



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA  
REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON EL SÍNDROME DEL  
TÚNEL CARPIANO**

**AUTOR: EDWIN JAVIER MENA CAJAS**

**DIRECTORA: ING. IVÓN ESCOBAR**

**LATACUNGA**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo titulado “**DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON EL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO**”, realizado por el Señor **EDWIN JAVIER MENA CAJAS**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a **EDWIN JAVIER MENA CAJAS** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de febrero de 2017



Ing. Ivón Escobar  
**DIRECTORA**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Edwin Javier Mena Cajas**, con cedula de identidad N°0503239980 declaro que el presente proyecto de investigación, “**DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON EL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 13 de febrero de 2017

*Javier Mena.*

Edwin Javier Mena Cajas

C.C.: 0503239980



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Edwin Javier Mena Cajas**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON EL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 13 de febrero de 2017

*Javier Mena.*

Edwin Javier Mena Cajas

C.C.: 0503239980

## DEDICATORIA

La obtención de este título va dedicado, a mis padres que formaron en mí, los valores de responsabilidad, amor y respeto, como también a mi hermana quien con sus nobles consejos me apoyo, cabe resaltar que en este camino estuvo un ser muy especial que con su calidad humana supo estar a mi lado en la felicidad como en adversidades, mi amada novia, quien día a día me motivaba para cumplir mi meta. A todas esas personas que nunca dudaron de mis capacidades.

## AGRADECIMIENTO

El agradecimiento infinito al ser primordial Dios, que supo guiar mis pasos en este largo camino, a mis padres que destinaron sus recursos económicos junto a su fuerza laboral, para direccionarme a culminar mi carrera, y así poder continuar en el camino del conocimiento y consiga cosechar éxitos en mi vida profesional.

Mi más sincero agradecimiento, a quienes me brindaban sus sabias palabras, para nunca desistir de mi meta propuesta, recordándome siempre que para conseguir la victoria es una carrera de resistencia mas no de velocidad.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por dotarme de los medios necesarios para mi formación intelectual y profesional, como también al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS Latacunga, por brindarme las aportaciones necesarias en el área médica y ponerme a disposición sus instalaciones para probar mi proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARATULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xixi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	
<b>1 INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Antecedentes .....	2
1.4 Justificación e Importancia.....	3
1.5 Objetivos .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 Antecedentes Investigativos.....	6
2.2 Fundamentación teórica.....	7
2.2.1 Realidad virtual .....	7
2.2.2 Rehabilitación con realidad virtual.....	8
2.2.3 Dispositivos hápticos para rehabilitación virtual .....	10
2.2.4 Myo Arm Band .....	14
2.2.5 Software Unity 3D Para desarrollo de ambientes virtuales .....	21
2.2.6 Software para creación de base de datos.....	22
2.2.7 Síndrome del Túnel Carpiano STC .....	25
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3 DESARROLLO</b> .....	<b>33</b>

3.1	Caracterización .....	33
3.2	Hardware del sistema.....	33
3.2.1	Brazalete MYO.....	34
3.2.2	Integración de los movimientos de rehabilitación al brazalete Myo .	41
3.3	Desarrollo de la interfaz .....	43
3.3.1	Desarrollo del ambiente virtual.....	43
3.3.2	Interfaz de usuario.....	49
3.4	Desarrollo de la base de datos.....	67
3.4.1	Integración de Postgres para la creación de la base de datos.....	67
3.4.2	Integración de Netbeans IDE para la base de datos.....	70
3.5	Diagrama de flujo del sistema .....	85

## **CAPÍTULO IV**

<b>4</b>	<b>PRUEBAS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA RVSTC .....</b>	<b>86</b>
4.1	Funcionamiento y calibración del Brazalete Myo .....	86
4.1.1	Colocación adecuada del brazalete .....	86
4.1.2	Calentamiento del brazalete.....	87
4.1.3	Calibración y creación de un perfil de usuario Myo .....	88
4.1.4	Pruebas de los juegos virtuales .....	90
4.2	Pruebas en la aplicación de la base de datos .....	92
4.2.1	Verificación de comunicación de la base de datos.....	92
4.2.2	Verificación de campos diseñados para la aplicación web de la base de datos.....	92
4.3	Aplicación del Sistema de Rehabilitación Virtual en pacientes con Síndrome de Túnel Carpiano (RVSTC).....	94
4.3.1	Consideraciones Generales.....	94
4.3.2	Consideraciones clínicas.....	94
4.3.3	Aplicación.....	96

## **CAPÍTULO V**

<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>99</b>
5.1	Análisis de diseño .....	99
5.2	Resultados obtenidos.....	100
5.2.1	Cuestionario de usabilidad del Sistema .....	100
5.2.2	Análisis de resultados del sistema RVSTC en pacientes.....	101
5.2.3	Análisis de valoración de fuerza muscular según la escala Daniels....	113

5.2.4	Análisis de la eficiencia del sistema RVSTC, frente a la rehabilitación convencional .....	115
-------	--	-----

## **CAPÍTULO VI**

<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>120</b>
----------	---	------------

6.1	Conclusiones.....	120
-----	-------------------	-----

6.2	Recomendaciones.....	121
-----	----------------------	-----

<b>REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS.....</b>	<b>122</b>
---------------------------------------	------------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>126</b>
--------------------	------------

Anexo A: Artículo Escrito “Virtual Fine Rehabilitation in Patients with  
Carpal Tunnel syndrome using low-cost devices”

Anexo B: Herramientas de valoración

Anexo C: Manuales de instalación de software usado

Anexo D: Scripts de programación

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de movimientos.....	42
Tabla 2. Resultados del cuestionario SEC.....	101
Tabla 3. Test clínicos y periodos de evaluación .....	102
Tabla 4. Test Phalen Usando el Sistema RVSTC.....	103
Tabla 5. Test Tinel a pacientes con el sistema RVSTC .....	105
Tabla 6. Prueba de normalidad test Phalen .....	108
Tabla 7. Análisis de normalidad test Phalen. ....	108
Tabla 8. Prueba t-studen Test Phalen .....	109
Tabla 9. Prueba de normalidad Test Tinel .....	111
Tabla 10. Análisis de normalidad Test Tinel .....	111
Tabla 11. T-studen para test Tinel .....	112
Tabla 12. Especificaciones para la escala Daniels .....	113
Tabla 13. Valoración en la escala Daniels antes del Tratamiento.....	114
Tabla 14. Valoración en la escala Daniels después del tratamiento .....	115
Tabla 15. Test Phalen para pacientes con tratamiento convencional .....	116
Tabla 16. Test Phalen para pacientes con tratamiento Virtual.....	116
Tabla 17. Comparación de medias en Test Phalen del tratamiento virtual vs tratamiento tradicional .....	117
Tabla 18. Test Tinel para pacientes con tratamiento convencional .....	118
Tabla 19. Test Tinel para pacientes con tratamiento Virtual .....	118
Tabla 20. Comparación de medias en Test Tinel del tratamiento virtual vs tratamiento tradicional.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de rehabilitación virtual .....	9
Figura 2. Beneficios de la rehabilitación virtual .....	10
Figura 3. Guante virtual CyberGlobe .....	11
Figura 4. Brazaletes Myo .....	12
Figura 5. Guante Power Claw .....	13
Figura 6. Dispositivo Geomagic-touch .....	13
Figura 7. Dispositivo kinect .....	14
Figura 8. Dispositivo Myo .....	15
Figura 9. Gestos prediseñados .....	15
Figura 10. Forma de uso del brazalete Myo .....	16
Figura 11. Componentes del brazalete Myo .....	16
Figura 12. Giroscopio de 3 ejes .....	18
Figura 13. Acelerómetro de 3 ejes .....	18
Figura 14. Magnetómetro de 3 ejes .....	19
Figura 15. Logotipo PostgreSQL .....	23
Figura 16. Túnel carpiano .....	26
Figura 17. Pruebas de diagnóstico para STC .....	28
Figura 18. Escala visual análoga (EVA) .....	29
Figura 19. Extensión de muñeca .....	31
Figura 20. Flexión de muñeca .....	32
Figura 21. Abducción falángica .....	32
Figura 22. Flexión metacarpo falángico .....	32
Figura 23. Sistema Myo .....	34
Figura 24. Ejemplo de uso de Myo .....	35
Figura 25. Pantalla de diagnóstico online del brazalete Myo .....	36
Figura 26. Importación de unity package .....	45
Figura 27. Ubicación del archivo MyoUnity.unitypackage .....	45
Figura 28. Selección e importación de unity package .....	46
Figura 29. Vista de proyecto en unity .....	47
Figura 30. Pegado del archivo myo.dll en la carpeta raíz del proyecto .....	47
Figura 31. Proyecto Myo Hub prefabricado .....	48
Figura 32. Ejecución del ejemplo de Myo en Unity .....	48

Figura 33. Creación de una nueva escena en unity .....	50
Figura 34. Imagen de fondo para las interfaces.....	51
Figura 35. Asignación de botón Ingresar .....	51
Figura 36. Configuración del botón continuar .....	52
Figura 37. Asignación de funciones al botón continuar.....	53
Figura 38. Escena de bienvenido.....	54
Figura 39. Configuración de botones de redirección de juegos .....	55
Figura 40. Escena verificar .....	56
Figura 41. Escenas creadas para los 4 juegos .....	57
Figura 42. Propiedades barra vertical .....	58
Figura 43. Librerías Myo importadas a Unity .....	58
Figura 44. Interfaz de juego .....	61
Figura 45. Pantalla de ingreso .....	62
Figura 46. Pantalla de bienvenido.....	63
Figura 47. Instrucciones de los juegos virtuales .....	63
Figura 48. Error de ingreso .....	64
Figura 49. Pantalla de juegos .....	64
Figura 50. Mensaje motivacional .....	66
Figura 51. Rutina de ejercicio terminada .....	66
Figura 52. Creación de una nueva base de datos .....	67
Figura 53. Proceso de creación de tablas.....	68
Figura 54. Adición de columnas a las tablas creadas .....	69
Figura 55. Tablas creadas para la base de datos .....	69
Figura 56. Creación de un nuevo proyecto Java Web .....	70
Figura 57. Ruta de almacenamiento del proyecto en Netbeans .....	71
Figura 58. Selección de la versión de Java EE y servidor de aplica GlassFish .....	72
Figura 59. Selección de Frameworks y el componente JSF. ....	73
Figura 60. Creación de paquetes para la base de datos .....	74
Figura 61. Adición de librerías .....	74
Figura 62. Librerías agregadas .....	75
Figura 63. Paquetes creados para la base de datos.....	76
Figura 64. Páginas web creadas para el sistema de base de datos .....	77
Figura 65. Run del proyecto AdminMyoFinal .....	78

Figura 66. Aplicación web de la base de datos.....	79
Figura 67. Campos de la aplicación web de la base de datos. ....	80
Figura 68. Configuración en la aplicación de la base de datos.....	81
Figura 69. Rol en la aplicación de la base de datos.....	81
Figura 70. Sesión en la aplicación de la base de datos.....	82
Figura 71. Usuario en la aplicación de la base de datos.....	82
Figura 72. Selección del usuario para el reporte.....	83
Figura 73. Reporte de ejercicios del paciente.....	84
Figura 74. Diagrama de flujo del sistema.....	85
Figura 75. Colocación correcta del brazalete Myo.....	86
Figura 76. Proceso de calentamiento del Myo.....	87
Figura 77. Myo caliente.....	88
Figura 78. Errores de calibración del Myo.....	89
Figura 79. Bloqueo automático del Myo.....	90
Figura 80. Ejecución de los juegos virtuales por el terapeuta.....	92
Figura 81. Prueba de aplicación de base de datos.....	93
Figura 82. Adición de campos en la aplicación de la base de datos.....	93
Figura 83. Gestión en la aplicación de base de datos.....	96
Figura 84. Calibración del Myo por parte del paciente.....	96
Figura 85. Ejecución de los juegos virtuales por parte del paciente.....	97
Figura 86. Reporte obtenido de la sesión de rehabilitación del paciente.....	98
Figura 87. Ejecución del test Phalen.....	102
Figura 88. Gráfica de test Phalen antes, durante y después del Sistema RVSTC.....	104
Figura 89. Evaluación de test Tinel pacientes con el sistema RVSTC.....	104
Figura 90. Gráfica test Tinel antes, durante y después del Sistema RVSTC.....	106

