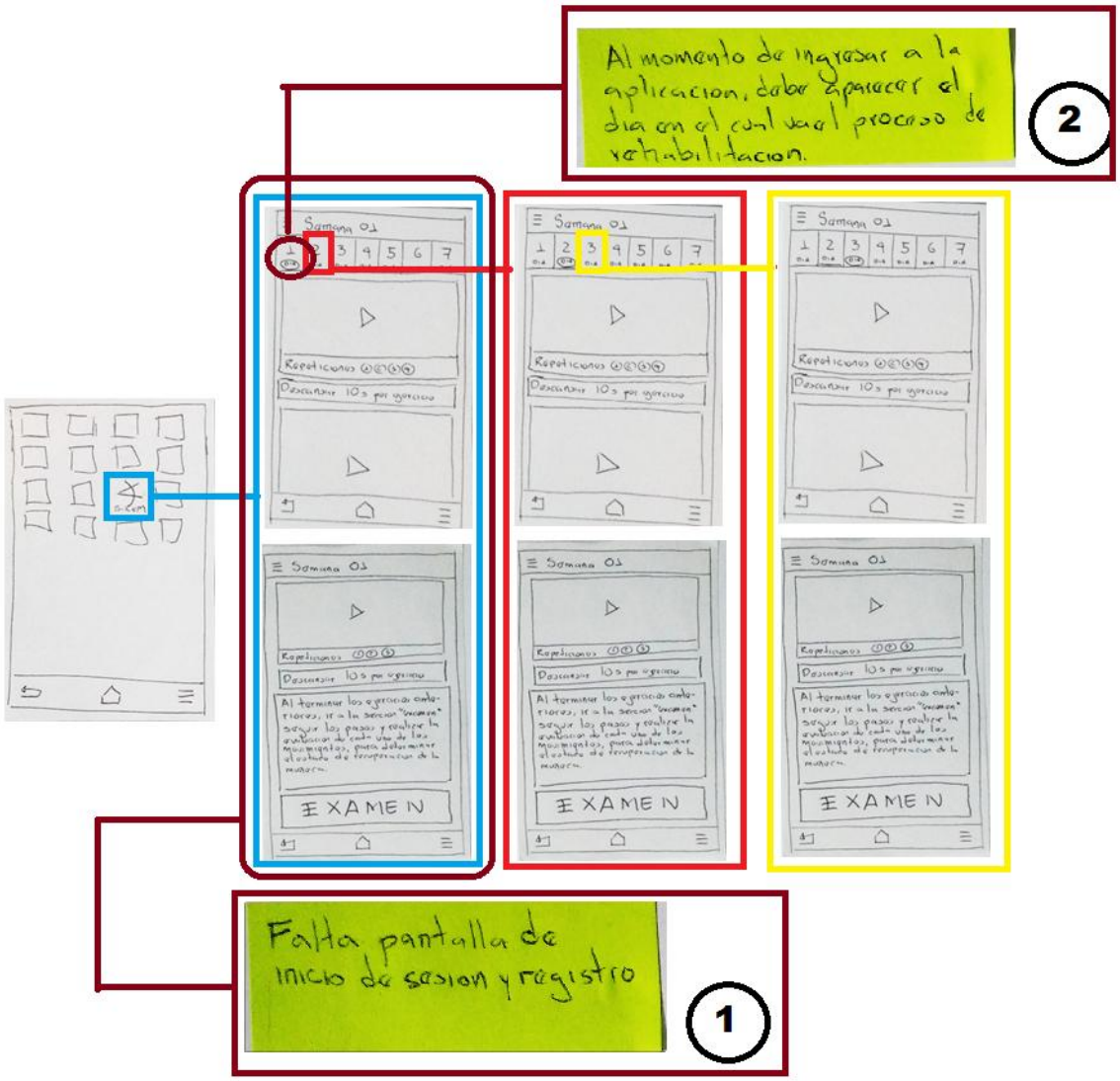


Figura 102 Flujo 1 – Sugerencias [Elaboración Propia]

Flujo 1	
No	**Sugerencia**
1	Falta Pantalla de inicio de Sesión y registro
2	Al momento de ingresar a la aplicación debe aparecer el día en el cual se encuentra el proceso de rehabilitación, y no los otros días.

Tabla 40 Sugerencias Flujo 1

Flujo 2

En la Figura 103 se pueden ver de forma gráfica el lugar donde se detectó algún error o donde se realizó alguna sugerencia en el diseño de usabilidad del flujo 02, dichas sugerencias son plasmadas en la Tabla 41 para su mejor comprensión.

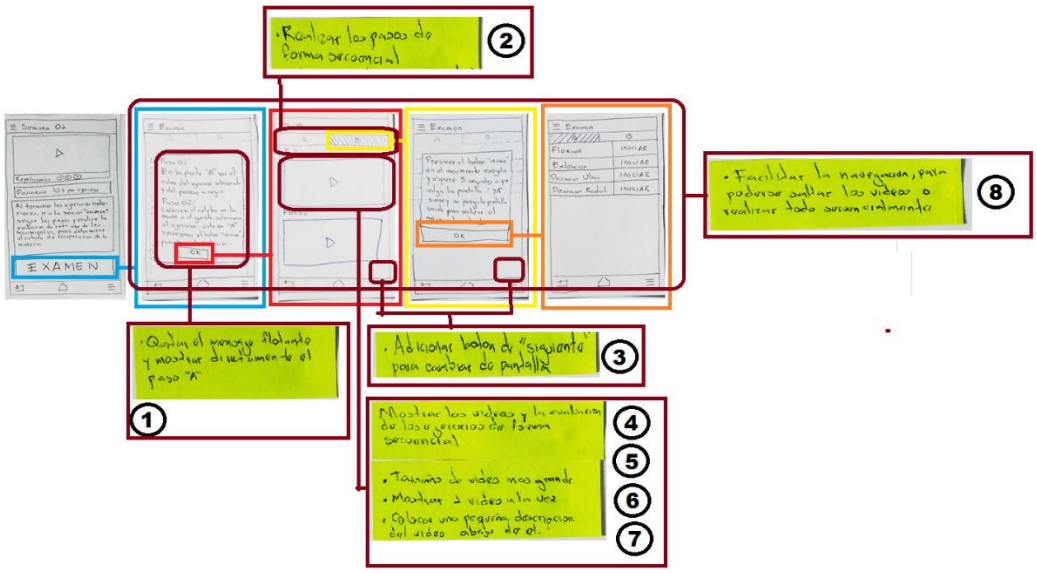


Figura 103 Flujo 2 – Sugerencias [Elaboración Propia]

Flujo 2	
No	**Sugerencia**
1	Quitar el mensaje flotante y mostrar directamente el paso “A”.
2	Realizar los pasos de forma secuencial.
3	Adicionar el botón “Siguiente” para cambiar entre pantallas.
4	Mostar los videos y la evaluación de los ejercicios de forma secuencia (Video-evaluación-video-evaluación).
5	Tamaño de los videos más grande.
6	Mostar 1 video a la vez.
7	Colocar una pequeña descripción del video debajo de él.
8	Facilitar la navegación, para poder saltar los videos o realizar todos secuencialmente.

Tabla 41 Sugerencias Flujo 2

Flujo 3

En la Figura 104 se pueden ver de forma gráfica el lugar donde se detectó algún error o donde se realizó alguna sugerencia en el diseño de usabilidad del flujo 03, dichas sugerencias son plasmadas en la Tabla 42 para su mejor comprensión.

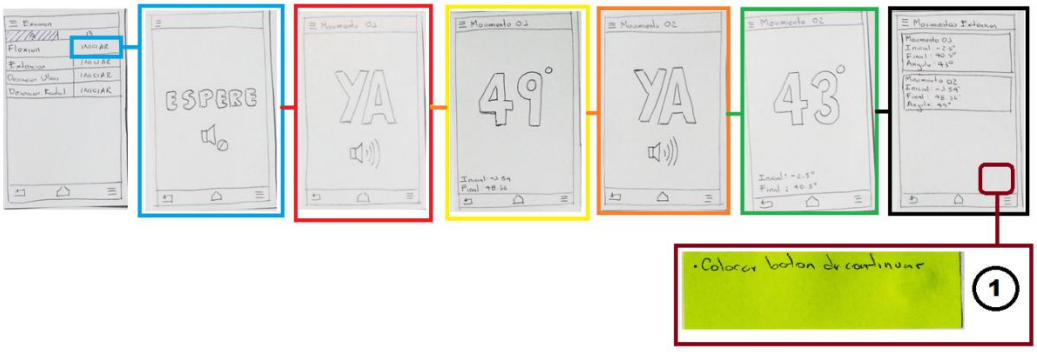


Figura 104 Flujo 3 – Sugerencias [Elaboración Propia]

Flujo 3	
No	**Sugerencia**
1	Colocar botón de Continuar

Tabla 42 Sugerencias Flujo 3

Flujo 4

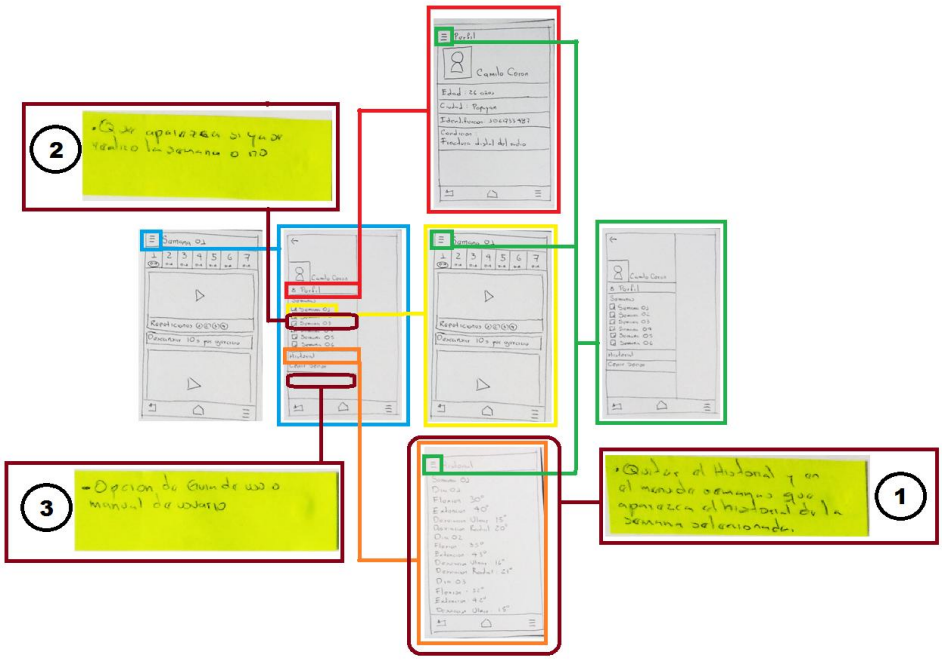


Figura 105 Flujo 4 – Sugerencias [Elaboración Propia]

En la Figura 105 se pueden ver de forma gráfica el lugar donde se detectó algún error o donde se realizó alguna sugerencia en el diseño de usabilidad del flujo 04, dichas sugerencias son plasmadas en la Tabla 43 para su mejor comprensión.

Flujo 4	
No	**Sugerencia**
1	Quitar el Historial y que en la sección semanas del menú aparezca el historial de la semana seleccionada.
2	Que aparezca si ya se realizó la semana o no.
3	Adicionar la opción de guía de uso o manual de usuario.