## RESUMEN

El trabajo de titulación en mención, se refiere a un sistema tecnológico mediante la aplicación de realidad virtual, para que cumpla la función de rehabilitar a pacientes con el síndrome del túnel carpiano. Para conseguir este objetivo es necesario conocer la forma de rehabilitar al paciente, es decir analizar los ejercicios de rehabilitación tradicional, además se creó un sistema en que el paciente pueda combinar los ejercicios de rehabilitación con un dispositivo háptico Myo que capta los movimientos de los ejercicios de rehabilitación y un software que permite el desarrollo de entornos virtuales, que en combinación intensifiquen la recuperación. Los entornos virtuales creados en Unity 3D, sirven para que el paciente pueda realizar sesiones de rehabilitación en forma de juegos, los cuales están diseñados con estímulos visuales y motivacionales que atraen la atención del paciente. Un profesional terapeuta puede usar el sistema, aplicándolo a distintos pacientes, los cuales puedan ingresar en forma de usuarios mediante una base de datos, que se integra como componente fundamental del sistema. El proyecto permite brindar una alternativa tecnológica, para la reducción de la sintomatología presentada en el síndrome de túnel carpiano y realizar estudios comparativos que puedan asegurar, que es un sistema para rehabilitar, reducir costos como también disminuir el lapso de tiempo de recuperación.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **REALIDAD VIRTUAL**
- **REHABILITACIÓN VIRTUAL**
- **SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO**
- **BRAZALETE MYO**
- **ELECTROMIOGRAFÍA**

## **ABSTRACT**

The project of titillation in question refers to a technological system through the application of virtual reality, so that it fulfills the function of rehabilitating patients with carpal tunnel syndrome. To achieve this goal, it is necessary to know how to rehabilitate the patient, that is, to analyze the traditional rehabilitation exercises. In addition, a system was created in which the patient can combine the rehabilitation exercises with a Myo haptic device that captures the movements of the exercises of rehabilitation and a software that allows the development of virtual environments, that in combination intensify the recovery. The virtual environments created in Unity 3D, allow the patient to perform rehab sessions in the form of games, which are designed with visual and motivational stimuli that attract the attention of the patient. A professional therapist can use the system, applying it to different patients, who can enter in the form of users through a database, which is integrated as a fundamental component of the system. The project allows to offer a technological alternative for the reduction of the symptoms presented in carpal tunnel syndrome and to carry out comparative studies that can assure that it is a system to rehabilitate, reduce costs as well as reduce the time span of recovery.

### **KEYWORDS:**

- **VIRTUAL REALITY**
- **VIRTUAL REHABILITATION**
- **CARPIANO TUNNEL SYNDROME**
- **MYO BRACELET**
- **ELECTROMIOGRAPHY**

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Planteamiento del problema

El hombre para su desarrollo ha utilizado la mano como principal herramienta, lo cual constituyó un avance decisivo en su transformación, integrándose definitivamente como un ser social. La mano cumple una variedad de funciones, en las cuales corre grandes riesgos de padecer una afección, debido al sobre uso de la misma.

El síndrome de túnel carpiano es una neuropatía periférica que ocurre cuando el nervio mediano se comprime dentro del túnel carpiano, a nivel de la muñeca, es una de las neuropatías más frecuentes que puede afectar aproximadamente a un 3% de la población por año (Unne.edu.a, 2016), las afectaciones de este síndrome, producen sensaciones de entumecimiento, dolor y hormigueo en la mano, especialmente en el dedo pulgar, índice y medio.

Las terapias tradicionales, para su rehabilitación, consisten en una serie de ejercicios, entre los cuales se puede mencionar: estiramiento del flexor, extensor y rotación de la muñeca, (Drugs, 2015), además se puede inmovilizar la muñeca gracias a muñequeras con férulas, también es frecuente el uso de medicamentos antiinflamatorios o inyecciones de corticosteroides aplicadas en la zona del túnel carpiano, para aliviar los síntomas por un tiempo. Los métodos de rehabilitación, pueden prolongarse, lo cual implica que la recuperación se retarde, e impida al paciente reintegrarse a sus actividades diarias.

En la actualidad la utilización de dispositivos tecnológicos de visualización, seguimiento, hápticos y el uso realidad virtual, se ha extendiendo para pacientes con diferentes síndromes o afecciones que impliquen rehabilitación física, estas técnicas permiten acortar el tiempo de recuperación y así realizar actividades que se ejecutan con la mano o con diferentes partes del cuerpo, convirtiéndose en un método atractivo para acompañar la rehabilitación tradicional.

La rehabilitación virtual es el entrenamiento basado en ejercicios de simulación mediante tecnología de realidad virtual, siendo la realidad virtual un mundo no real generado a través de un programa de computador. Actualmente se están creando varios centros de rehabilitación virtual dentro del área de salud en el ámbito de la rehabilitación motora, lo cual conlleva a un avance tanto médico como tecnológico.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo influye el uso de un sistema tecnológico mediante la aplicación de realidad virtual, en la rehabilitación de pacientes con Síndrome de Túnel Carpiano?

## **1.3 Antecedentes**

La rehabilitación virtual RV, implica la combinación de realidad virtual con ejercicios de rehabilitación. De esta forma se utiliza ejercicios y movimientos en programas de simulación de realidad virtual, para rehabilitación física y cognitiva. Para captar los movimientos realizados por los pacientes en los ejercicios se utilizan distintos dispositivos tecnológicos, ya sean de seguimiento como: guantes, brazaletes, cascos, etc. También existen dispositivos de visión que utiliza cámaras como los Kinect y gafas.

Los entornos virtuales son desarrollados en forma de juegos virtuales 2D o 3D, los cuales son creados mediante distintas plataformas como por ejemplo Unity 3D, Game Maker Studio, Unreal Development Kit, Sceelix. En los cuales se crean ambientes tridimensionales para usarlos

en juegos y aplicaciones de Realidad virtual. En un sistema de RV, es necesario que el usuario pueda "sentir" las experiencias realizadas dentro del entorno virtual de la forma más real posible, por tanto es necesario el uso de dispositivos de visualización como: pantallas led, tablets, celulares o monitores de computadoras.

En la actualidad los centros de rehabilitación virtual como también los sistemas de RV se están extendiendo en diversas partes del mundo entre los principales y más reconocidos tenemos:

- "EMLABS virtual games", un espacio de rehabilitación virtual con Kinect para personas con esclerosis múltiple, implementado en Bilbao España (Virtualret, 2007).
- "TOYRA" es un sistema basado en Cloud Computing que combina la captación de movimiento en tiempo real y la tecnología de realidad virtual para la rehabilitación motriz de pacientes desde casa, dentro del programa de telerrehabilitación del Hospital de Paraplégicos de Toledo España (Toyra.org, 2016).
- Rehabilitación Virtual Bts NIRVANA, es una solución terapéutica para pacientes con patologías neuromotoras en Colombia, el sistema de equipos biomédicos se encargan de crear un ambiente de realidad virtual que incluye ejercicios físicos controlados, guiados y diversos para complementar la rehabilitación generando un reporte de su progreso (Biomec, 2013).

#### **1.4 Justificación e Importancia**

Considerando que el Síndrome de Túnel Carpiano (STC) se lo conceptualiza como una lesión de las más comunes en la población general, debido a que se produce por actividades repetitivas como: digitación,

manipulación de mouse, celular, etc. El número de pacientes con este síndrome ha ido incrementando en los centros de rehabilitación física, optando también por crear centros de este tipo como dependencia de las empresas donde se visualiza un alto porcentaje de personas con esta afección.

Este proyecto permite al usuario o paciente interactuar con juegos virtuales a base de objetivos y tiempos desarrollados en el software Unity 3D que accede a la creación de ambientes virtuales, los cuales se van a desplegar en la pantalla de un ordenador personal, los juegos se ejecutan de acuerdo a movimientos que el paciente efectúa, para esto se utiliza el brazalete Myo que capta los movimientos que se asemejan a los terapéuticos (extensión de muñeca, flexión de muñeca, abducción falángica, flexión metacarpo falángico), utilizados tradicionalmente para rehabilitar pacientes con STC, es decir que mediante la retroalimentación visual y sensitiva que provee el sistema, se podrá estimular al paciente durante las sesiones de rehabilitación, con el objetivo de activar el sistema sensomotor.

La meta primordial es beneficiar tanto a pacientes que padecen el STC con su proceso de rehabilitación, como también a profesionales de la salud, puesto que el sistema podría formar parte de los métodos de rehabilitación actuales, se podría aludir como un proyecto novedoso ya que combina el ámbito tecnológico con el médico.

El desarrollo del presente tema está relacionado con el proyecto de investigación "VPREHAB- Desarrollo de un demostrador tecnológico en pacientes con daño cerebral adquirido", del departamento de Eléctrica y Electrónica en la Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación. Todos los resultados que surjan del proyecto servirán como un antecedente para futuras investigaciones.

## **1.5 Objetivos**

### **15.1 Objetivo General**

- Desarrollar un sistema tecnológico mediante la aplicación de realidad virtual, para la rehabilitación de pacientes con el síndrome del túnel carpiano

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Investigar sobre métodos de realidad virtual y dispositivos para detección de movimientos usando señales electromiográficas.
- Desarrollar algoritmos de análisis y detección de señales electromiográficas usando un dispositivo háptico.
- Diseñar un entorno virtual que permita ofrecer sesiones de rehabilitación para pacientes con síndrome de túnel carpiano mediante el uso de un dispositivo háptico.
- Implementar algoritmos para la creación de una base de datos, para la gestión de usuarios y de sesiones de rehabilitación.
- Validar la efectividad de la rehabilitación con el sistema creado, mediante test clínicos y análisis estadísticos.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

Dentro de las investigaciones realizadas, se pudo analizar que el funcionamiento del brazalete Myo consiste en captar movimientos producidos por los músculos de la mano y el brazo, para convertirlos en órdenes y así poder controlar un dispositivo (pc, maquinaria, celular, etc). Dichos movimientos se aprovecharon para convertirlos en movimientos terapéuticos, puesto que se asemejan a los ejercicios de rehabilitación tradicional para el STC.

En el estudio de (Plosone, 2014) titulado “EFFECTS OF CARPAL TUNNEL SYNDROME ON REACH-TO-PINCH PERFORMANCE” que habla sobre los efectos del síndrome de túnel carpiano en el comportamiento cinemático en el rango de movimiento y la variabilidad de la función de alcanzar un determinado movimiento (pellizco), se demostró que la retroalimentación visual puede compensar la disfunción sensoriomotora durante los movimientos. Para determinar esto se usó Vicon Motion Systems que es un sistema tecnológico de captura y transmisión de movimientos.

Según (Rutgers, 2007) en el artículo “TELEREHABILITATION USING THE RUTGERS MASTER II GLOVE FOLLOWING CARPAL TUNNEL RELEASE SURGERY:PROOF-OF-CONCEPT” hace referencia al guante háptico Rutgers Master II, es un dispositivo de retroalimentación de fuerza que se utiliza en la manipulación de objetos, y permite rehabilitar la fuerza en las manos. Fue probado en cinco pacientes, quienes en dos semanas después de la cirugía de mano, podían realizar actividades de rehabilitación que se

basaban en una serie de juegos con niveles de dificultad a través un interfaz virtual.

El sistema tiene la capacidad de medir el progreso (en términos de fuerza, resistencia, etc.). Al usar realidad virtual los pacientes en estudio mostraron mayor control motor fino, y coordinación mano-ojo, dando una ventaja a los sistemas de realidad virtual sobre los enfoques de evaluación convencionales.

En el caso de la rehabilitación para el síndrome de túnel carpiano, se puede notar que el uso de guantes con sensores, controles wii y otros aparatos electrónicos combinados con un software adecuado puede crear diferentes entornos virtuales que contribuyen a métodos más eficientes para el proceso de rehabilitación, tomando en cuenta el tipo de ejercicios, la facilidad de visualización y acortando el tiempo para la recuperación.

## **2.2 Fundamentación teórica**

El sistema tecnológico de rehabilitación conlleva el análisis de varias temáticas como: realidad virtual, rehabilitación virtual, dispositivos para rehabilitación virtual, Myo Arm Band, software Unity 3D para creación de ambientes virtuales, software para creación de base de datos, conceptos teóricos de medicina, STC, movimientos de rehabilitación, valoración y test clínicos. Las especificaciones de estos parámetros se detallan a continuación.