Tabla 43 Sugerencias Flujo 4

DISEÑO FINAL DE LAS PANTALLAS Y FLUJOS DE LA APLICACIÓN

A partir de las correcciones realizadas en la evaluación de usabilidad se realizaron los cambios pertinentes en las funcionalidades expresadas en los flujos de la aplicación a continuación se muestran y explican cada uno de los cambios realizados.

Pantalla 1

Figura 106 Inicio de Sesión [Elaboración Propia]

En la interfaz de la Figura 106 se ve el inicio de sesión de cada paciente el cual necesita solo para entrar la primera vez a la aplicación, previa autorización del profesional de la salud.

Pantalla 2,3

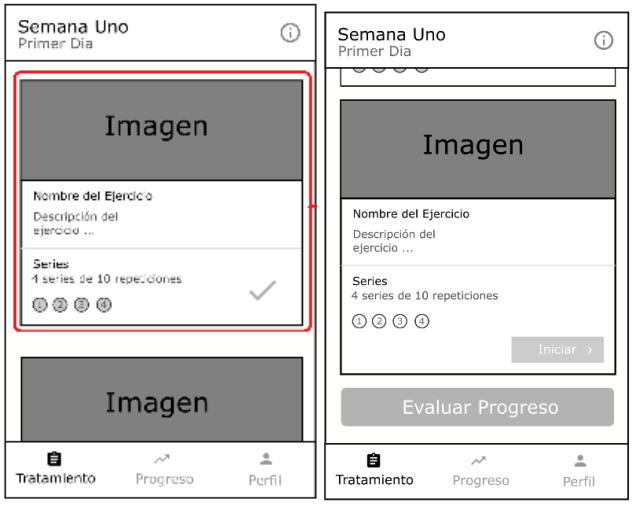


Figura 107 Día 1 de la Semana 1 [Elaboración Propia]

En la Figura 107 se muestran los cambios generados en el proceso de evaluación de usabilidad , en esta pantalla se describen los ejercicios a realizar durante un día y una semana en específico, ella se puede observar en el recuadro rojo un “témplate ” o plantilla en la cual se van a presentar todos los distintos ejercicios durante la aplicación , esta plantilla es igual para todos los ejercicios y en ella se ve una imagen en donde se colocara la imagen representativa de cada ejercicio, adicionalmente se muestra el nombre y la descripción del ejercicio y sus repeticiones , adicionalmente se muestran los iconos con las cantidad de repeticiones realizar y si se realizó o no el ejercicio con el icono de “visto”. En la parte final del día se mutra un botón de “Evaluar Progreso” este redireccióna a la interfaz con el mismo nombre en donde se inicia la valoración del Arco de Movilidad Articular.

Pantalla 4

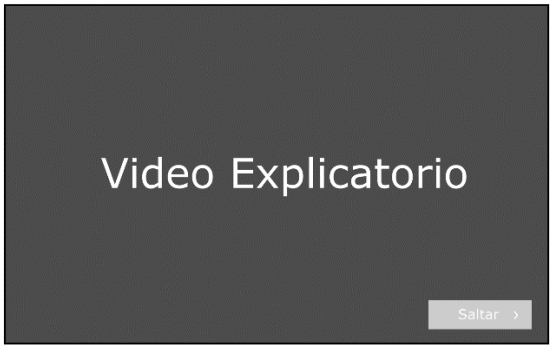


Figura 108 Interfaz del Video de Cada Ejercicio [Elaboración Propia]

La interfaz de la Figura 108 se muestrea cuando se presiona el botón de “Iniciar” que aparece en la Pantalla 3, en esta interfaz se ve un video mostrando los ejercicios que el paciente debe hacer, dependiendo de en qué día y semana se encuentre en su proceso de rehabilitación.

Pantalla 5,6

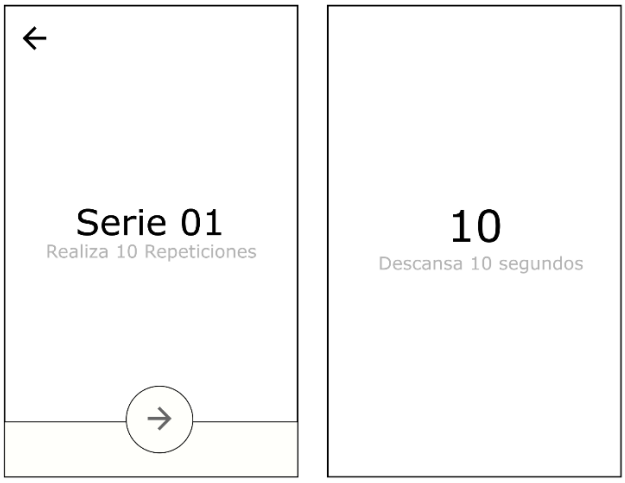


Figura 109 Conteo de Series y Tiempo de Descanso [Elaboración Propia]

Las interfaces de la Figura 109 aparecen cuando se presiona el botón de “saltar” de la pantalla 4, en estas interfaces se ve en qué serie de los ejercicios se encuentra el paciente y cuantas repeticiones debe hacer cada uno, además aparece un botón circular en forma de flecha el cual se debe presionar cuando se termine de realizar los ejercicios planteados y se quiera pasar a la siguiente serie, al presionar dicho botón aparece la interfaz del lado derecho en la cual es un contador regresivo de 10 segundos, que es el tiempo recomendado para descasar entre ejercido, cuando termina dicho conteo se continua en la siguiente serie, así sucesivamente hasta completar las series indicadas en cada ejercicios del plan de rehabilitación.

Pantalla 7

Figura 110 Evaluación de Progreso [Elaboración Propia]

La interfaz de la Figura 110 aparece cuando se presiona el botón de “Evaluar Progreso” de la pantalla 3, en esta interfaz se muestran los cuatro posibles movimiento de la muñeca en donde se pretende hacer una valoración del arco de movilidad articular, los movimientos son: flexión, extensión, desviación Ulnar y desviación radial, esta interfaz contiene dos botones de los cuales, el primero sirve para ver el video donde se muestra como hacer el proceso de valoración del arco de movilidad articular y el segundo el botón de iniciar donde se salta el video y se inicia directamente la realizar la valoración.

Pantalla 8

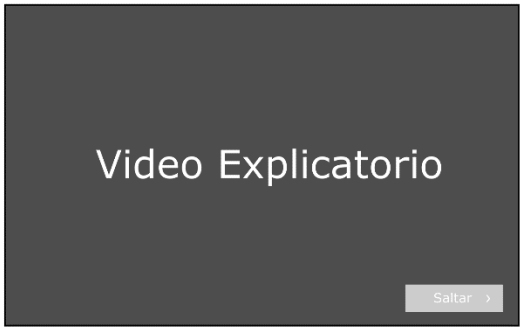


Figura 111 Interfaz de video de cada Evaluación de los 4 movimientos de la muñeca [Elaboración Propia]

La interfaz de la Figura 111 se muestra cuando se presiona el botón de “ver video” en la pantalla 7, en esta se ve como se realiza el proceso de valoración del arco de movilidad articular para cada uno de los cuatro movimientos de la muñeca, esta interfaz contiene un botón de “saltar” el cual ingresa a la valoración del AMA.

Pantalla 9, 10, 11, 12, 13

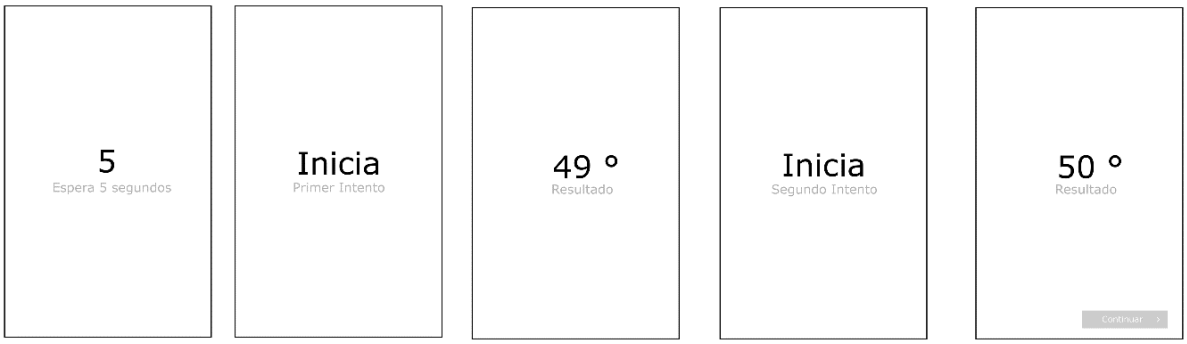


Figura 112 Momentos en el proceso de Evaluación de los 4 movimientos de la muñeca [Elaboración Propia]

Las interfaces de la Figura 112 se muestran cuando se presiona el botón de iniciar en la pantalla 7 o el botón de “saltar” de la pantalla 8, en estas interfaces se muestran 5 momentos en los cuales se realiza todo del proceso de valoración del AMA del paciente, el primer momento muestra un conteo regresivo de 5 segundos donde el paciente debe tener la mano en posición horizontal con el celular en la superficie de la mano, al terminar este conteo aparece el segundo momento en donde se ve una interfaz que tiene un texto de “INICIA” el cual indica que el paciente debe realizar el movimiento requerido ya sea de flexión, extensión o desviación ulnar o radial, esta interfaz desaparece dos segundos después de mostrase, lo vual da paso al tercer momento, en esta interfaz se ve el ángulo máximo que está haciendo el AMA, al terminar el movimiento la mano debe quedar en posición horizontal a la espera del cuarto momento, en el que aparece otra interfaz de “INICIA” la cual marca el inicio del segundo movimiento para realizar la medición del AMA y dos segundos después aparece el quinto momento donde se ve la medición del AMA máximo que está realizando la mano, al finalizar los cinco momentos aparece un botón de “saltar” el cual direcciona a la pantalla 7.

Pantalla 14

Figura 113 Progreso del Paciente [Elaboración Propia]

En la interfaz de la Figura 113 se muestra cuando se presiona el botón de “Progreso” que aparece en la parte inferior de la aplicación, en ella se ven los ángulos máximo por día de cada uno de los 4 movimientos de la muñeca, durante toda las semanas que dura el proceso de rehabilitación.

Pantalla 15

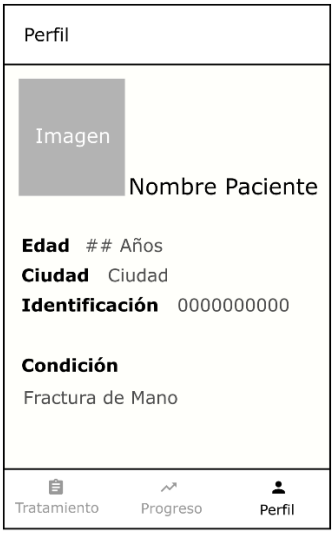


Figura 114 Perfil del Paciente [Elaboración Propia]

En la interfaz de la Figura 114 se muestra el perfil con los datos básicos de cada paciente esta interfaz aparece cundo se presiona le botón de “perfil” en la parte inferior de la aplicación.

Pantalla 16

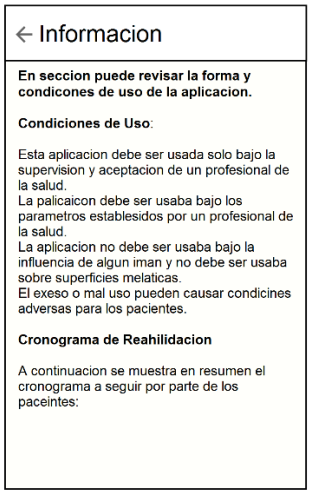


Figura 115 Información de Condiciones de Uso y de la Aplicación en general [Elaboración Propia]

En la Figura 115 se muestra la interfaz que aparece cuando se presiona el icono de información presente en la aplicación, en ella se pueden leer las condiciones de uso y la forma de uso de la aplicación.

Flujo 1

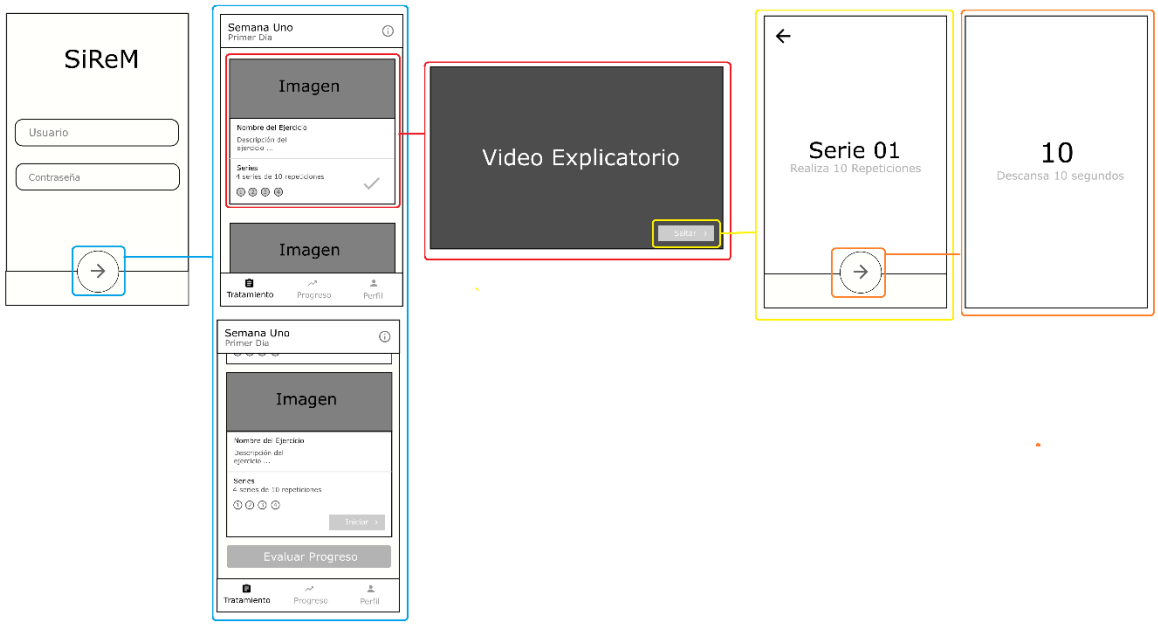


Figura 116 Ver y hacer cada Ejercicio de Rehabilitación [Elaboración Propia]

En la Figura 116 se muestra el flujo 1 en donde inicialmente aparece una primera pantalla de inicio de sesión, en el cual los pacientes ingresan a la aplicación y se carga el proceso de rehabilitación pertinente a dicho paciente en la semana en el cual se encuentra, “Semana Uno” al iniciar el proceso de rehabilitación y “Primer Día”, en esa pantalla se muestra una lista con una serie de imágenes las cuales representan los ejercicios que se deben realizar para ese día en particular, debajo de cada imagen se muestra El nombre del ejercicio a realizar, la descripción del mismo, y la cantidad de series y repeticiones que debe hacer. En las descripción de cada uno de los videos, aparece un botón de “Iniciar”, al presionar “Iniciar” pasa a una pantalla horizontal donde se muestra el video del ejercicio seleccionado, en la parte inferior de video aparece un botón de “Saltar”, este botón y el botón de “Iniciar” redireccionan a la misma pantalla, en ella aparece la serie en la cual se encuentra ej: “Serie Uno” y la cantidad de repeticiones que se debe hacer el ejerció ej: “Realiza 10 repeticiones”, cuando el paciente termine de hacer los ejercicios de esa serie le da en la flecha”->” que redirecciona a otra pantalla la cual le muestra un mensaje de “Descanse 10 segundos”(Tiempo recomendado para descansar), de esta manera sucesivamente hasta terminar todas las series.

Cuando se terminan todas las series aparece un símbolo de “Check” en la descripción de la imagen en la pantalla inicial.

Flujo 2 y 3

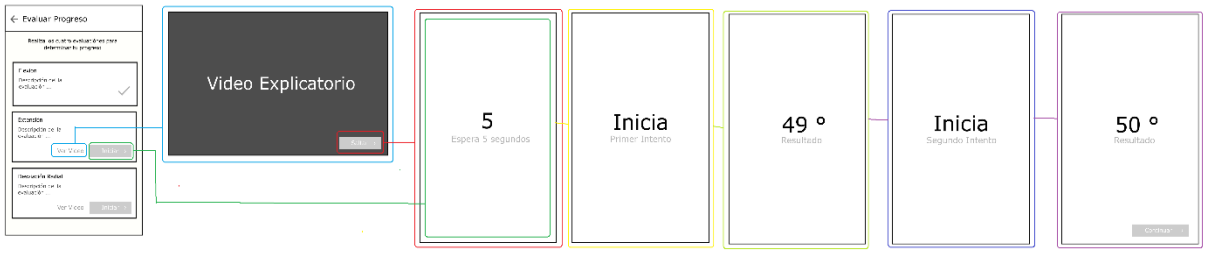


Figura 117 Ver y realizar evaluación diaria [Elaboración Propia]

En la Figura 117 se muestra el flujo 2 En donde inicialmente se ve la parte de “Evaluar Progreso” se muestra una lista con los cuatro ejercicios a evaluar los cuales son “Flexión”, “Extensión”, “Desviación Ulnar”, “Deviación Radial “y en el cual se realiza rl proceso de medición del AMA para cada movimiento.

Flujo 4

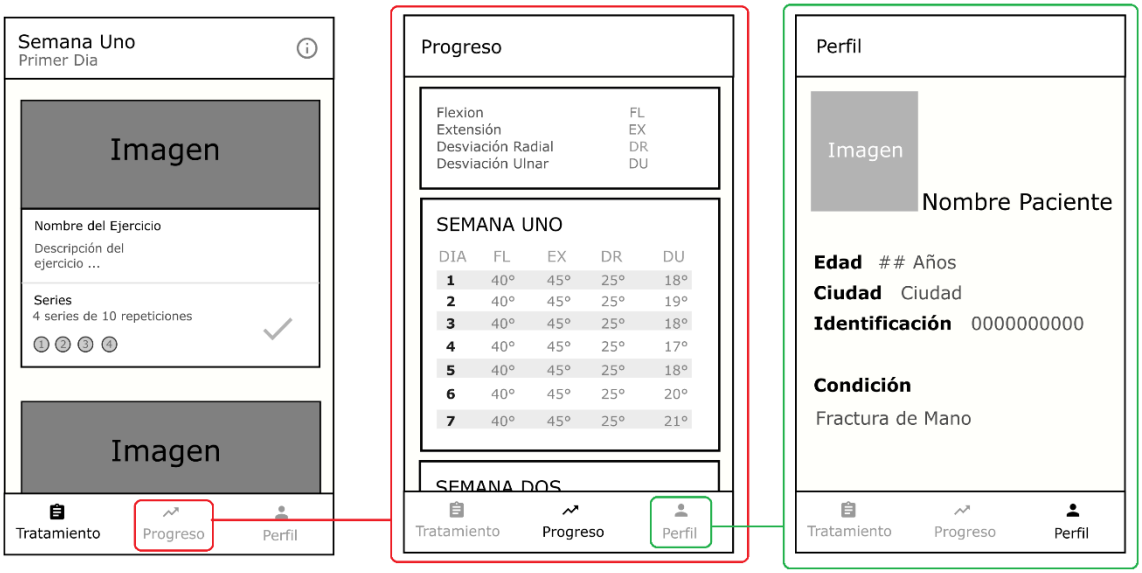


Figura 118 Navegación general de la aplicación [Elaboración Propia]

En el flujo 4 de la Figura 118 se muestra como es la navegación entre pantallas a partir de la integración de un “Botton Navigation”, similar a los botones de desplazamiento de la aplicación Instagram, en los cuales hay 3 botones el primero “Tratamiento” que muestra la sesión de rehabilitación concerniente a el día exacto en el cual el paciente se encuentra dentro de su proceso de rehabilitación, adicionalmente a ello está el botón de “Progreso ”, en el cual se muestra los resultados del progreso de las evaluaciones del arco de movilidad articular realizadas diariamente por el paciente, y finalmente en el botón de “Perfil”, se muestran las características generales del paciente como: nombre , edad y condición médica en la cual se encuentra.

ANEXO F
DIAGRAMAS DE CASOS DE USO EXTENDIDOS

A continuación se muestra los diagramas de casos de uso extendidos.

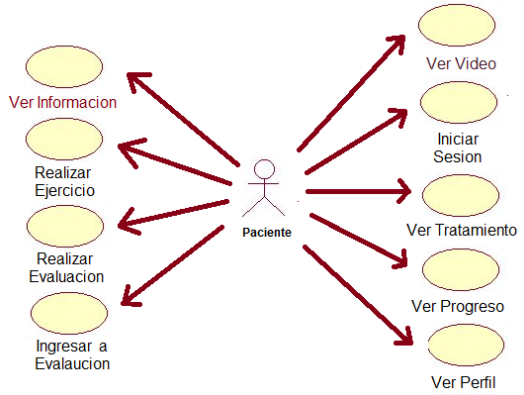


Figura 119 Diagrama de Casos de Uso [Elaboración Propia]

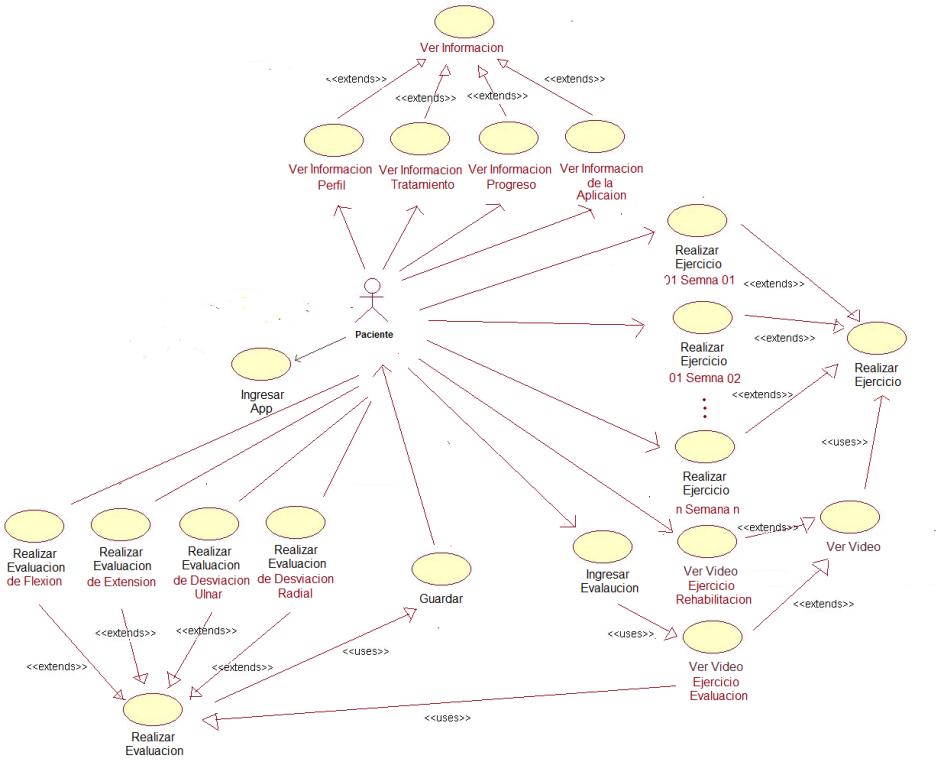
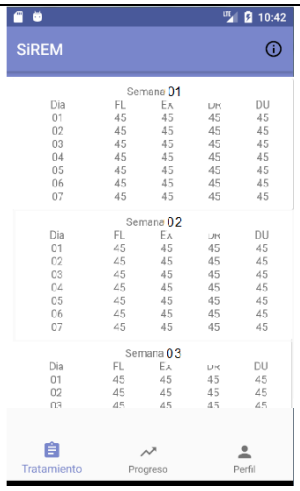