### **2.2.1 Realidad virtual**

Según (Foroicd, 2012), la realidad virtual se podría definir como un sistema informático que genera en tiempo real representaciones de la realidad, que de hecho no son más que ilusiones, ya que se trata de una realidad perceptiva sin ningún soporte físico y que únicamente se da en el interior de las computadoras.

La realidad virtual es, por lo general, un mundo virtual generado por un sistema informático en el que un usuario tiene la sensación de estar en el interior de ese mundo, éste puede interactuar con ese mundo y los objetos del mismo, dependiendo de un grado de inmersión. No obstante el término realidad virtual también puede aplicarse a otros mundos virtuales generados por otros medios, como por ejemplo a través de la imaginación: sueños, libros, cine, etc.

La realidad virtual ideal sería la que desde una inmersión total nos permita una interacción sin límites con el mundo virtual, además de aportarnos como mínimo los mismos sentidos que tenemos en el mundo real: vista, oído, tacto, gusto, olfato. Sin embargo, la mayoría de los sistemas actuales se centran únicamente en dos sentidos, la vista y el oído, debido a las dificultades y costes para simular los demás sentidos. La RV se puede subdividir:

#### **2.2.1.1 Realidad Virtual Inmersiva**

Se consigue una inmersión total mediante periféricos (cascos de realidad virtual, gafas, posicionadores, etc.), hasta el punto de desaparecer del mundo real.

#### **2.2.1.2 Realidad Virtual Semiinmersiva**

Interactúa con el mundo virtual, pero sin estar sumergido en el mismo, por ejemplo a través de un monitor. Este tipo de RV es muy común en videojuegos, en la actualidad ya que no requiere ningún hardware especial.

### **2.2.2 Rehabilitación con realidad virtual**

En el estudio realizado por (Emalbacete, 2014), la rehabilitación con realidad virtual es una herramienta innovadora en el campo de la fisioterapia. La realidad virtual es la simulación de un entorno generado por un ordenador en el cual, a través de una interfaz persona – máquina, se permite al usuario interactuar con diversos elementos. Es el elemento principal de los juegos de

las videoconsolas u ordenadores y actualmente se extiende a diferentes campos

Cuando se trabaja con realidad virtual existe INTERACCIÓN (los movimientos se ejecutan en tiempo real) e INMERSIÓN (existe la sensación de encontrarse dentro de un mundo virtual). La persona se ve realizando movimientos y acciones en un entorno simulado y llega a tener la sensación de encontrarse en él.

### 2.2.2.1 Rehabilitación Virtual

Es el entrenamiento basado en ejercicios de simulación mediante tecnología de realidad virtual. Este término fue recalcado en el año 2002 por el Profesor Thalman (Suiza) y el Profesor Bordea (Estados Unidos). El esquema de la figura 1 muestra la combinación de realidad virtual y rehabilitación, dando como resultado final la rehabilitación virtual.



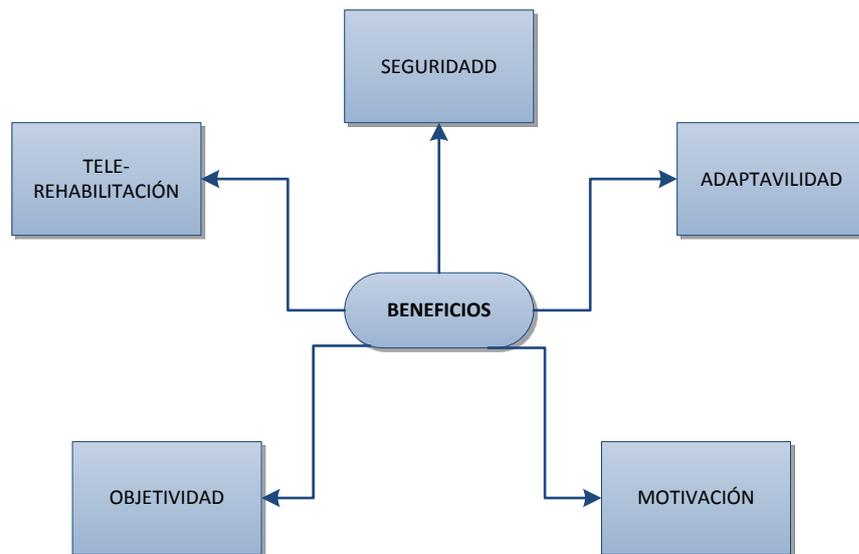
**Figura 1. Esquema de rehabilitación virtual**

Fuente: (Emalbacete, 2014)

La rehabilitación virtual permite elaborar ejercicios que reúnen los principios claves para trabajar en rehabilitación.

- **REPETICIÓN**, (para recuperar las funciones es necesario repetir patrones pero sin que el paciente tenga la sensación de hacer siempre lo mismo).
- **FEEDBACK SENSORIAL** (el paciente tiene que saber si lo está haciendo bien o mal para un correcto aprendizaje).
- **MOTIVACIÓN** (el paciente necesita un estímulo cada vez que complete correctamente una tarea asignada)

Estos principios son claves para el aprendizaje motor.



**Figura 2. Beneficios de la rehabilitación virtual**

Fuente: (Emalbacete, 2014)

Los beneficios de la rehabilitación virtual son muchos permite trabajar en un entorno **seguro**, los ejercicios pueden **adaptarse** a las capacidades de cada paciente y presenta datos **objetivos** sobre la evolución del paciente. Al plantearse en la mayor parte de las ocasiones como un juego, el paciente se **motiva** intentando superar marcas anteriores. Además permite elaborar programas de **tele-rehabilitación** para que el paciente trabaje en casa y aumente su tiempo de trabajo.

### 2.2.3 Dispositivos hápticos para rehabilitación virtual

La háptica es la ciencia que estudia el tacto tal y como la óptica lo hace con la vista y la acústica con el oído. De este modo, los dispositivos hápticos son los que simulan una respuesta táctil, además según el análisis realizado por (Simumak, 2013), estos dispositivos trasladan la sensación de presencia a un operador que puede tocar, sentir y manipular objetos tridimensionales simulados en un EV (entorno virtual). Por ejemplo cuando durante una simulación de conducción sobre grava o a través de una zona de baches, el

dispositivo con el que se conduce (volante, mando, joystick) vibra, estamos frente a un dispositivo háptico, que intenta reproducir lo que sucedería si esa situación fuera real. Al añadir el sentido del tacto a la experiencia virtual, los dispositivos hápticos representan una parte muy valiosa del desarrollo de la industria de la simulación.

### **2.2.3.1 Tipos de dispositivos hápticos.**

En la investigación realizada por (Albiol Perez, 2014), se da una clasificación de los dispositivos hápticos, basada en el tipo de retroalimentación que proporciona al usuario: 1) Vibro táctiles; 2) Táctiles; 3) Kinestésicos.

#### **2.2.3.1.1 Vibro-táctiles**

Los dispositivos vibro-táctiles capturan las reacciones producidas en la piel de los sujetos, para interpretar estímulos como presión o la temperatura. Estos dispositivos, gracias a un conjunto de actuadores ubicados en los dedos, mostrarán información en respuesta a acciones como tocar, coger, o hasta incluso sentir la temperatura de los objetos.



**Figura 3. Guante virtual CyberGlobe**

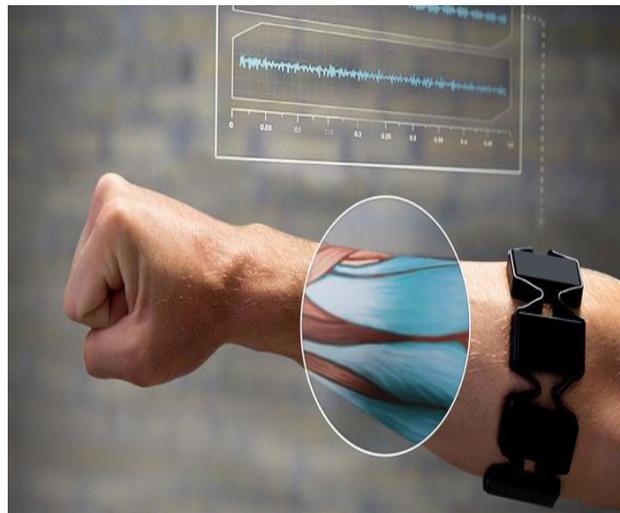
Fuente: (Cyberglovesystems, 2015)

### 2.2.3.1.2 Táctiles

Por otro lado, los dispositivos táctiles pueden clasificarse en función del tipo de estimulación: a) Electro-táctiles; b) Termales; c) Mecánicos.

#### a) Electro-táctiles

Los sistemas electro-táctiles producen sensaciones táctiles, generadas de un pequeño flujo de corriente eléctrica a través de la piel del usuario.



**Figura 4. Brazaletes Myo**

Fuente: (Labs, 2013)

#### b) Termales

Los sistemas termales pueden ayudar a la identificación de objetos en entornos virtuales, simulando estímulos térmicos, asociándolos a materiales con diferentes propiedades térmicas. Los dispositivos térmicos se componen de un conjunto de estimuladores térmicos, sensores termales y sistemas de control de temperatura que monitorizan y controlan la temperatura de una superficie.



**Figura 5. Guante Power Claw**

Fuente: (Cyberglovesystems, 2015)

### c) Mecánicos

Los dispositivos mecánicos simulan, las deformaciones a pequeña escala que se producen en la piel al tocar objetos reales. Este tipo de dispositivos son usados principalmente en sujetos con problemas visuales, empleándose en aplicaciones que trabajan con EV, Telemedicina, Entrenamiento Virtual etc.



**Figura 6. Dispositivo Geomagic-touch**

Fuente: (Geomagic, 2016)

#### 2.2.3.1.3 Kinestésicos

Finalmente los dispositivos kinestésicos se centran en el movimiento del cuerpo humano. Esto es debido principalmente a su carácter mecánico, permitiendo al usuario ejercer fuerzas en los objetos del EV mediante una de sus extremidades, para posteriormente recibir en ella la resistencia del objeto

ante la fuerza ejercida. Este tipo de dispositivos en la actualidad son empleados en simuladores médicos, botones hápticos programables, volantes de video juegos y en sistemas de RV.



**Figura 7. Dispositivo kinect**

Fuente. (Tuexpertojuegos, 2016)

#### **2.2.4 Myo Arm Band**

Según (Labs, 2013) Myo es un dispositivo háptico desarrollado por Thalmic Labs en Canadá, para el reconocimiento del gesto de mano y el seguimiento de movimiento del brazo. El objetivo de Myo controlar de forma fácil y cómoda una PC, teléfonos inteligentes, juguetes y otros productos mediante el uso de gestos con las manos. El brazalete Myo reconoce e interpreta la actividad eléctrica producida en el movimiento de los músculos de la zona y los transforma en órdenes para controlar una interfaz sin necesidad de cables, ya que la comunicación es via bluetooth. Su principal ventaja es que no necesita cámara, además está equipado con un procesador ARM Cortex M4, un sistema de feedback háptico basado en vibraciones, conectividad bluetooth, indicadores led y cuenta con una batería de litio que se carga a través de micro usb. En la Figura 8 se muestra el aspecto físico del dispositivo Myo.



**Figura 8. Dispositivo Myo**

Fuente: (Labs, 2013)

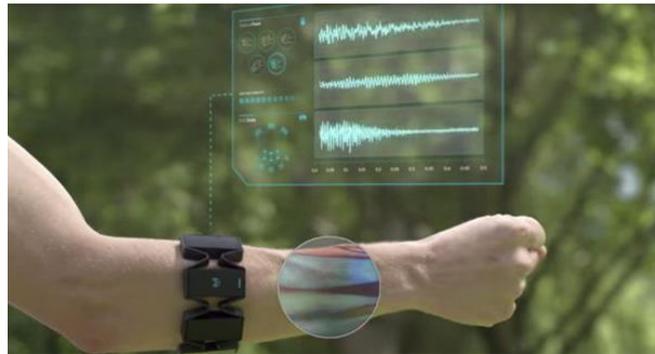
El brazalete Myo cuenta con un conjunto de gestos prediseñados que no se pueden cambiar debido a algoritmos de aprendizaje automático, estos cinco gestos se pueden encontrar en la figura 9.



**Figura 9. Gestos prediseñados**

Fuente: (Labs, 2013)

En la figura 10 se muestra la forma de uso del brazalete Myo.