Figura 120 Diagrama de Cosos de uso Extendido [Elaboración Propia]

<table>
<tr><td>Nombre</td><td>Iniciar Sesión</td></tr>
<tr><td>Actor</td><td>Paciente</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td>Se inicia sesión cuando el paciente ingrese por primera vez al sistema.</td></tr>
<tr><td>Interfaz</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><th>Requisitos</th><th>Flujos</th></tr>
<tr><td>1. El paciente debe ingresar a la Aplicación</td><td>1. Ingresar el nombre del paciente
2. Ingresar la contraseña correcta
3. Verificar que los valores sean correctos
4. Presionar el icono en forma de flecha para ingresar a la aplicación</td></tr>
<tr><td colspan="2">Excepciones</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. Solo se debe iniciar sesión la primera vez que se ingresa a la aplicación.</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Tabla 44 Caso de Uso - Iniciar Sesión

Nombre	Ver Progreso
Actor	Paciente
Descripción	El paciente ver en la pantalla la evolución en el proceso de rehabilitación a través de los datos obtenidos en las evaluaciones diarias.
Interfaz	

Requisitos	Flujos
1. Iniciar Sesión	1. Presionar el botón de Progreso 2. Ver el Progreso de cada día de cada semana
Excepciones	
1. Solo se puede ver el progreso de los días y semanas que ya se han realizado los ejercicios planteados	

Tabla 45 Caso de Uso – Ver Progreso

Nombre	Ver Perfil
Actor	Paciente
Descripción	El paciente puede ver sus datos personales consignados en el perfil.
Interfaz	

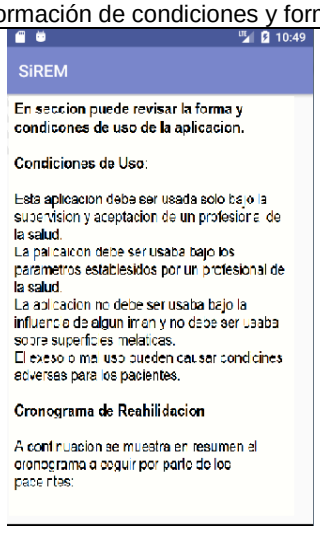
Requisitos	Flujos
1. Iniciar Sesión	1. Presionar el botón perfil 2. Ver perfil y datos personales del paciente
Excepciones	

Tabla 46 Caso de Uso – Ver Perfil

Nombre	Ver Video
Actor	Paciente
Descripción	Se ve un video con los ejercicios a realizar o la evaluación a realizar.

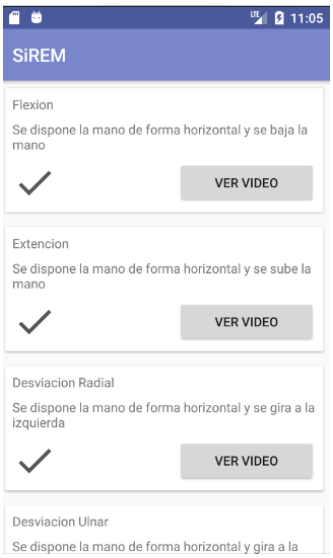
<table>
<tr><td>Interfaz</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Requisitos</td><td>Flujos</td></tr>
<tr><td>A. Ingresar a tratamiento
B. Ingresar a Evaluación Diaria</td><td>A1. Se ingresa a tratamiento
A2. Se escoge uno de los ejercicios planteados en el tratamiento.
A3. Se presiona el botón ver video
A4. Se ve el video respectivo de cada ejercicio.
B1.Se Ingresa a Evaluación diaria
B2. Se escoge el movimiento a evaluar
B3. Se Presiona el botón Ver video.
B4. Se ve el video respectivo de la evaluación del movimiento respectivo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Excepciones</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. No se puede ver la información cuando se encuentra por fuera de las interfaces principales de Tratamiento, Perfil y Progreso.</td></tr>
</table>

Tabla 47 Caso de Uso – Ver Video

Nombre	Ver información
Actor	Paciente
Descripción	Se muestra en pantalla la información de condiciones y formas de uso de la aplicación.
Interfaz	

Requisitos	Flujos
1. Iniciar Sesión	1. Ingresar a Perfil, o Tratamiento o Progreso. 2. Se presiona el botón en la parte superior derecha de la interfaz que tiene icono de “i”. 3. Se ve la información consignada en la interfaz.
Excepciones	

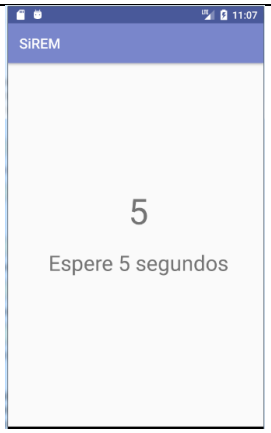
Tabla 48 Caso de Uso – Ver Información

Nombre	Ingresar a Evaluación
Actor	Paciente
Descripción	Se ingresa a la sección de la aplicación donde se va a realizar la evaluación diaria del AMA.
Interfaz	

Requisitos	Flujos
1. Ingresar a Tratamiento	1. Ingresar a tratamiento en la parte baja de la lista. 2. Presionar el botón “Evaluación Diaria” 3. Ver movimientos a evaluar
Excepciones	

Tabla 49 Caso de Uso – Ingresar a Evaluación

Nombre	Realizar Evaluación
Actor	Paciente
Descripción	Se inicia el proceso de valoración del AMA, en el que se determina el AMA dependiendo de qué movimiento se haya escogido.

Interfaz	

Requisitos	Flujos
1. Ingresar a evaluación 2. Escoge Movimiento a Evaluar	1. Escoger Movimiento a Evaluar. 2. Ver Video del movimiento a evaluar. 3. Ponerse el celular en la mano. 4. Dar click en el botón siguiente. 5. Esperar 5 segundos con la mano en posición horizontal. 6. Realizar el movimiento cuando aparezca la interfaz de Inicia. 7. Esperar con la mano en posición horizontal hasta que aparezca la interfaz de inicia de nuevo. 8. Realizar por segunda vez el movimiento. 9. Presionar el botón de siguiente.
Excepciones	

Tabla 50 Caso de Uso – Realizar Evaluación

Nombre	Realizar Ejercicio
Actor	Paciente
Descripción	Se inicia el proceso en el cual el paciente realiza individualmente los ejercicios planteados en el tratamiento.
Interfaz	

Requisitos	Flujos
1. Ingresar a tratamiento 2. Escoger Ejercicio	1. Escoger ejercicio del tratamiento. 2. Ver video del ejercicio a realizar 3. Realizar la primera serie de ejercicios planteados. 4. Presionar en el botín en forma de flecha 5. Esperar 10 segundos para descansar 6. Realizar la siguiente serie de ejercicios y Descansar según la cantidad de series planteadas en el tratamiento. 7. Presionar el botón continuar y regresar a la lista de tratamiento.
Excepciones	
1. Solo se realizaran las series indicadas en el tratamiento que varían de 2 a 5.	

Tabla 51 Caso de Uso – Realizar Ejercicio

DIAGRAMAS DE FLUJO

A continuación se muestran los diagramas de flujo del sistema:

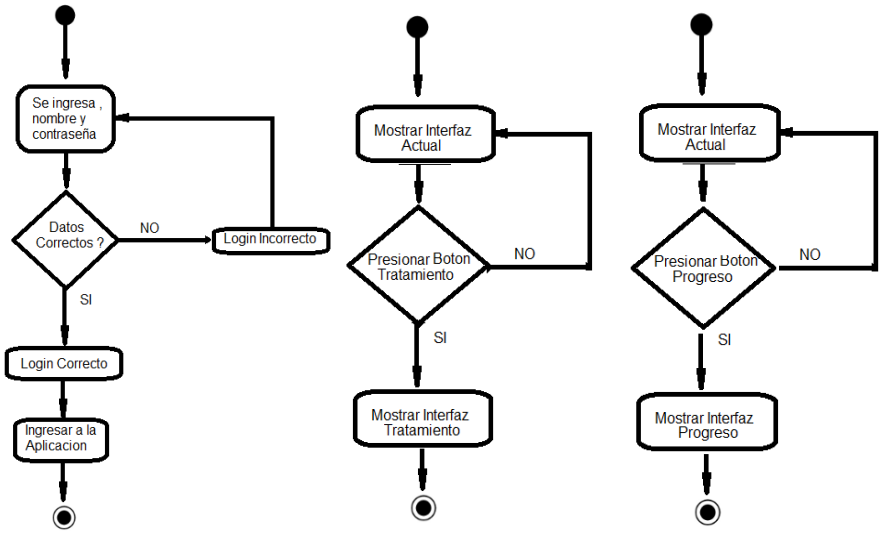


Figura 121 Diagrama de flujo Iniciar Sesión, Ver Tratamiento, Ver Progreso [Elaboración Propia]

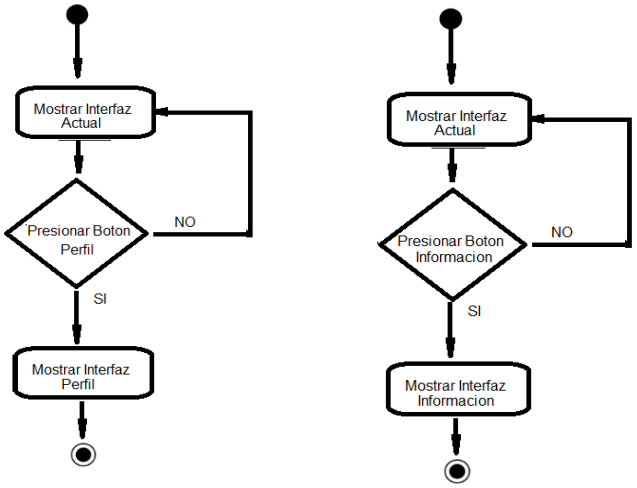


Figura 122 Diagrama de flujo ver Perfil, Ver Información [Elaboración Propia]

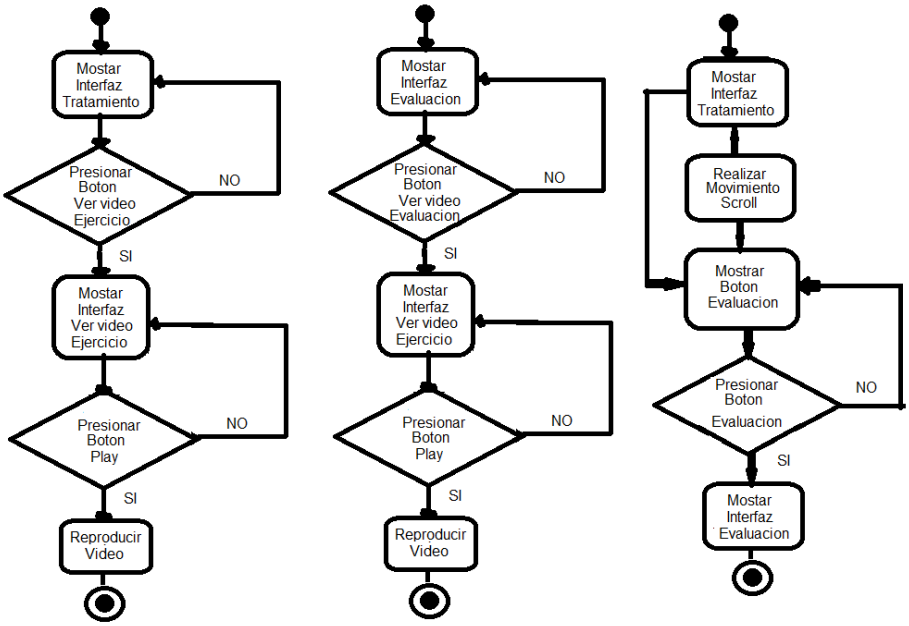


Figura 123 Diagrama de flujo Ver Video Ejercicio, Ver Video Evaluación, Ingresar a Evaluación [Elaboración Propia]

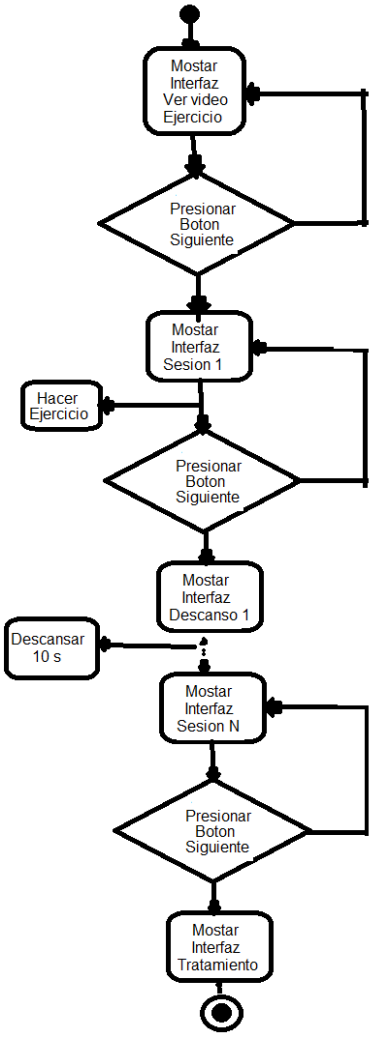


Figura 124 Diagrama de flujo realizar Ejercicio [Elaboración Propia]

ANEXO G
PRUEBAS DE PRECISIÓN DEL SENSOR

Figura 125 Desviación Ulnar Pirámide [Elaboración Propia]

Figura 126 Desviación Ulnar Escuadra [Elaboración Propia]

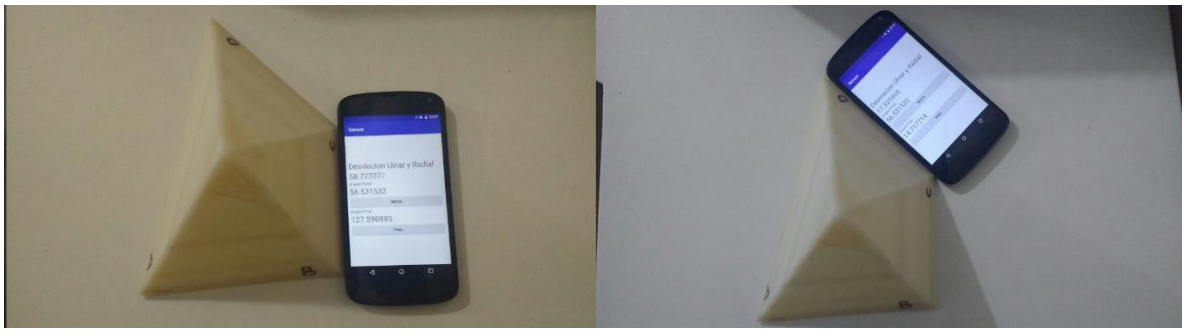


Figura 127 Desviación Radial Pirámide [Elaboración Propia]

Figura 128 Desviación Radial escuadra [Elaboración Propia]

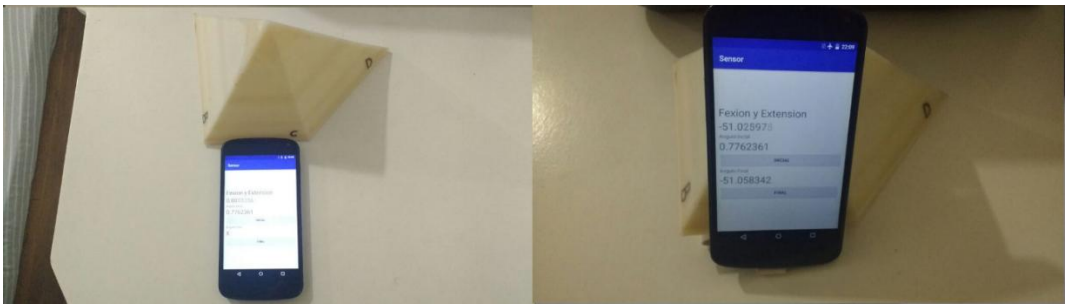


Figura 129 Flexión y Extensión Pirámide [Elaboración Propia]

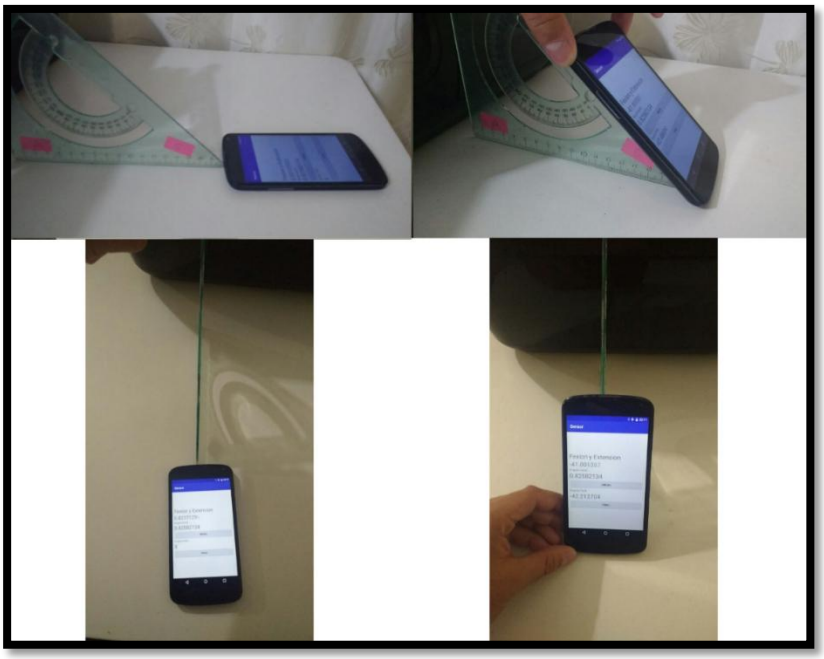


Figura 130 Flexión y Extensión Escuadra [Elaboración Propia]

PIRAMIDE IRREGULAR												
Desviacion Ulnar												
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde derecho del celular												
Angulo	BAD			CBA			DCB			ADC		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero												
1	106,47	214,54	108,07	140,22	227,35	87,13	153,37	200,57	47,2	125,88	247,55	121,67
2	106,47	215,01	108,54	140,59	227,31	86,72	153,82	200,76	46,94	125,48	247,31	121,83
3	106,77	215,62	108,85	141,26	228,43	87,17	153,88	200,58	46,7	125,54	246,97	121,43
4	106,69	214,62	107,93	141,92	229,14	87,22	153,85	200,76	46,91	125,28	247,04	121,76
5	107,11	216,84	109,73	141,68	229,22	87,54	153,86	200,9	47,04	125,26	246,43	121,17
6	106,87	215,6	108,73	142,9	229,82	86,92	153,74	201,09	47,35	125	246,28	121,28
7	107,76	213,92	106,16	142,72	229,75	87,03	153,87	200,98	47,11	125,06	246,42	121,36
8	103,2	212,55	109,35	142,69	229,57	86,88	153,84	200,76	46,92	124,61	246,73	122,12
9	101,29	211,29	110	142,22	228,99	86,77	153,92	200,97	47,05	125,59	246,14	120,55
10	103,15	211,71	108,56	142,34	229,51	87,17	153,96	200,76	46,8	125,01	246,51	121,5
11	103,49	212,08	108,59	142	228,89	86,89	154,09	201	46,91	125,16	246,84	121,68
12	103,2	212,51	109,31	141,8	228,63	86,83	153,96	200,88	46,92	124,85	245,95	121,1
13	102,55	210,77	108,22	142,21	229,35	87,14	153,97	201,51	47,54	125,96	246,58	120,62
14	100,75	209,05	108,3	142,04	229,85	87,81	153,88	200,75	46,87	125,79	247,11	121,32
15	101,32	210,39	109,07	141,77	228,47	86,7	154,05	201,1	47,05	124,91	246,48	121,57
16	101,49	210,14	108,65	142,06	229,41	87,35	154,26	202,87	48,61	125,94	247,57	121,63
17	101,58	210,03	108,45	142,46	230,13	87,67	154,33	201,55	47,22	126,95	248,82	121,87
18	101,42	209,8	108,38	142,74	230,34	87,6	153,74	200,66	46,92	125,15	245,98	120,83
19	101,41	209,81	108,4	142,14	229,46	87,32	153,97	201,13	47,16	124,82	245,87	121,05
20	101,29	209,56	108,27	142,62	230,16	87,54	153,91	201,29	47,38	124,47	245,14	120,67
21	101,14	209,47	108,33	142,39	229,37	86,98	153,98	200,95	46,97	125,09	245,87	120,78
	Promedio		**108,566**	Promedio		**87,161**	Promedio		**47,1224**	Promedio		**121,323**
	Real		108	Real		87	Real		47	Real		121
	° Error		0,56619	° Error		0,16095	° Error		0,12238	° Error		0,32333
	180° - α			180° - β			180° - γ			180° - δ		
	1			2			3			4		