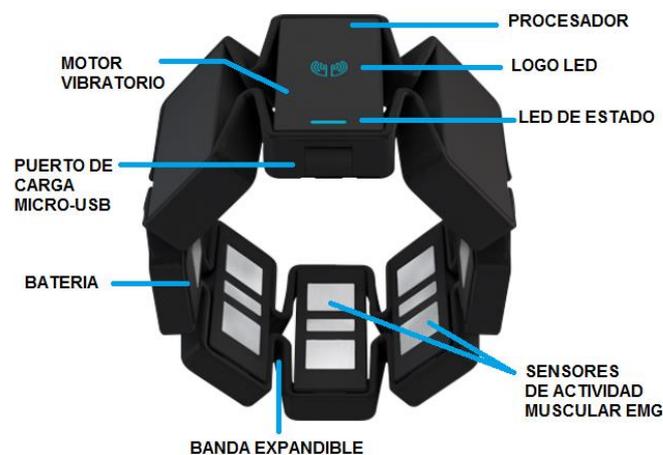
**Figura 10. Forma de uso del brazalete Myo**

Fuente: (Labs, 2013)

Para evitar que la clasificación de gestos sea errónea, Myo tiene un mecanismo de bloqueo. El mecanismo mantiene al brazalete en stand-by, es decir en modo de espera, hasta que se genere el Gesto de doble pulso-mientras tanto todos los demás gestos son ignorados. Cuando el gesto de desbloqueo es hecho, Myo comienza a buscar otros gestos de las manos de unos pocos segundos. Si, en este periodo, no se hace ningún gesto, Myo se bloqueará de nuevo. Este mecanismo de bloqueo puede ser modificado, desactivado o extendido desde el punto de vista del desarrollador.

#### 2.2.4.1 Componentes del brazalete MYO

La figura 11 muestra los principales componentes del brazalete Myo.



**Figura 11. Componentes del brazalete Myo**

Fuente: (Labs, 2013)

#### **2.2.4.1.1 Sensores Musculares**

De acuerdo con (Labs, 2013) , para la detección de los gestos de mano Myo utiliza tecnología basada en la electromiografía (EMG). Los músculos de los dedos están unidos al codo y este hecho, es utilizado por Myo para detectar los movimientos. Myo fue diseñado para ser colocado en el antebrazo, donde 8 sensores EMG especiales supervisan la actividad eléctrica de estos músculos que reaccionan al realizar un determinado gesto con la mano.

#### **2.2.4.1.2 Unidad de Medición Inercial (IMU)**

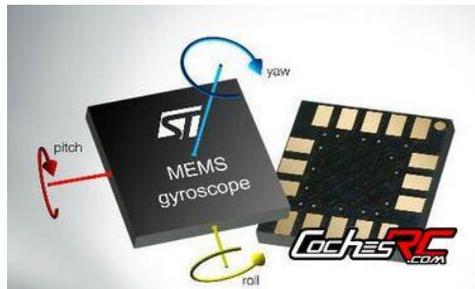
Myo está equipado con una unidad de medición inercial (IMU), que detecta el movimiento del brazo. IMU contiene un giroscopio de tres ejes, un acelerómetro de tres ejes y un magnetómetro de tres ejes. Para (Smartdreams, 2010) Una Unidad de Medición Inercial o IMU (por las siglas en inglés de Inertial Measurement Unit) es un dispositivo electrónico cuyo objetivo es obtener mediciones de velocidad, rotación y fuerzas gravitacionales en forma autónoma. Se utilizan como componentes fundamentales en los sistemas de navegación de barcos, aviones, helicópteros, misiles o cualquier móvil en que sea necesario estimar estas mediciones, sin la posibilidad de utilizar referencias externas o mediciones directas.

Típicamente, una IMU está compuesta por un conjunto de acelerómetros y giróscopos, que obtienen datos de uno o más ejes ortogonales (dependiendo de los requerimientos del sistema), enviándolos a algún sistema computarizado que realiza los cálculos necesarios para obtener las estimaciones de aceleración y velocidad de rotación requeridas.

#### **2.2.4.1.3 Giroscopio de tres ejes**

Según (Cochesrc, 2012) el giroscopio es un dispositivo que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o

vehículo. Un giroscopio electrónico emplea una tecnología micro-electromecánica (MEMS) con un sensor de silicio, gracias a unas placas especiales que actúan a modo de condensadores. Los cambios de intensidad se convierten en datos digitales y eso es lo que lee el microprocesador.



**Figura 12. Giroscopio de 3 ejes**

Fuente: (Cochesrc, 2012)

#### 2.2.4.1.4 Acelerómetro de tres ejes

Para (5hertz, 2014) los acelerómetros son dispositivos que miden la aceleración, que es la tasa de cambio de la velocidad de un objeto. Esto se mide en metros por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ) o en las fuerzas G (g). Los acelerómetros son útiles para detectar las vibraciones en los sistemas o para aplicaciones de orientación. Los acelerómetros son dispositivos electromecánicos que detectan las fuerzas de aceleración, ya sea estática o dinámica. Las fuerzas estáticas incluyen la gravedad, mientras que las fuerzas dinámicas pueden incluir vibraciones y movimiento.



**Figura 13. Acelerómetro de 3 ejes**

Fuente: (5hertz, 2014)

#### 2.2.4.1.5 Magnetómetro de tres ejes

Según (Appcessories, 2015), el magnetómetro es un componente electrónico capaz de medir y cuantificar la cantidad de fuerza magnética de un objeto. O para lo que muchos dispositivos lo usan, como brújula, detectando el polo norte magnético (que como curiosidad no coincide con el polo norte geográfico).



**Figura 14. Magnetómetro de 3 ejes**

Fuente: (5hertz, 2014)

#### 2.2.4.1.6 Bluetooth de baja energía

Para la comunicación con el mundo exterior, Myo utiliza el nuevo estándar Bluetooth – Bluetooth Baja energía (o también denominado a veces como Bluetooth Smart). Bluetooth Low Energy (BLE) con el estándar IEEE 802.15, fue diseñado para superar varios inconvenientes, tiene un rendimiento bastante alto de datos, la versión de alta velocidad de la norma Bluetooth 4 tiene, de acuerdo con (Electronics, 2013), un rendimiento de datos de 24 Mb / s. pero tiene de 2 a 10 veces el consumo de energía más bajo que el estándar Bluetooth normal.

#### 2.2.4.1.7 Procesador ARM Cortex M4

Debido a que los sensores de EMG generan una gran cantidad de datos, un procesador ARM Cortex M4 se utiliza como parte del brazalete Myo. Según (Arm, 2016) el ARM Cortex -M4 es un procesador embebido de alto rendimiento para control de señales digitales de alta eficiencia con bajo consumo de energía y de bajo costo. Se caracteriza principalmente por

proporcionar capacidades para el procesamiento de señal digital (DSP), funcionalidad matemática y una unidad opcional de punto flotante (FPU).

#### **2.2.4.1.8 Retroalimentación háptica**

El brazalete Myo es capaz de proporcionar una retroalimentación o feedback háptico al usuario de tipo sensitiva, mediante vibraciones de tres intensidades: corta, media y larga, gracias a un motor vibratorio ubicado en su interior. Esto permite la comunicación con el usuario. Por ejemplo, para reconocer un gesto de la mano, etc.

#### **2.2.4.1.9 SDK (kit de desarrollo de software)**

Thalmic Labs ofrece SDK que son las siglas de Software Development Kit, lo que traduciéndolo a nuestro idioma sería un Kit de Desarrollo de Software. Mediante éste kit se puede desarrollar aplicaciones y ejecutar un emulador. Este SDK proporciona un alto nivel de API, lo que significa que los desarrolladores no tienen acceso directo a los datos de los sensores de crudo, pero si a los gestos con las manos y los datos de movimiento de IMU. Actualmente, Myo SDK es compatible con Windows 7 y 8, Mac OS, Android, iOS y otras plataformas.

Para (Tecnologis, 2015) API La abreviatura viene del término en inglés Application Programming Interfaces (Interfaces de programación de aplicaciones) y según explica el científico en computación Benjy Weinberger en su blog, una API es una especificación formal sobre cómo un módulo de un software se comunica o interactúa con otro. Ahora bien Myo fue creada pensando en los desarrolladores utilizando el protocolo que en este caso es una interface de software que permite a programadores utilizar este aparato para experimentar, construir, producir y crear aplicaciones específicas.

## 2.2.5 Software Unity 3D Para desarrollo de ambientes virtuales

### 2.2.5.1 Definición

Según (Ecured, 2016), Unity 3D es un motor gráfico 3D para PC y Mac que viene empaquetado como una herramienta para crear juegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3D y tiempo real. Unity puede publicar contenido para múltiples plataformas como PC, Mac, Flash (Hasta la versión 4), Xbox, PS2/3/4, Android, PSVita y iPhone. El motor también puede publicar juegos basados en web usando el plugin Unity web player.

### 2.2.5.2 Características

Unity es un sistema de desarrollo único. Es enfocado en los assets y no en el código, el foco en los assets es similar al de una aplicación de modelado 3D. Un juego construido en Unity se compondrá de un proyecto, que contiene todos los elementos de su diseño, tales como los modelos, guiones, planos, menús, entre otros. Normalmente, un archivo único contendrá todos los elementos del juego. Cuando se inicia Unity, lo primero que hace es abrir un Archivo de proyecto. Cada proyecto contiene uno o más documentos llamados "Escenas". Una sola escena contendrá un nivel de juego y elementos principales como una interfaz de usuario.

### 2.2.5.3 Herramientas

- **Assets:** Son los bloques constructivos de todo lo que el Unity posee en sus proyectos. Se guardan en forma de archivos de imagen, modelos del 3D y archivos de sonido, en Unity se refiere a los archivos que se usarán para crear el juego como activos.
- **Game Objects:** Cuando un activo es usado en una escena de juego, se convierte en un "Game Object". Todo GameObjects contiene al menos un componente con el que comenzar, es decir, el componente

Transform. Transformación simple la cual le dice al motor de Unity la posición, rotación, y la escala de un objeto.

- **Components:** Los componentes vienen en formas diversas. Pueden ser para crear comportamiento, definiendo apariencia, e influenciando otros aspectos de la función de un objeto en el juego. Los componentes comunes de producción de juego vienen contruidos dentro del Unity, desde el Rigidbody, hasta elementos más simples, como luces, las cámaras, los emisores de partículas, y más.
- **Scripts:** El Scripting es una parte esencial de Unity ya que define el comportamiento del juego. El Scripting es la forma en la que el usuario define el comportamiento del juego (o las normas) en Unity. El lenguaje de programación recomendado para Unity es JavaScript, aunque C# puede ser igualmente usado.
- **Prefabs:** Almacena los objetos como activos para ser reusado en partes diferentes del juego, y luego creados o copiados en cualquier momento.

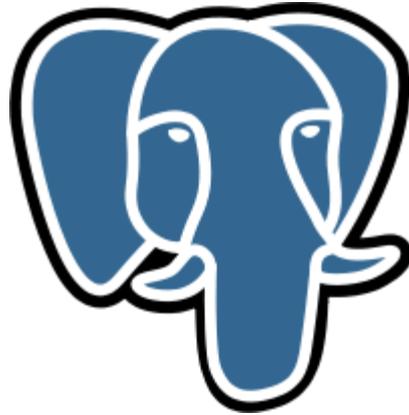
## 2.2.6 Software para creación de base de datos

### 2.2.6.1 PostgreSQL

#### 2.2.6.1.1 Definición

Para (Gibert, 2002) en su estudio a cerca de bases de datos, PostgreSQL es un gestor de bases de datos orientadas a objetos (SGBDOO ORDBMS en sus siglas en inglés) muy conocido y usado en entornos de software libre. PostgreSQL puede funcionar en múltiples plataformas, incluyendo Linux, UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64), y a partir de la versión 8.0 también en Windows de forma nativa. Como muchos otros proyectos de código abierto, el desarrollo de PostgreSQL no es manejado por una empresa o persona, sino que es dirigido por una comunidad de desarrolladores que trabajan de forma desinteresada, altruista, libre o

apoyada por organizaciones comerciales. Dicha comunidad es denominada el PGDG (PostgreSQL Global Development Group).



**Figura 15. Logotipo PostgreSQL**

Fuente: (Postgresql, 2016)

#### **2.2.6.1.2 Características**

- Alta concurrencia ya que mediante un sistema denominado MVCC (Acceso concurrente multiversión, por sus siglas en inglés) PostgreSQL permite que mientras un proceso escribe en una tabla, otros accedan a la misma tabla sin necesidad de bloqueos.
- Está desarrollado en C.
- La API de acceso al SGBD se encuentra disponible en C, C++, Java, Perl, PHP, Python y TCL, entre otros.
- Cuenta con un rico conjunto de tipos de datos, permitiendo además su extensión mediante tipos y operadores definidos y programados por el usuario.
- Su administración se basa en usuarios y privilegios.
- Sus opciones de conectividad abarcan TCP/IP, sockets que permite que dos programas (posiblemente situados en computadoras distintas) pueden intercambiar cualquier flujo de datos, además de soportar completamente ODBC (Open DataBase Connectivity o conectividad abierta de bases de datos).
- Los mensajes de error pueden estar en español y hacer ordenaciones correctas con palabras acentuadas o con la letra 'ñ'.

- Es altamente confiable en cuanto a estabilidad se refiere.
- Puede extenderse con librerías externas para soportar encriptación, búsquedas por similitud fonética, etc.
- Control de concurrencia multi-versión, lo que mejora sensiblemente las operaciones de bloqueo y transacciones en sistemas multi-usuario.

### **2.2.6.1.3 PgAdmin III**

Según (Guia-ubuntu, 2008), pgAdmin III es una aplicación gráfica para gestionar el gestor de bases de datos PostgreSQL, siendo la más completa y popular con licencia Open Source. Está escrita en C++ usando la librería gráfica multiplataforma wxWidgets, lo que permite que se pueda usar en Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OS X y Windows. Es capaz de gestionar versiones a partir de la PostgreSQL 7.3 ejecutándose en cualquier plataforma.

PgAdmin III está diseñado para responder a las necesidades de todos los usuarios, desde escribir consultas SQL simples hasta desarrollar bases de datos complejas. El interfaz gráfico soporta todas las características de PostgreSQL y facilita enormemente la administración. La aplicación también incluye un editor SQL con resaltado de sintaxis, un editor de código de la parte del servidor, un agente para lanzar scripts programados, soporte para el motor de replicación Slony-I y mucho más. La conexión al servidor puede hacerse mediante conexión TCP/IP o Unix Domain Sockets (en plataformas \*nix), y puede encriptarse mediante SSL para mayor seguridad.

### **2.2.6.2 NetBeans**

Según la página oficial (Netbeans, 2016). NetBeans IDE es un entorno de desarrollo y una herramienta libre y gratuita, para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. El lenguaje de programación está escrito en Java, pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo tanto para escritorio, como aplicaciones Web, o para dispositivos

móviles. Además puede instalarse en varios sistemas operativos: Windows, Linux, Mac OS.

La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java, que contiene clases de java escritas para interactuar con las APIs de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software.

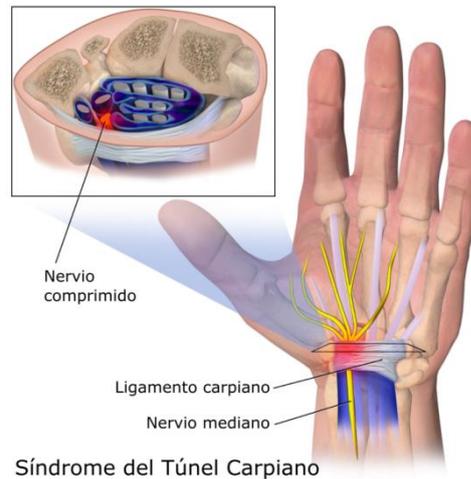
### **2.2.6.3 Java Development Kit (JDK)**

Según (Oracle, 2016), Java Development Kit o (JDK), es un software que provee herramientas de desarrollo para la creación de programas en Java. Puede instalarse en una computadora local o en una unidad de red. El JDK es un entorno de desarrollo para crear aplicaciones, applets y componentes utilizando el lenguaje de programación Java. Además incluye herramientas útiles para desarrollar y probar programas escritos en el lenguaje de programación Java y se ejecuta en la plataforma Java.

### **2.2.7 Síndrome del Túnel Carpiano STC**

(Neurocirujano, 2016), refiere que el Síndrome del túnel carpiano o neuropatía mediana en la muñeca, es un síndrome que ocurre cuando el nervio mediano, que abarca desde el antebrazo hasta la mano, se presiona o se atrapa dentro del túnel carpiano, a nivel de la muñeca. El nervio mediano controla las sensaciones de la parte posterior de los dedos de la mano excepto el dedo meñique, así como los impulsos de algunos músculos pequeños en la mano que permiten que se muevan los dedos y el pulgar.

El túnel carpiano es un pasadizo estrecho y rígido de ligamento entre los huesos en la base de la mano, que contiene el nervio y los tendones medianos. Algunas veces, el engrosamiento de los tendones irritados u otras inflamaciones estrechan el túnel y hacen que se comprima el nervio mediano.



**Figura 16. Túnel carpiano**

Fuente: (Gallery, 2014)

Este síndrome está asociado con los traumatismos ocupacionales repetitivos, lesiones de muñeca, neuropatías, artritis reumatoide, acromegalia, embarazo, así como con otras condiciones. El uso repetido de la muñeca, y la flexión dedos, es un factor de riesgo ocupacional para el síndrome del túnel del carpo.

### 2.2.7.1 Causas

Para (Keith, 2009), el síndrome del túnel carpiano es el resultado de una combinación de factores, que aumentan la presión en el nervio y los tendones medianos en el túnel carpiano. Otros factores que contribuyen al diagnóstico incluyen traumatismos o lesiones en la muñeca que causan la hinchazón como una fractura; hiperactividad de la glándula pituitaria; hipotiroidismo, artritis reumatoide; problemas mecánicos en el empalme de la muñeca; stress laboral; uso repetido de herramientas de uso laboral; retención de líquido durante el embarazo o la menopausia, o el desarrollo de un quiste o de un tumor en el túnel carpiano.

### **2.2.7.2 Síntomas:**

Según (Keith, 2009), los síntomas generalmente comienzan de forma gradual y se manifiestan con sensaciones de dolor de tipo quemazón, parestesia (sensación de hormigueo, adormecimiento, acorchamiento) alrededor de la cara ventral de la mano y dedos, con posibilidad de dispersarse, calor y calambre o entumecimiento en la palma de la mano y los dedos, especialmente del pulgar y de los dedos medio e índice; se manifiesta más el dolor en las noches y en ocasiones puede ser bilateral.

Una persona con síndrome del túnel carpiano puede despertarse sintiendo la necesidad de “sacudir” la mano o la muñeca. A medida que los síntomas se agravan, los pacientes comienzan a sentir el calambre durante el día. La disminución en el pulso de la mano puede dificultar cerrar el puño, agarrar objetos pequeños o realizar otras tareas manuales. En casos crónicos y sin tratamiento, los músculos de la base del pulgar pueden debilitarse o atrofiarse. Se altera la sensibilidad no pueden distinguir el frío y el calor a través del tacto.

En la mayoría de ocasiones la sintomatología empeora con actividades que requieren de la realización de movimientos repetitivos, o también en situaciones en las que la muñeca permanece doblada o extendida durante mucho tiempo (hablar por teléfono, conducir, peinarse, manejar un mouse, usar un teclado, etc.).

### **2.2.7.3 Diagnóstico:**

Según (Durkan, 2007), es necesaria una detallada historia médica la cual consta de datos generales del paciente como la ocupación o enfermedades patológicas. El diagnóstico se debe completar con métodos auxiliares complementarios como es la radiología, el laboratorio y los estudios eléctricos.

- Examen radiográfico: se solicitan radiografías de frente y de perfil de muñeca y axial de túnel carpiano.

- Análisis de laboratorio: con el objeto de realizar control de las afecciones que pueden tener relación con el síndrome.
- Electromiografía: de gran utilidad para el diagnóstico objetivo de la topografía de la lesión, severidad del cuadro y tiempo de evolución.

#### 2.2.7.4 Pruebas de diagnóstico del STC

Existen algunos signos clínicos y pruebas complementarias que confirman el diagnóstico. Entre los datos que orientan hacia la existencia de un síndrome del túnel del carpo se encuentran una serie de maniobras que deliberadamente disminuyen o aumentan el espacio de tránsito por dicho túnel, comprobando con ello si aumenta o disminuye la sintomatología, en la figura 17 se muestra las principales pruebas de diagnóstico del STC.

<b>Signo de Flick</b>	Es el signo con mayor valor predictivo. Es positivo cuando el paciente al ser interrogado menciona que los síntomas empeoran por la noche y mejora agitando la mano de la misma manera que lo hace para "bajar en un termómetro de mercurio el indicador de temperatura.	
<b>Signo de Phallen</b>	Se presenta dolor característico cuando se realiza flexión palmar de la muñeca a 90 grados durante un minuto debido a que se reduce el espacio del túnel del carpo, desencadenándose parestesias en la mano.	
<b>Signo de Tinel</b>	Se percute el ligamento anular de la muñeca con un martillo de reflejos. Si existe compromiso del canal, se produce una sensación de calambre sobre los dedos primero, segundo y tercero.	

**Figura 17. Pruebas de diagnóstico para STC**

Fuente: (Cenetec.salud, 2016)

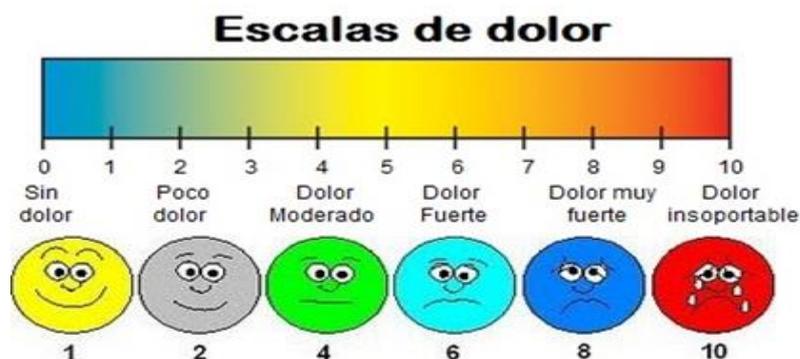
Los signos o pruebas de Phallen y Tinel son supremamente orientativos. En caso de dudas, la prueba diagnóstica más sensible, segura y específica que confirma definitivamente la existencia de compresión del nervio para el STC, es la Electromiografía (EMG). Con esta prueba se establece la velocidad

de conducción nerviosa del nervio mediano, manifestándose como un retardo de la conducción nerviosa sensitiva y motora a su paso por el carpo.

En el estudio realizado por (Barea, 2015) la electromiografía es la técnica de registro gráfico de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos durante el movimiento. Esta actividad eléctrica es conocida como el electromiograma o “EMG”. El EMG puede ser monitoreado a través de electrodos insertados dentro de los músculos (electrodos intramusculares) o a través de electrodos en la superficie de la piel sobre el músculo (electrodos superficiales).

#### 2.2.7.5 Valoración del dolor para el STC según la Escala visual análoga (EVA).

La valoración de dolor según la escala visual análoga (EVA), según (Fedelat, 2016), es una prueba muy sencilla, en la que el paciente marca la intensidad del síntoma que le aqueja, de acuerdo a una escala de 0-10 en una línea recta de 10 cm de largo, cuyo lado izquierdo dice sin dolor y al final de la línea al lado derecho dice máximo dolor o dolor insoportable.



**Figura 18. Escala visual análoga (EVA)**

Fuente: (Clientesapc, 2015)

Para determinar la molestia que le aqueja, al paciente no se le pide que describa su dolor con palabras específicas, sino más bien es libre de indicar sobre una línea continua la intensidad de su sensación dolorosa en relación con los dos extremos de la misma.

### **2.2.7.6 Valoración de fuerza Muscular para el STC según la Escala Daniel's**

Según el estudio realizado por (Mediavilla Porras, 2014), Daniel's es la escala validada internacionalmente para medir la fuerza muscular de forma manual, además de la más usada. Aunque al ser manual incluye aspectos subjetivos, es muy fácil de utilizar tanto de forma analítica como en grupos musculares, y no requiere de material alguno. Se mide mediante una escala numérica que va de 0 a 5, donde:

**0** = No se detecta contracción activa en la palpación ni en la inspección visual. Parálisis total.

**1** = Se ve o se palpa contracción muscular pero es insuficiente para producir movimiento del segmento explorado.

**2** = Contracción débil, pero capaz de producir el movimiento completo cuando la posición minimiza el efecto de la gravedad.

**3** = Contracción capaz de ejecutar el movimiento completo y contra la acción de la gravedad pero sin resistencia.

**4** = La fuerza no es completa, pero puede producir un movimiento contra la gravedad y contra una resistencia manual de mediana magnitud.