Tabla 52 Pruebas desviación Ulnar pirámide

PIRAMIDE IRREGULAR												
Desviacion Radial												
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde izquierdo del celular												
Angulo	BAD			CBA			DCB			ADC		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero												
1	186,25	77,54	108,71	179,51	92,45	87,06	181,26	134,74	46,52	192,75	71,81	120,94
2	185,47	76,24	109,23	178,91	91,8	87,11	183,21	137,09	46,12	193,56	71,32	122,24
3	184,98	76,29	108,69	176,97	90,2	86,77	183,6	137,44	46,16	192,07	70,48	121,59
4	185,18	76,5	108,68	178,24	91,53	86,71	183,71	137,52	46,19	192,14	70,98	121,16
5	184,75	77,07	107,68	178,99	91,98	87,01	183,64	137,47	46,17	193,23	71,27	121,96
6	184,86	76,2	108,66	178,88	92,33	86,55	183,71	137,29	46,42	192,81	71,43	121,38
7	184,54	76,65	107,89	178,83	92,17	86,66	183,6	137,36	46,24	193,49	71,58	121,91
8	184,57	76,24	108,33	178,86	92,01	86,85	183,73	137,59	46,14	192,64	70,8	121,84
9	184,35	75,94	108,41	179,3	92,58	86,72	183,72	137,52	46,2	192,57	71,02	121,55
10	184	76,04	107,96	179,92	92,5	87,42	183,71	137,2	46,51	192,29	70,82	121,47
11	184,94	76,91	108,03	179,94	92,54	87,4	183,47	136,85	46,62	190,79	69,79	121
12	183,28	76,28	107	178,88	92,22	86,66	183,42	137,36	46,06	192,04	70,89	121,15
13	186,88	78,41	108,47	178,52	92,03	86,49	183,67	137,44	46,23	192,69	70,99	121,7
14	184,62	76,52	108,1	178,9	92,55	86,35	183,6	137,31	46,29	192,19	70,7	121,49
15	184,58	76,31	108,27	179,03	92,35	86,68	183,51	136,91	46,6	192,1	70,41	121,69
16	185,08	76,56	108,52	179,07	92,33	86,74	183,34	137,16	46,18	192,36	70,55	121,81
17	185,15	77,13	108,02	178,64	91,51	87,13	183,37	137,29	46,08	192,16	70,74	121,42
18	185,77	77,18	108,59	178,97	92,16	86,81	183,73	137,58	46,15	193,98	71,66	122,32
19	185,17	77,21	107,96	179,32	92,53	86,79	183,52	137,08	46,44	192,88	71,25	121,63
20	186,59	78,11	108,48	178,89	92,28	86,61	183,38	137,12	46,26	193,08	70,61	122,47
21	183,59	75,66	107,93	179,09	92,44	86,65	184,4	137,83	46,57	192,67	71,31	121,36
	Promedio		**108,267**	Promedio		**86,8176**	Promedio		**46,2929**	Promedio		**121,623**
	Real		108	Real		87	Real		47	Real		121
	° Error		0,26714	° Error		0,18238	° Error		0,70714	° Error		0,62286
	180° - α			180° - β			180° - γ			180° - δ		
	5			6			7			8		

Tabla 53 Pruebas desviación Radial pirámide 9,3 cm

PIRAMIDE IRREGULAR												
Flexion y extension												
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal para el angulo INICIAL y en posicion vertical para el angulo FINAL												
Angulo	AB			BC			CD			DA		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero												
1	0,22	-55,89	56,11	0,45	-58,22	58,67	0,4	-55,57	55,97	0,4	-63,46	63,86
2	0,27	-56,14	56,41	0,47	-58,02	58,49	0,44	-55,63	56,07	0,35	-63,65	64
3	0,28	-56,01	56,29	0,46	-57,5	57,96	0,41	-55,96	56,37	0,33	-62,11	62,44
4	0,3	-55,5	55,8	0,47	-57,97	58,44	0,43	-55,92	56,35	0,33	-63,71	64,04
5	0,29	-55,97	56,26	0,46	-57,96	58,42	0,47	-55,72	56,19	0,36	-63,65	64,01
6	0,27	-55,71	55,98	0,47	-57,74	58,21	0,43	-55,23	55,66	0,33	-63,39	63,72
7	0,33	-55,57	55,9	0,47	-58,02	58,49	0,43	-55,73	56,16	0,35	-63,36	63,71
8	0,23	-55,85	56,08	0,44	-58,18	58,62	0,43	-55,16	55,59	0,43	-63,26	63,69
9	0,29	-55,39	55,68	0,47	-58,01	58,48	0,41	-55,96	56,37	0,46	-63,33	63,79
10	0,47	-55,58	56,05	0,46	-57,5	57,96	0,39	-55,9	56,29	0,42	-63,59	64,01
11	0,45	-55,61	56,06	0,46	-58,01	58,47	0,25	-55,72	55,97	0,47	-63,31	63,78
12	0,47	-55,36	55,83	0,41	-58,35	58,76	0,36	-55,83	56,19	0,41	-63,17	63,58
13	0,47	-55,25	55,72	0,38	-58	58,38	0,39	-56,43	56,82	0,43	-62,97	63,4
14	0,41	-55,58	55,99	0,44	-57,98	58,42	0,35	-56,38	56,73	0,47	-63,46	63,93
15	0,39	-55,83	56,22	0,43	-58,04	58,47	0,42	-56,37	56,79	0,41	-63,23	63,64
16	0,43	-55,77	56,2	0,42	-58,3	58,72	0,39	-56,16	56,55	0,41	-63,18	63,59
17	0,36	-55,96	56,32	0,42	-58,33	58,75	0,41	-56,21	56,62	0,39	-63,28	63,67
18	0,46	-54,69	55,15	0,45	-58,05	58,5	0,42	-55,79	56,21	0,44	-62,89	63,33
19	0,46	-55,51	55,97	0,44	-57,69	58,13	0,39	-56,07	56,46	0,37	-63,27	63,64
20	0,48	-55,77	56,25	0,42	-58,25	58,67	0,38	-55,76	56,14	0,36	-63,09	63,45
21	0,48	-55,73	56,21	0,44	-57,85	58,29	0,39	-56,32	56,71	0,39	-63,19	63,58
	Promedio		**56,0229**	Promedio		**58,4429**	Promedio		**56,2957**	Promedio		**63,66**
	Real		56	Real		58	Real		56	Real		63
	° Error		0,02286	° Error		0,44286	° Error		0,29571	° Error		0,66
	ε			z			η			θ		
	9			10			11			12		

Tabla 54 Pruebas flexión y extensión pirámide

ESCUADRA DE 45°									
Desviacion Ulnar									
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde derecho del celular									
Angulo	BAC			CBA			ACB		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero									
1	57,89	147,46	89,57	60,97	195,19	134,22	61,26	196,7	135,44
2	60,89	149,7	88,81	60,03	194,47	134,44	60,8	195,59	134,79
3	58,67	147,86	89,19	60,14	194,88	134,74	60,9	195,86	134,96
4	58,09	147,78	89,69	61,15	195,42	134,27	60,5	195,91	135,41
5	60,37	149,35	88,98	60,61	195,34	134,73	59,91	195,21	135,3
6	58,46	148,01	89,55	60,24	194,75	134,51	60,95	195,26	134,31
7	58,85	147,95	89,1	60,03	194,55	134,52	60,32	195,55	135,23
8	58,77	148,14	89,37	60,23	194,83	134,6	60,76	195,89	135,13
9	59,13	148,12	88,99	60,83	195,08	134,25	60,56	195,33	134,77
10	58,69	148,85	90,16	60,48	194,85	134,37	60,08	195,01	134,93
11	58,92	148,35	89,43	60,42	194,37	133,95	60,47	195,9	135,43
12	59,08	150,48	91,4	59,68	194,72	135,04	60,79	195,97	135,18
13	59,23	150,34	91,11	59,86	194,5	134,64	60,22	195,88	135,66
14	59,02	148,31	89,29	59,87	194,63	134,76	60,59	195,55	134,96
15	58,4	147,91	89,51	59,9	194,67	134,77	60,56	195,21	134,65
16	58,59	148,18	89,59	59,58	194,72	135,14	60,42	195,61	135,19
17	58,82	148,49	89,67	59,94	194,61	134,67	60,78	195,51	134,73
18	58,43	148,06	89,63	59,04	194	134,96	61,17	196,56	135,39
19	58,62	148,12	89,5	60,2	195,12	134,92	60,58	195,98	135,4
20	58,32	147,74	89,42	59,7	194,09	134,39	60,01	195,19	135,18
21	58,56	148,32	89,76	59,76	193,96	134,2	60,75	195,61	134,86
	Promedio		**89,6057**	Promedio		**134,576**	Promedio		**135,09**
	Real		90	Real		135	Real		135
	° Error		0,39429	° Error		0,42429	° Error		0,09048
	180° - α			180° - β			180° - γ		
	13			14			15		

Tabla 55 Pruebas desviación Ulnar escuadra

ESCUADRA DE 45°									
Desviacion Radial									
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal con el borde iquierdo del celular									
Angulo	BAC			CBA			ACB		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero									
1	85,22	355,29	89,93	72,32	298,32	134	99,34	325,64	133,7
2	85,03	355,62	89,41	71,84	297,99	133,85	99,6	325,95	133,65
3	86,88	357,29	89,59	72,56	298,53	134,03	99,28	325,04	134,24
4	85,26	355,34	89,92	72,02	297,44	134,58	99,01	324,78	134,23
5	83,32	354,48	88,84	72,76	300,04	132,72	100,24	326,09	134,15
6	84,52	355,27	89,25	74,55	299,86	134,69	100,3	326,35	133,95
7	84,45	355,22	89,23	73	298,75	134,25	100,15	325,51	134,64
8	84,37	355,87	88,5	72,33	298,44	133,89	100,32	325,67	134,65
9	85,27	356,12	89,15	72,38	297,44	134,94	99,36	325,09	134,27
10	86,37	356,99	89,38	71,92	297,12	134,8	99,45	325,11	134,34
11	86,35	356,72	89,63	71,82	297,38	134,44	99,96	325,44	134,52
12	87,11	357,58	89,53	72,18	298,46	133,72	99,25	325,09	134,16
13	87,83	357,82	90,01	72,25	297,16	135,09	99,23	325,59	133,64
14	86,75	356,53	90,22	72,2	298,01	134,19	100,11	326,41	133,7
15	86,64	356,93	89,71	72,35	298,72	133,63	100,03	325,77	134,26
16	87,7	357,91	89,79	72,54	298,11	134,43	100,56	325,96	134,6
17	87,61	357,64	89,97	72,09	296,69	135,4	101,15	326,25	134,9
18	86,89	356,98	89,91	72,05	297,03	135,02	99,43	325,08	134,35
19	87,85	358,75	89,1	72,23	298,91	133,32	97,8	323,66	134,14
20	88,05	358,79	89,26	72,49	298,24	134,25	99,71	325,36	134,35
21	88,4	359,36	89,04	72,07	297,69	134,38	100,45	325,85	134,6
	Promedio		**89,4938**	Promedio		**134,268**	Promedio		**134,24**
	Real		90	Real		135	Real		135
	° Error		0,50619	° Error		0,73238	° Error		0,76
	180° - α			180° - β			180° - γ		
	16			17			18		