**5** = La fuerza es normal y contra una resistencia manual máxima por parte del examinador

### **2.2.7.7 Tratamiento general para el STC:**

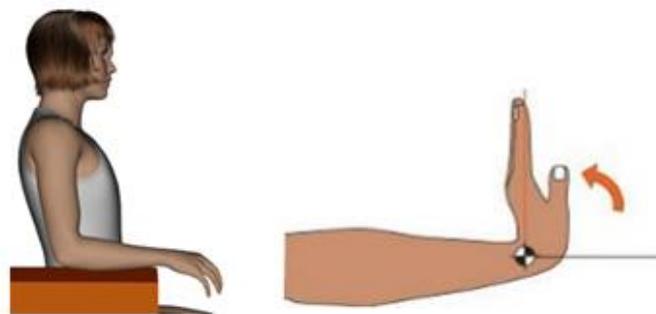
Para (Durkan, 2007) los síntomas frecuentemente pueden ser aliviados sin cirugía, usando ejercicios terapéuticos, identificando y tratando enfermedades asociadas, como también con el uso de medidas ergonómicas como muñequeras y férulas, para reducir la presión en el nervio mediano. Adicionalmente se puede administrar medicamentos antiinflamatorios por vía oral o infiltración. Cuando los síntomas son severos o no mejoran, es posible realizar una cirugía.

### 2.2.7.8 Tratamiento de rehabilitación mediante ejercicios fisioterapéuticos para STC

Para (Conesa, 2015), en cuanto a la realización de ejercicios, el estiramiento de la musculatura flexora (muñeca y dedos, aductor del pulgar y pronadores), realizados varias veces al día, liberan la presión del nervio mediano, sirviendo como tratamiento para la rehabilitación de una persona que padece STC. Los ejercicios lo realiza el paciente guiado por el fisioterapeuta.

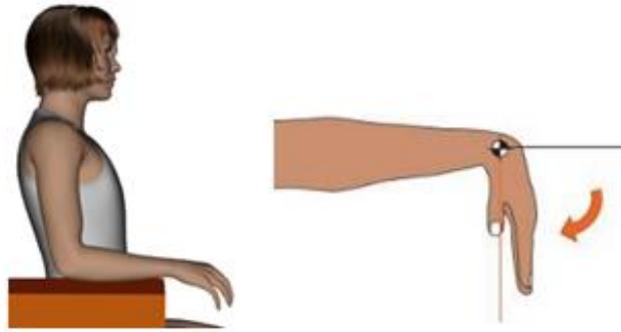
Los ejercicios terapéuticos más usados para la rehabilitación del STC se describen a continuación:

- **Extensión de muñeca:** sentado, con el antebrazo apoyado sobre una mesa o el brazo estirado, y dejando la mano fuera, llevar la mano hacia arriba lentamente todo lo que se pueda, mantener la posición y volver a la posición inicial.



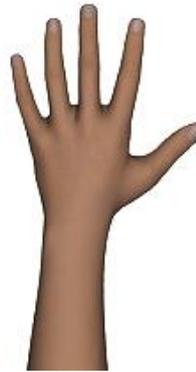
**Figura 19. Extensión de muñeca**

- **Flexión de muñeca:** sentado, con el antebrazo apoyado sobre una mesa o el brazo estirado, y dejando la mano fuera, llevar la mano hacia abajo lentamente todo lo que se pueda, mantener la posición y volver a la posición inicial.



**Figura 20. Flexión de muñeca**

- **Abducción falángica (Movilidad de los dedos):** con la mano abierta, separar los dedos en forma de abanico todo lo posible, mantener la posición y descansar.



**Figura 21. Abducción falángica**

- **Flexión metacarpo falángico (Potenciación de la mano):** Para conseguir fuerza nuevamente en la mano, se debe cerrar lentamente la misma todo lo que sea posible hasta lograr “hacer puño”. Se puede utilizar una pelota o un instrumento para ganar fuerza (digiflex)



**Figura 22. Flexión metacarpo falángico**

## CAPITULO III

### 3 DESARROLLO

#### 3.1 Caracterización

El sistema de rehabilitación virtual se desarrolla en el laboratorio de circuitos eléctricos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, y se evaluará en el área de rehabilitación física del Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) Latacunga, para valorar mediante pruebas clínicas los beneficios que el sistema provee a los pacientes con STC.

Como etapa inicial se realiza un proceso de observación y análisis de los diferentes ejercicios tradicionales de rehabilitación en pacientes con STC, para lo cual es necesario asistir a diferentes sesiones de rehabilitación, y en base al asesoramiento del profesional terapeuta, determinar los movimientos que puedan ajustarse y sean compatibles con el dispositivo háptico Myo.

#### 3.2 Hardware del sistema

El sistema está constituido por un dispositivo de seguimiento háptico, que se adapta a los movimientos del brazo y la mano, por ello se ha elegido el brazalete electromiográfico Myo, puesto que dicho dispositivo tiene movimientos que se ajustan a los usados en la rehabilitación para pacientes con STC. Además es necesario contar con un ordenador personal con las condiciones y características aptas para que soporte el software tanto del brazalete como de los programas para el diseño del ambiente virtual y del sistema de gestión de base de datos.

### 3.2.1 Brazaletes MYO

Para obtener el seguimiento de las extremidades superiores específicamente del brazo y la mano del paciente, se opta por el uso del brazalete electromiográfico Myo de la empresa ThalmicLab, junto con el receptor Bluetooth para establecer comunicación, el cable micro usb y los clips adicionales para asegurar el brazalete. La descripción del sistema Myo es mostrado en la figura 23.



**Figura 23. Sistema Myo**

Fuente: (Labs, 2013)

El brazalete Myo es capaz de controlar diferentes dispositivos (celulares, juguetes, vehículos, pc, etc.) a través de los movimientos de la mano y el brazo. Mediante sensores (electrodos) incorporados, captura las señales electromiográficas del brazo, las procesa y las envía mediante una conexión inalámbrica bluetooth al dispositivo a controlar, no necesita de cámaras, ni de sensores extras para funcionar. La figura 24 muestra un ejemplo de uso del brazalete Myo.



**Figura 24. Ejemplo de uso de Myo**

Myo puede diferenciar entre distintos movimientos y detectar la rotación y el movimiento de la mano, mediante la medición de los distintos patrones de impulsos eléctricos que generan los movimientos, además cuenta con un acelerómetro, giroscopio, y magnetoscopio de tres ejes para entender tales movimientos.

### **3.2.1.1 Diagnóstico y funcionamiento del Brazalete MYO**

Myo ofrece una herramienta de diagnóstico online desde su página web oficial (<http://diagnostics.myo.com/>), donde es necesario establecer conexión entre el brazalete Myo y el computador donde se encuentra instalado el software Myo Connect. (Ver el proceso de instalación de software Myo en anexo C).

Una vez establecida la conexión se puede acceder a la herramienta de diagnóstico, la cual permite realizar diferentes pruebas que se detallan a continuación.

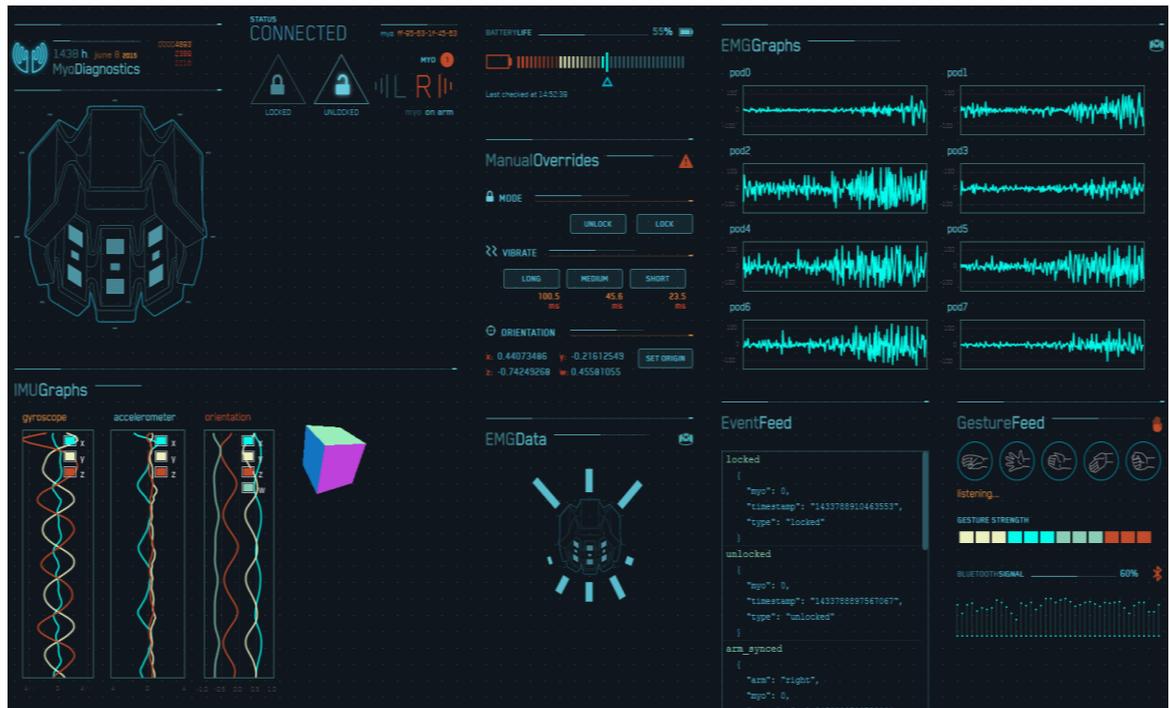


Figura 25. Pantalla de diagnóstico online del brazalete Myo

Fuente: (Labs, 2013)

### 3.2.1.1.1 Estado del brazalete (conectado/desconectado)



En éste apartado se puede observar cuándo el brazalete está conectado, es decir correctamente sincronizado o a su vez se encuentra desconectado, además nos permite ver el número de serie del brazalete.

### 3.2.1.1.2 Acción de bloqueo y desbloqueo.



Esta acción permite saber cuándo el brazalete está bloqueado y cuando está desbloqueado, mediante el uso del gesto de doble pulso, además muestra que el brazalete se bloquea de forma automática tras no recibir ningún movimiento.

### 3.2.1.1.3 Detección de brazo (izquierdo derecho)



La detección de brazo permite saber en cuál de los brazos (izquierdo o derecho) está ubicado el brazalete.

### 3.2.1.1.4 Nivel de batería.



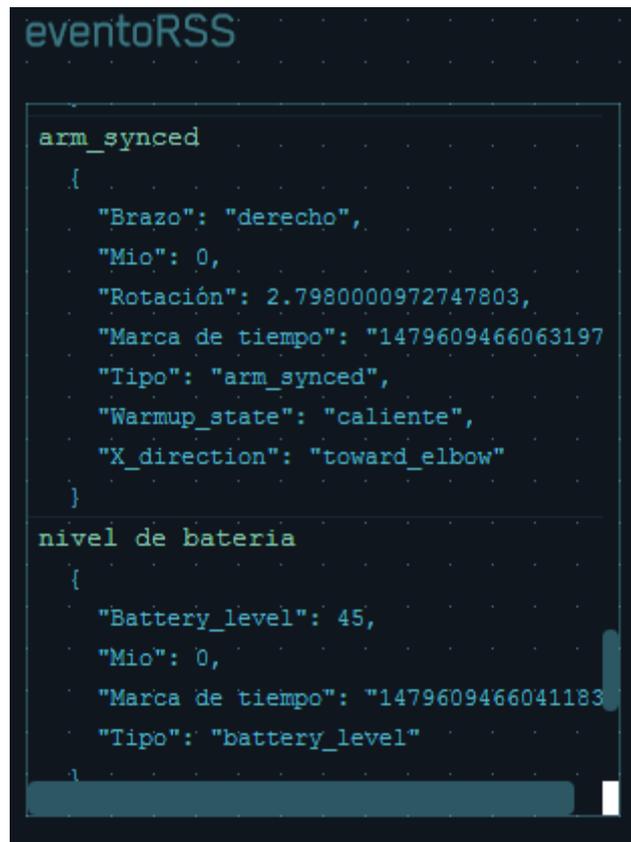
Permite verificar el nivel de porcentaje de batería del brazalete, además muestra la hora exacta en que se tomó la lectura del nivel de la batería del brazalete.

### 3.2.1.1.5 Acciones Manuales



Permite bloquear o desbloquear el brazalete sin la necesidad de usar el gesto de doble pulso, sino mediante un clic, además existe la función vibrar, donde se puede probar los tres niveles de intensidad del motor vibrador interno del brazalete, con solo dar un clic sobre el tipo de vibración que se desee probar, en cada uno de los tres niveles se especifica la duración de la vibración en milisegundos.

### 3.2.1.1.6 Eventos



```

eventoRSS
arm_synced
{
  "Brazo": "derecho",
  "Mio": 0,
  "Rotación": 2.7980000972747803,
  "Marca de tiempo": "1479609466063197",
  "Tipo": "arm_synced",
  "Warmup_state": "caliente",
  "X_direction": "toward_elbow"
}
nivel de bateria
{
  "Battery_level": 45,
  "Mio": 0,
  "Marca de tiempo": "1479609466041183",
  "Tipo": "battery_level"
}

```

Proporciona unas pequeñas líneas de código resultantes de las actividades que se realiza al ejecutar las pruebas, dando detalles como la ubicación izquierda o derecha del brazalete, el nivel de batería y demás actividades que se realiza en el test.

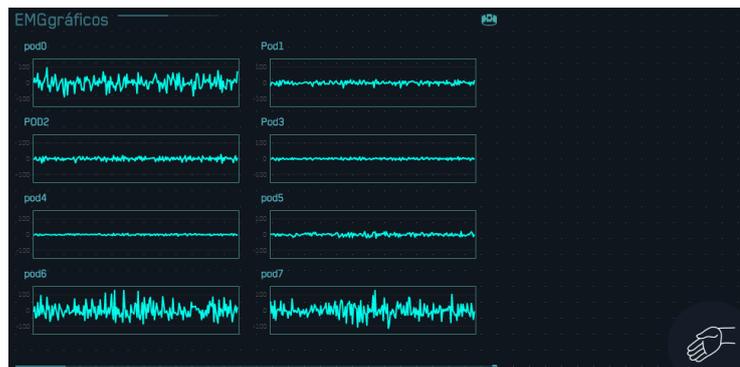
### 3.2.1.1.7 Gráficos EMG

Permite verificar cuál de los sensores EMG se activan cuando se realizan los movimientos, en este caso de los 4 movimientos prediseñados.

## Gesto de saludo a la izquierda



## Gesto de saludo a la derecha



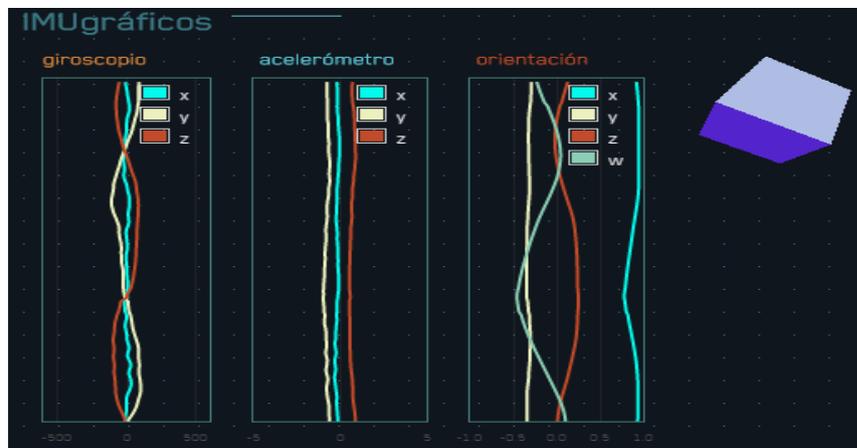
## Gesto de puño cerrado



### Gesto de dedos extendidos



### 3.2.1.1.8 Gráficas IMU



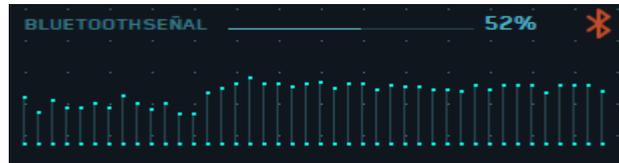
Los gráficos IMU, permite verificar la unidad de medida inercial conformada por el giroscopio, acelerómetro y magnetómetro de orientación de tres ejes, los cuales varían en los ejes x, y, z; dependiendo del movimiento que el brazalete este recibiendo.

### 3.2.1.1.9 Fuerza del gesto



El indicador permite verificar la intensidad de fuerza que se aplica al realizar un determinado gesto. Es aquí donde se pueden realizar los gestos de forma leve para determinar si el brazalete los detecta.

### 3.2.1.1.10 Nivel de señal.



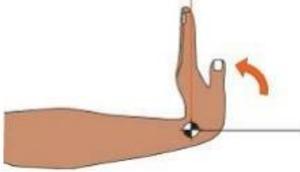
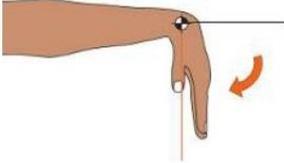
Muestra el nivel de señal con la que el brazalete se está comunicando con el receptor bluetooth, además permite verificar la distancia máxima a la que se podría ubicar el brazalete del computador donde está conectado el receptor bluetooth.

### 3.2.2 Integración de los movimientos de rehabilitación al brazalete Myo

Tomando en cuenta el funcionamiento del brazalete, y ya con los movimientos de rehabilitación previamente seleccionados con ayuda de un profesional terapeuta, se realiza una comparación entre estos ejercicios y los movimientos nativos que reconoce el brazalete Myo. En la tabla 1 se observa la comparación de movimientos.

Tabla 1.

## Cuadro comparativo de movimientos

CUADRO COMPRATIVO DE MOVIMIENTOS	
TERAPÉUTICOS	BRAZALETE MYO
Extensión de muñeca 	Gesto de saludo a la izquierda 
Flexión de muñeca 	Gesto de saludo a la izquierda 
Flexión metacarpo falángico 	Gesto de puño 
Abducción falángica 	Gesto de dedos extendidos 

Con la comparación de movimientos se puede establecer, que los ejercicios de rehabilitación coinciden con los gestos que el brazalete Myo reconoce, es decir no hay necesidad de crear nuevos movimientos, puesto que los existentes se pueden utilizar para las rutinas de ejercicios que

requiere el paciente que padece de STC. Cabe mencionar que en el ejercicio de flexión metacarpo falángico que sirve para recobrar fuerza de los dedos y la mano, es necesario un aparato denominado Digiflex, que es un ejercitador de resistencia progresiva que consta de 5 niveles, cuya información detallada se encuentra en el Anexo B.

Todos estos parámetros se analizan para idear como combinar el dispositivo, los ejercicios de rehabilitación y el software para la implementación del sistema de rehabilitación virtual, además es necesario considerar un sistema de gestión de usuarios, en una base de datos que brinde al usuario y al terapeuta las configuraciones para las rutinas de rehabilitación a través de ejercicios mediante juegos virtuales, como también para almacenar los detalles de resultados al finalizar las rutinas de rehabilitación de cada usuario.

### **3.3 Desarrollo de la interfaz**

En el proceso de creación de la interfaz exige la combinación del dispositivo Myo, y las tecnologías (software myo, unity, potsgres, netbeans), que en primer lugar son analizados individualmente, para posteriormente poder combinarlos y puedan funcionar de forma adecuada y en tiempo real, superando posibles errores beneficiando al presente trabajo. Para poder conseguir un adecuado funcionamiento del sistema se debe efectuar el desarrollo del ambiente virtual que contendrá las pantallas de bienvenida, menús de ingreso a los cuatro juegos virtuales, además el sistema de gestión de usuario y base de datos el cual permitirá ingresar datos del paciente y configuraciones para las rutinas de ejercicios, posteriormente se establecerá un diagrama de flujo del sistema y finalmente descripción del sistema.

#### **3.3.1 Desarrollo del ambiente virtual.**

En esta sección se hará una explicación del software empleado para la creación del ambiente virtual, donde el usuario interactúa gracias al dispositivo háptico de reconocimiento de movimientos. La base central de

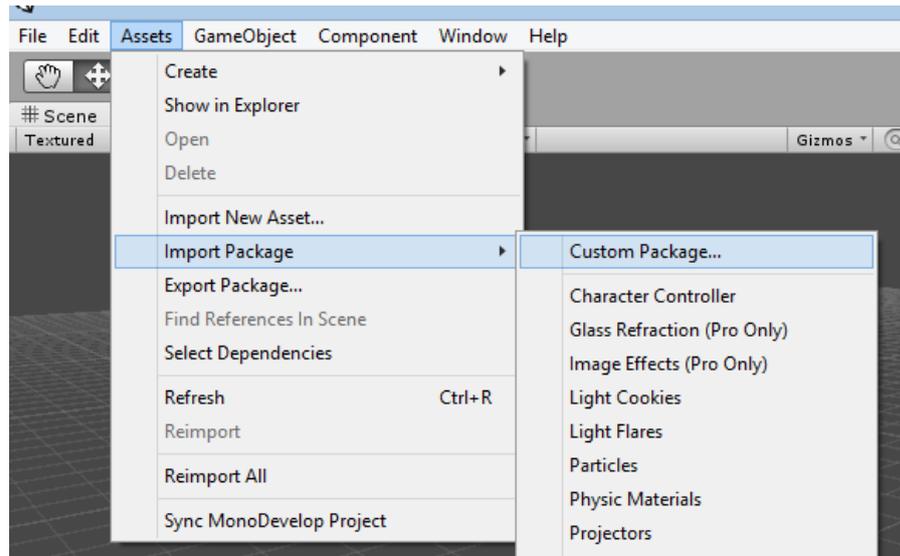
desarrollo en este apartado es el motor gráfico Unity, debido a que es el entorno de desarrollo para la creación de videojuegos interactivos 2D y 3D, en el cual se desarrollan los juegos virtuales de rehabilitación (Realidad Virtual), por lo que resulta necesario mostrar el proceso de vinculación del dispositivo Myo al entorno de desarrollo de Unity.

La versión de Unity que se utilizará en el presente trabajo es la 5.3.5f1, que es la última versión al momento de desarrollar este proyecto.

### **3.3.1.1 Integración de Myo en Unity**

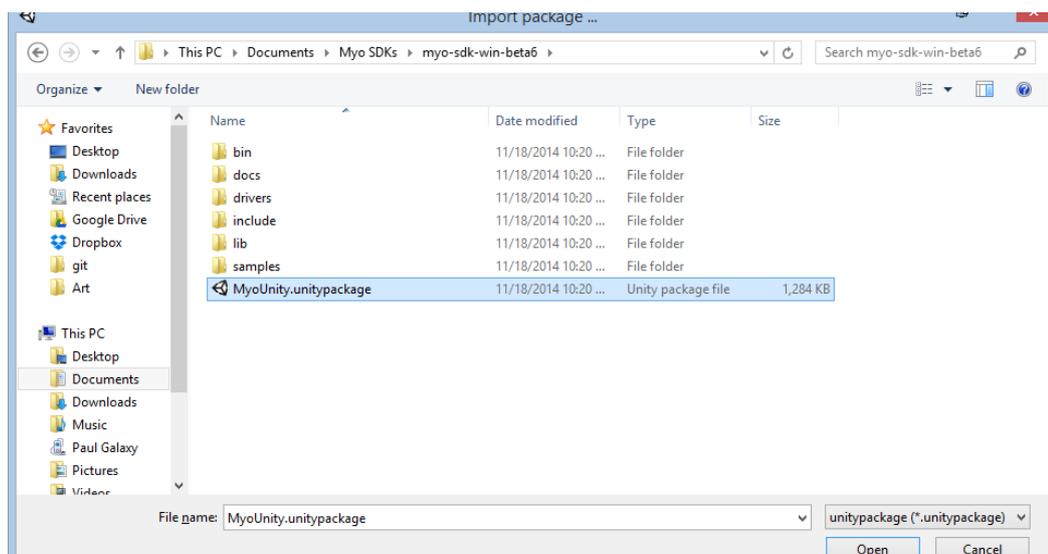
Para la conexión entre Myo y Unity, es necesario instalar y configurar el brazalete Myo en el ordenador, lo cual se detalla en el Anexo C. Considerando que para el desarrollo del proyecto se cuenta con un ordenador con sistema operativo Windows 7 con un procesador Intel Core i3. Para lograr la integración del dispositivo Myo en el entorno de desarrollo de Unity, es necesario descargar el paquete Myo para Unity, que contiene la información necesaria para integrarse, y se debe considerar el siguiente proceso:

1. Descargar e instalar la unidad Unity.
2. Descargar y extraer el SDK de Myo.
3. Abrir un nuevo proyecto Unity
4. Ir a Activos -> Importar paquete -> paquete personalizado como se observa en la figura 26.