Tabla 56 Pruebas desviación radial escuadra

ESCUADRA DE 45°									
Flexion y extension									
Las medidas tomadas se realizan con el celular en posicion Horizontal para el angulo INICIAL y en posicion vertical para el angulo FINAL, con la escuadra en posicion perpendicular al suelo									
Angulo	BAC			CBA			ACB		
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL	INICIAL	FINAL	REAL
Numero									
1	0,07	-89,18	89,25	0,07	-44,5	44,57	0,1	-44,48	44,58
2	0,11	-88,48	88,59	0,11	-44,8	44,91	0	-44,55	44,55
3	0,19	-88,79	88,98	0,25	-44,45	44,7	0,12	-44,41	44,53
4	0,12	-88,74	88,86	0,28	-44,28	44,56	0,1	-44,26	44,36
5	0,06	-89,03	89,09	0,22	-44,77	44,99	0,12	-44,79	44,91
6	0,05	-88,72	88,77	0,11	-44,24	44,35	0,11	-43,92	44,03
7	0,13	-88,8	88,93	0,16	-44,62	44,78	0,12	-44,42	44,54
8	0,28	-89,17	89,45	0,26	-44,56	44,82	0,1	-44,32	44,42
9	0,22	-88,83	89,05	0,13	-44,41	44,54	0,16	-44,57	44,73
10	0,17	-88,37	88,54	0,08	-44,32	44,4	0,12	-44,1	44,22
11	0,35	-89,35	89,7	0,5	-44,35	44,85	0,31	-44,41	44,72
12	0,3	-88,59	88,89	0,6	-44,35	44,95	0,12	-44,41	44,53
13	0,16	-88,6	88,76	0,1	-44,77	44,87	0,18	-44,55	44,73
14	0,43	-87,88	88,31	0,07	-44,75	44,82	0,33	-44,4	44,73
15	0,19	-88,97	89,16	0,1	-44,5	44,6	0,2	-44,37	44,57
16	0,2	-88,44	88,64	0,12	-44,51	44,63	0,26	-44,03	44,29
17	0	-88,9	88,9	0,09	-44,42	44,51	0,19	-44,52	44,71
18	0,09	-88,84	88,93	0,12	-43,75	43,87	0,49	-44,35	44,84
19	0,09	-88,1	88,19	0,12	-44,19	44,31	0,33	-44,22	44,55
20	0,37	-88,98	89,35	0,1	-44,39	44,49	0,07	-44,4	44,47
21	0,1	-87,92	88,02	0,11	-44,49	44,6	0,23	-44,24	44,47
	Promedio		**88,8743**	Promedio		**44,6248**	Promedio		**44,5467**
	Real		90	Real		45	Real		45
	° Error		1,12571	° Error		0,37524	° Error		0,45333
	α			β			γ		
	19			20			21		

Tabla 57 Pruebas flexión y extensión escuadra

ANEXO H

GONIÓMETRO UNIVERSAL VS APLICACIÓN MÓVIL

EVALUADOR 01											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	4,66	43,95	39,3	30	9,29	1	4,43	-25,3	29,8	34	4,23
2	3,5	50,43	46,9	32	14,93	2	4,94	-28,1	33,1	36	2,94
3	7,94	45,77	37,8	32	5,83	3	6,64	-27,6	34,3	34	0,27
4	10,94	61,08	50,1	42	8,14	4	7,22	-37,1	44,3	38	6,29
5	7,99	56,08	48,1	41	7,09	5	4,98	-46	51	48	3,02
6	3,63	43,72	40,1	36	4,09	6	4,61	-34,5	39,2	36	3,15
7	5,33	54,44	49,1	44	5,11	7	6,37	-25,7	32,1	29	3,1
8	7,91	39,92	32	28	4,01	8	2,23	-29,5	31,8	29	2,75
9	4,41	42,1	37,7	33	4,69	9	8,72	-31,6	40,3	36	4,33
10	8,34	38,04	29,7	23	6,7	10	3,92	-28,3	32,3	28	4,25
				1	**6,988**					2	**3,433**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	261,8	286,3	24,5	22	2,46	1	284,5	268,2	16,4	12	4,36
2	255,6	280	24,4	23	1,39	2	271,5	257,2	14,3	13	1,33
3	258,4	302,4	44	38	5,95	3	267	250	17	14	3,01
4	259,6	303,9	44,2	39	5,23	4	275,6	260,3	15,4	13	2,37
5	254,4	277,5	23,1	23	0,11	5	259,4	243,8	15,6	14	1,62
6	256,4	281,3	24,9	23	1,93	6	262,5	245,1	17,4	15	2,39
7	258,4	301,5	43,1	41	2,07	7	278,5	265,7	12,8	10	2,81
8	261,5	298,4	37	34	2,98	8	287,4	271,3	16,1	15	1,07
9	257	287,4	30,4	26	4,41	9	278,3	263,9	14,4	12	2,42
10	265,3	301	35,7	35	0,71	10	268,7	251,8	16,9	13	3,91
				3	**2,724**					4	**2,529**

Tabla 58 Pruebas Evaluador 1

EVALUADOR 02											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	7,64	34,24	26,6	18	8,6	1	8,27	-18,3	26,5	26	0,54
2	1,41	28,76	27,4	21	6,35	2	3,68	-25,5	29,1	27	2,13
3	6,13	29,95	23,8	20	3,82	3	2,65	-34,7	37,3	37	0,32
4	6,94	61,55	54,6	42	12,61	4	3,73	-21,4	25,1	24	1,12
5	2,22	72,92	70,7	56	14,7	5	7,47	-14,3	21,8	22	0,21
6	3,51	51,72	48,2	42	6,21	6	3,61	-24,5	28,1	29	0,89
7	3,52	36,71	33,2	30	3,19	7	4,72	-22,6	27,3	28	0,68
8	3,81	44,71	40,9	35	5,9	8	3,39	-24,6	28	30	2
9	2,32	38,73	36,4	33	3,41	9	5,71	-27,3	33	32	1,01
10	4,81	23,6	18,8	14	4,79	10	6,71	-29,5	36,2	34	2,24
				5	**6,958**					6	**1,114**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	° de Error		CELUAR			G.U.	° de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	268,6	294,4	25,8	24	1,82	1	268,5	246	22,5	15	7,47
2	262,7	279,9	17,3	16	1,29	2	273,9	248,9	25	18	7,03
3	260,5	300,1	39,5	39	0,51	3	271,8	243,3	28,5	20	8,49
4	257,5	295,6	38,1	37	1,07	4	257	236,9	20,1	19	1,14
5	260,9	294,2	33,3	32	1,27	5	269,1	247,1	22,1	19	3,05
6	259,4	289,5	30,1	33	2,89	6	274,6	245,7	28,9	26	2,9
7	262,8	295,3	32,6	30	2,58	7	269,9	246,6	23,3	21	2,29
8	260,5	287,5	26,9	28	1,06	8	274,6	256,5	18,1	16	2,12
9	259,8	285,6	25,8	29	3,2	9	266,8	243,5	23,3	20	3,3
10	262,5	288,3	25,9	28	2,11	10	275,5	254,6	20,8	17	3,84
				7	**1,78**					8	**4,163**

Tabla 59 Pruebas Evaluador 2

EVALUADOR 03											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	˙ de Error		CELUAR			G.U.	˙ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	1,34	37,53	36,2	40	3,81	1	8,62	-2,53	11,2	20	8,85
2	2,56	35,72	33,2	34	0,84	2	4,34	-2,43	6,77	20	13,23
3	4,72	49,44	44,7	45	0,28	3	5,72	-6,67	12,4	35	22,61
4	3,25	37,03	33,8	39	5,22	4	6,81	-13,8	20,6	12	8,62
5	3,81	41,61	37,8	37	0,8	5	4,33	-16,5	20,8	32	11,16
6	5,16	35,33	30,2	38	7,83	6	7,15	-13,4	20,6	20	0,59
7	2,43	35,72	33,3	39	5,71	7	6,67	-9,31	16	24	8,02
8	6,62	44,52	37,9	42	4,1	8	5,19	-18,6	23,7	20	3,74
9	4,19	39,49	35,3	40	4,7	9	3,72	-16,7	20,4	24	3,57
10	3,56	54,31	50,8	46	4,75	10	6,28	-12,1	18,4	26	7,61
				9	**3,804**					10	**8,8**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	˙ de Error		CELUAR			G.U.	˙ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	206,5	225,5	19,1	20	0,93	1	199,4	172,3	27,1	26	1,11
2	200,2	218,6	18,4	21	2,61	2	202,4	166,7	35,7	32	3,71
3	201,7	219,2	17,5	19	1,49	3	193,4	173,1	20,2	22	1,78
4	201,1	217,4	16,3	16	0,28	4	196,6	175,6	21	24	3,02
5	203,7	225,4	21,7	25	3,33	5	195,3	175,4	19,9	22	2,12
6	200,3	224,4	24,2	22	2,15	6	197,4	171,1	26,3	28	1,67
7	201,6	231,5	29,9	33	3,14	7	201,8	184,7	17,1	16	1,13
8	199,9	229,6	29,6	29	0,64	8	200,3	181,5	18,9	23	4,14
9	196,4	220,8	24,4	24	0,39	9	200,8	179,4	21,3	22	0,67
10	200,3	222,4	22	20	2,04	10	199,9	179,7	20,2	20	0,17
				11	**1,7**					12	**1,952**

Tabla 60 Pruebas Evaluador 3

EVALUADOR 04											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	˙ de Error		CELUAR			G.U.	˙ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	2,51	50,46	48	42	5,95	1	4,51	-14,4	18,9	22	3,07
2	3,37	54,58	51,2	54	2,79	2	5,72	-13,3	19	23	3,99
3	5,77	64,17	58,4	57	1,4	3	7,34	-23,3	30,7	27	3,67
4	3,44	55,91	52,5	54	1,53	4	3,58	-21,2	24,8	28	3,24
5	5,82	48,17	42,4	44	1,65	5	8,16	-10,8	19	24	5,02
6	6,42	43,62	37,2	38	0,8	6	4,39	-10,7	15,1	18	2,89
7	2,67	45,42	42,8	44	1,25	7	5,33	-12,3	17,7	25	7,34
8	7,33	42,27	34,9	40	5,06	8	4,29	-14,5	18,8	29	10,22
9	5,27	33,1	27,8	34	6,17	9	3,82	-17,9	21,7	27	5,26
10	5,78	35,45	29,7	33	3,33	10	5,18	-26,2	31,4	24	7,4
				13	**2,993**					14	**5,21**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	˙ de Error		CELUAR			G.U.	˙ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	198,3	225,4	27,1	25	-2,11	1	199,4	175,4	24	24	0,05
2	200,4	225,5	25	26	0,98	2	198,4	175,3	23	23	0,03
3	197,6	215,2	17,6	12	5,64	3	197,8	174,7	23,1	24	0,95
4	203,2	223,3	20,1	22	1,89	4	197,4	178,5	18,9	18	0,89
5	199,3	221,4	22,2	20	2,15	5	197,2	177,5	19,7	20	0,34
6	200,2	215,8	15,6	18	2,36	6	202,9	188,3	14,7	20	5,34
7	200,3	219,3	19	19	0,04	7	199,4	180,3	19	20	0,98
8	198,7	219,3	20,6	21	0,39	8	199,6	177,7	21,8	24	2,16
9	201,4	217,3	15,8	20	4,16	9	202,8	185,6	17,2	18	0,78
10	199,2	216,8	17,6	18	0,4	10	197,3	178,9	18,4	18	0,36
				15	**1,59**					16	**1,188**

Tabla 61 Pruebas Evaluador 4

EVALUADOR 05											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	´ de Error		CELUAR			G.U.	´ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	0,3	28,53	28,2	23	5,23	1	6,54	-16,5	23,1	22	1,07
2	1,51	50,24	48,7	45	3,73	2	10,12	-26,5	36,6	29	7,64
3	3,44	35,82	32,4	22	10,38	3	0,85	-19,6	20,5	22	1,51
4	7,72	27,33	19,6	28	8,39	4	-2,92	-21,3	24,2	28	3,76
5	6,45	52,89	46,4	42	4,44	5	-0,13	-16,5	16,6	19	2,42
6	3,71	34,14	30,4	38	7,57	6	1,48	-12,5	14	24	9,99
7	8,22	40,44	32,2	35	-2,78	7	-2,55	-20,3	22,9	24	-1,15
8	5,01	44,82	39,8	45	5,19	8	-0,37	-20,9	20,6	19	1,56
9	6,13	50,15	44	54	9,98	9	-0,51	-22,2	22,7	18	4,74
10	1,16	52,37	51,2	50	1,21	10	1,13	-18,5	19,6	18	1,64
				17	**5,334**					18	**3,318**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	´ de Error		CELUAR			G.U.	´ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	75,53	53,43	22,1	18	4,1	1	83,34	96,45	13,1	22	8,89
2	76,37	60,43	15,9	14	1,94	2	81,71	100,3	18,6	29	10,4
3	88,44	63,38	25,1	29	3,94	3	87,27	100,7	13,5	30	16,55
4	87,61	71,35	16,3	20	3,74	4	82,39	105,3	22,9	30	7,06
5	87,65	49,71	37,9	40	2,06	5	84,62	106,6	22	27	5,05
6	87,81	45,91	41,9	43	1,1	6	91,69	116,3	24,7	29	4,35
7	77,33	37,35	40	42	2,02	7	86,37	107,5	21,1	28	6,86
8	86,51	52,32	34,2	40	5,81	8	92,77	111,3	18,5	28	9,46
9	89,34	41,27	48,1	49	0,93	9	88,13	110,8	22,7	28	5,32
10	88,19	48,27	39,9	42	2,08	10	85,66	108,5	22,9	25	2,15
				19	**2,772**					20	**7,609**

Tabla 62 Pruebas Evaluador 5

EVALUADOR 06											
FLEXION						EXTENSION					
	CELUAR			G.U.	´ de Error		CELUAR			G.U.	´ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	3,61	42	38,4	40	1,61	1	-1,05	-18	19,1	15	4,06
2	3,37	45	41,6	48	6,37	2	-1,35	-23,3	24,6	23	1,61
3	2,21	39	36,8	37	0,21	3	-0,94	-22,1	23,1	22	1,08
4	1,85	40	38,2	39	0,85	4	-2,71	-21	23,8	19	4,75
5	3,38	45	41,6	42	0,38	5	-2,87	-20	22,8	19	3,82
6	3,33	39	35,7	36	0,33	6	-3,04	-25,7	28,8	25	3,75
7	2,91	36	33,1	36	2,91	7	-1,25	-20,8	22	21	1,02
8	8,16	40	31,8	49	17,16	8	-4,51	-25,4	29,9	29	0,89
9	4,23	43	38,8	41	2,23	9	-3,93	-23,9	27,8	25	2,84
10	7,71	45	37,3	40	2,71	10	-3,82	-25,4	21,5	21	0,53
				21	**3,476**					22	**2,435**
DESVIACION ULNAR						DESVIACION RADIAL					
	CELUAR			G.U.	´ de Error		CELUAR			G.U.	´ de Error
Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL		Posicion	INICIAL	FINAL	REAL	REAL	
Numero						Numero					
1	90,64	50,13	40,5	40	0,51	1	83,74	104,8	21,1	25	3,92
2	92,61	42,61	50	42	8	2	84,38	107,6	23,2	29	5,77
3	90,71	43,61	47,1	42	5,1	3	82,18	108,2	26	28	1,97
4	91,81	45,71	46,1	42	4,1	4	82,72	105,2	22,5	25	2,55
5	87,72	48,92	38,8	40	1,2	5	82,32	101,2	18,9	21	2,14
6	86,71	47,25	39,5	40	0,54	6	82,49	102,8	20,3	22	1,67
7	87,22	43,51	43,7	43	0,71	7	81,18	98,37	17,2	21	3,81
8	85,15	34,35	50,8	46	4,8	8	89,38	105,4	16	21	4,99
9	82,36	47,36	35	45	10	9	91,63	109	17,4	20	2,62
10	82,61	34,15	48,5	49	0,54	10	86,82	104,8	18	22	4,05
				23	**3,55**					24	**3,349**

Tabla 63 Pruebas Evaluador 6

ANEXO I
CASOS DE PRUEBA

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP1
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_IniciarSesion
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar a la sesión, en donde debe ingresar un usuario y contraseña en los campos preestablecidos.
Precondiciones	1. El usuario debe ingresar a la Aplicación
Pasos y condiciones de ejecución	1. Ingresar el nombre 2. Ingresar la contraseña correcta 3. Verificar que los valores sean correctos 4. Presionar el icono en forma de flecha para ingresar a la aplicación Usuario: Camilo Contraseña: 123
Resultado esperado	El usuario inicia sesión correctamente
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 64 Plantilla Caso de Prueba Iniciar Sesión

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP2
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_VerProgreso
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar interfaz de progreso, a través del botón ubicado en la parte inferior de la aplicación
Precondiciones	1. Iniciar Sesión
Pasos y condiciones de ejecución	1. Presionar el botón de Progreso 2. Ver el Progreso de cada día de cada semana
Resultado esperado	El usuario accede a la interfaz de progreso
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 65 Plantilla Caso de Prueba Ver Progreso

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP3
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_VerPerfil

Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar interfaz de perfil, a través del botón ubicado en la parte inferior de la aplicación
Precondiciones	1. Iniciar Sesión
Pasos y condiciones de ejecución	1. Presionar el botón perfil 2. Ver perfil y datos personales del paciente
Resultado esperado	El usuario accede a la interfaz de ver perfil
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 66 Plantilla Caso de Prueba Ver Perfil

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP4
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_VerVideoEjercicio
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar a la interfaz de video y reproduzca el video correctamente.
Precondiciones	1. Ingresar a tratamiento
Pasos y condiciones de ejecución	1. Se ingresa a tratamiento 2. Se escoge uno de los ejercicios planteados en el tratamiento. 3. Se presiona el botón ver video 4. Se ingresa a la interfaz de video 5. Se presiona el botón de Play
Resultado esperado	El usuario ingresara a la interfaz de video y reproducirá el video satisfactoriamente.
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 67 Plantilla Caso de Prueba Ver Video ejercicio

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP5
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_VerInforamcion
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar interfaz de información, a través del botón ubicado en la parte superior de la aplicación.
Precondiciones	1. Iniciar Sesión
Pasos y condiciones de ejecución	1. Ingresar a Perfil, o Tratamiento o Progreso. 2. Se presiona el botón en la parte superior derecha de la interfaz que tiene icono de “i”. 3. Se ve la información consignada en la interfaz.
Resultado esperado	El usuario ingresa a la interfaz de información correctamente

Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 68 Plantilla Caso de Prueba Ver informacion

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP6
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_Ingresaraevaluacion
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba ingresar a la interfaz de evaluación a través de el botón de "evaluación" ubicado en el tratamiento
Precondiciones	1. Ingresar a Tratamiento
Pasos y condiciones de ejecución	1. Ingresar a tratamiento en la parte baja de la lista. 2. Presionar el botón "Evaluación Diaria" 3. Ver movimientos a evaluar
Resultado esperado	El usuario ingresa a la interfaz de evaluación correctamente.
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 69 Plantilla Caso de Prueba Ingresar a Evaluacion

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP7
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_Realizarevaluacion
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba realizar una evaluación del arco de movilidad de la muñeca.
Precondiciones	1. Ingresar a evaluación 2. Escoge Movimiento a Evaluar
Pasos y condiciones de ejecución	1. Escoger Movimiento a Evaluar. 2. Ver Video del movimiento a evaluar. 3. Ponerse el celular en la mano. 4. Dar click en el botón siguiente. 5. Esperar 5 segundos con la mano en posición horizontal. 6. Realizar el movimiento cuando aparezca la interfaz de Inicia. 7. Esperar con la mano en posición horizontal hasta que aparezca la interfaz de inicia de nuevo. 8. Realizar por segunda vez el movimiento. 9. Presionar el botón de siguiente. 10. Regresar a la interfaz de Evaluacion
Resultado esperado	El usuario evalua la movilidad articular de la muñeca para un movimiento especifico
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron

Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 70 Plantilla Caso de Prueba Realizar Evaluacion

Campo a diligenciar	Orientación para el diligenciamiento
ID caso de prueba	E1CP8
Nombre caso de prueba	CasoDePrueba_RealizarEjercicio
Descripción	Se probara la respuesta del sistema cuando el usuario deba escoger y realizar uno de los ejercicios planteados para la muñeca.
Precondiciones	1. Ingresar a tratamiento 2. Escoger Ejercicio
Pasos y condiciones de ejecución	1. Escoger ejercicio del tratamiento. 2. Ver video del ejercicio a realizar 3. Realizar la primera serie de ejercicios planteados. 4. Presionar en el botín en forma de flecha 5. Esperar 10 segundos para descansar 6. Realizar la siguiente serie de ejercicios y Descansar según la cantidad de series planteadas en el tratamiento. 7. Presionar el botón continuar y regresar a la lista de tratamiento.
Resultado esperado	El usuario realiza uno de los ejercicios planteados correctamente.
Resultado obtenidos	Exitoso - Fallido
Responsable del Diseño	Camilo Ceron
Responsable de ejecución	Camilo Ceron
Comentarios	

Tabla 71 Plantilla Caso de Prueba Realizar Ejercico

RESULTADOS EVALUACION CASOS DE PRUEBA

EVALUADOR 1	
ID Caso de Prueba	Resultado
E1CP1	Exitoso
E1CP2	Exitoso
E1CP3	Exitoso
E1CP4	Exitoso
E1CP5	Exitoso
E1CP6	Exitoso
E1CP7	Exitoso
E1CP8	Exitoso

Tabla 72 Casos de Prueba Evaluador 01

EVALUADOR 2	
ID Caso de Prueba	Resultado
E2CP1	Exitoso
E2CP2	Exitoso
E2CP3	Exitoso
E2CP4	Exitoso
E2CP5	Exitoso
E2CP6	Exitoso
E2CP7	Exitoso
E2CP8	Exitoso

Tabla 73 Casos de Prueba Evaluador 02

EVALUADOR 3	
ID Caso de Prueba	Resultado
E3CP1	Exitoso
E3CP2	Exitoso
E3CP3	Exitoso
E3CP4	Exitoso
E3CP5	Exitoso
E3CP6	Exitoso
E3CP7	Exitoso
E3CP8	Exitoso

Tabla 74 Casos de Prueba Evaluador 03

EVALUADOR 4	
ID Caso de Prueba	Resultado
E4CP1	Exitoso
E4CP2	Exitoso
E4CP3	Exitoso
E4CP4	Exitoso
E4CP5	Exitoso
E4CP6	Exitoso
E4CP7	Exitoso
E4CP8	Exitoso

Tabla 75 Casos de Prueba Evaluador 04

EVALUADOR 5	
ID Caso de Prueba	Resultado
E5CP1	Exitoso
E5CP2	Exitoso
E5CP3	Exitoso
E5CP4	Exitoso
E5CP5	Exitoso
E5CP6	Exitoso
E5CP7	Exitoso
E5CP8	Exitoso

Tabla 76 Casos de Prueba Evaluador 05

EVALUADOR 6	
ID Caso de Prueba	Resultado
E6CP1	Exitoso
E6CP2	Exitoso
E6CP3	Exitoso
E6CP4	Exitoso
E6CP5	Exitoso
E6CP6	Exitoso
E6CP7	Exitoso
E6CP8	Exitoso

Tabla 77 Casos de Prueba Evaluador 06