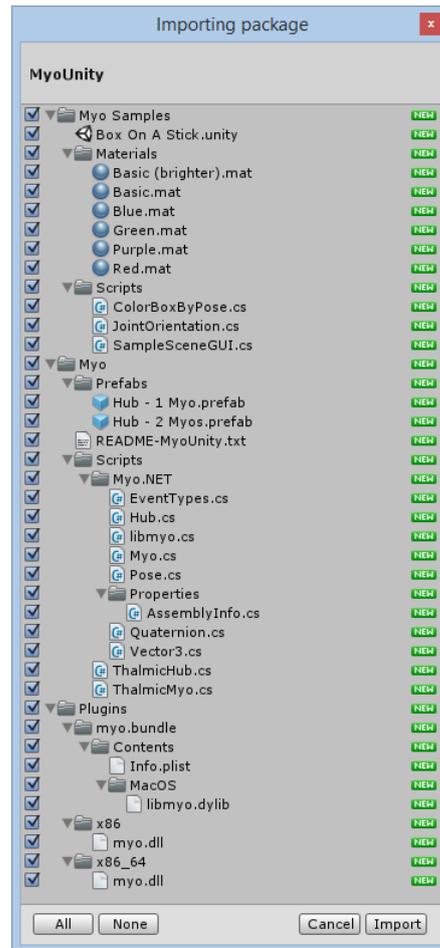
**Figura 26. Importación de unity package**

5. Navegar a la ubicación donde se ha extraído el SDK Myo y seleccionar MyoUnity.unitypackage como se muestra en la figura 27



**Figura 27. Ubicación del archivo MyoUnity.unitypackage**

6. Importar todos los paquetes como se muestra en la figura 28. El ejemplo de scripts Myo es útil, pero no esencial.



**Figura 28. Selección e importación de unity package**

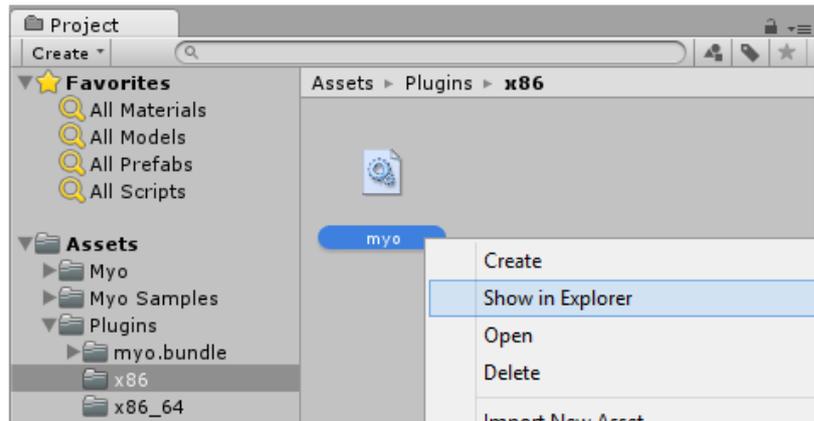
Si se tiene Unity Pro, no se necesita ningún proceso adicional. Si se está utilizando la versión libre, como es el caso de este proyecto se necesita seguir unos pasos adicionales.

### 3.3.1.1.1 Pasos adicionales Unity gratis

Tomar el archivo myo.dll que está en la carpeta plugins / x86, en la carpeta de proyecto principal, y borrar la carpeta Plugins.

Pasos:

1. En la vista de proyecto en la Unidad, Activos abiertos -> Complementos -> x86. Dar clic derecho sobre Myo y seleccionar "Mostrar en el Explorador", como se muestra en la figura 29.



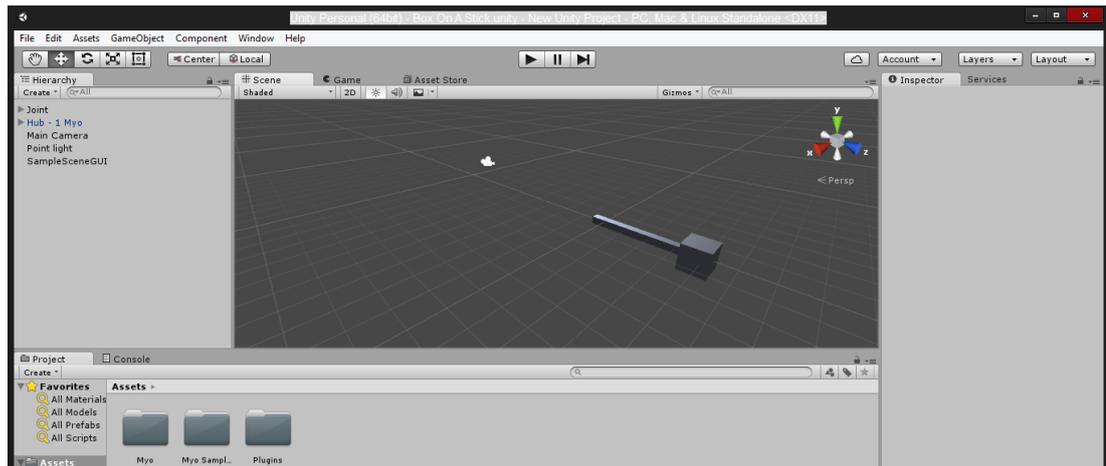
**Figura 29. Vista de proyecto en unity**

2. Copiar myo.dll
3. Navegar hasta la carpeta raíz del proyecto (la que contiene Assets,)
4. Pegar el archivo myo.dll como se muestra en la figura 30.

Name	Date modified
Assets	11/18/2014 1:28 PM
Library	11/18/2014 1:28 PM
ProjectSettings	11/18/2014 12:56 ...
Temp	11/18/2014 1:28 PM
myo.dll	11/14/2014 9:16 PM

**Figura 30. Pegado del archivo myo.dll en la carpeta raíz del proyecto**

5. Volver atrás en Assets y eliminar la carpeta Plugins.
6. A partir de ahí, sólo se tiene que abrir un proyecto nuevo en Unity y arrastrar un Myo Hub prefabricado, donde está el ejemplo que proporciona Myo para que corra en Unity, como se muestra en la figura 31.



**Figura 31. Proyecto Myo Hub prefabricado**

Para ejecutar la escena en unity es necesario que el brazalete este previamente conectado y creado el perfil de calibración (ver Anexo C Calibración de perfil personalizado). Para poder correr el proyecto en unity, dar Clic en el botón play, se debe mover el brazo para poder probar el modelo 3D de Unity y verificar el movimiento del brazo en la pantalla como se observa en la figura 32.



**Figura 32. Ejecución del ejemplo de Myo en Unity**

Los componentes internos del brazalete registran los movimientos provenientes de la mano y el brazo, esta información se envía al procesador del brazalete que lo convierte en algoritmos de comandos, los cuales se trasmite mediante comunicación bluetooth hacia el computador, permitiendo que el software Unity lo interprete por medio del Kid de desarrollo de software (SDK) y produzca una acción que se puede observar en la pantalla.

Una vez analizado la interacción del brazalete Myo en Unity, se procede a diferenciar los cuatro movimientos que se necesita para posteriormente convertirlos en los ejercicios de rehabilitación que se utilizarán en forma de juegos virtuales en el sistema propuesto para dar rehabilitación a pacientes con STC.

### **3.3.2 Interfaz de usuario**

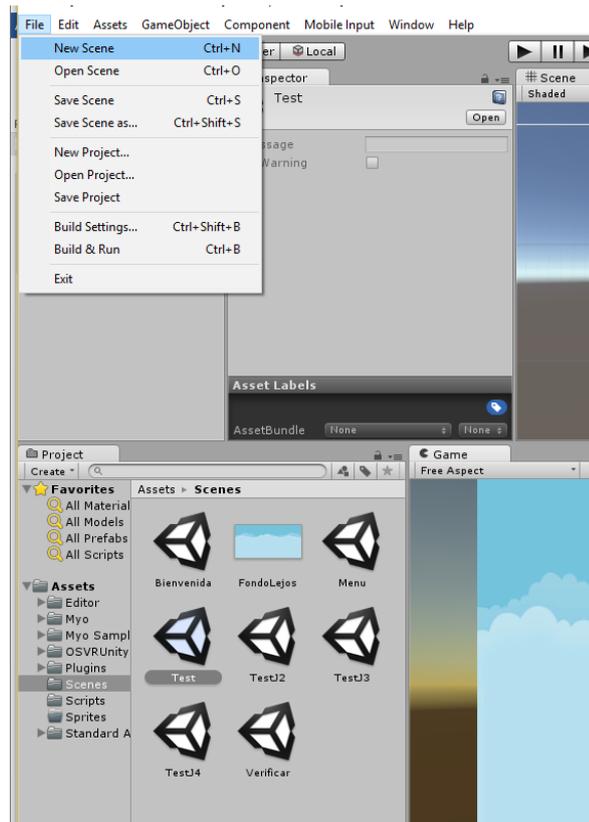
En este apartado se explicará el proceso que se necesita para crear las pantallas, botones, menús y objetos animados que formaran parte de los entornos virtuales, con los que podrá interactuar el paciente en el proceso de rehabilitación.

#### **3.3.2.1 Desarrollo del menú principal**

En el menú principal se encuentra como parte inicial una pantalla que contiene el botón Ingresar, que al dar un clic nos traslada a la siguiente pantalla, donde se despliega un mensaje de bienvenida, y a la vez muestra los 4 botones para cada uno de los juegos.

Para empezar con el proceso de diseño se debe tomar como base, el código obtenido durante el proceso de integración de Myo con Unity y al estar configurado y listo para la interacción con el brazalete, se procede a la creación de la primera escena en la cual nos presentará el botón para el ingreso a la misma.

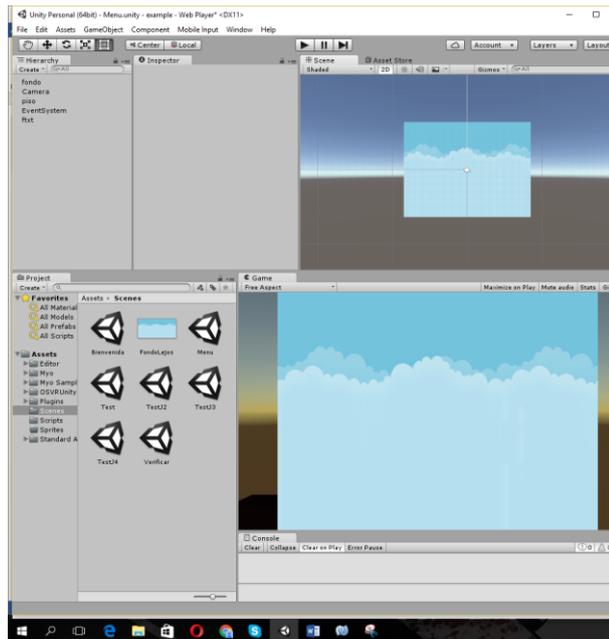
Inicialmente agregamos una nueva escena (SCENE) que llamaremos "Menu", tal como se muestra en la figura 33.



**Figura 33. Creación de una nueva escena en unity**

La pantalla o interfaz inicial se constituye de una escena que para crearla se necesita de un canvas (lienzo que permite programar gráficos es decir es un contenedor de gráficos) como fondo tal como se observa en la figura 33, como también un elemento de cámara, para la visualización que sirve para poder observar todos los elementos que tiene la escena, un elemento EventSystem que servirá para enviar eventos a objetos en la aplicación ya sea desde el teclado, mouse o desde un input personalizado (acción del brazalete) y el botón llamado ftxt que servirá para los archivos de texto.

En el canvas se incluye una imagen de fondo y un piso que servirá para todas las interfaces del ambiente virtual. Utilizando el preview de la cámara se procede a enfocar en la pestaña game el área más adecuada para la visualización del fondo del ambiente virtual. Es primordial el enfoque de la cámara para cubrir toda el área necesaria y así obtener una interfaz en pantalla completa tal como se puede observar en la figura 34.



**Figura 34. Imagen de fondo para las interfaces**

### 3.3.2.1.1 Configuración de botones

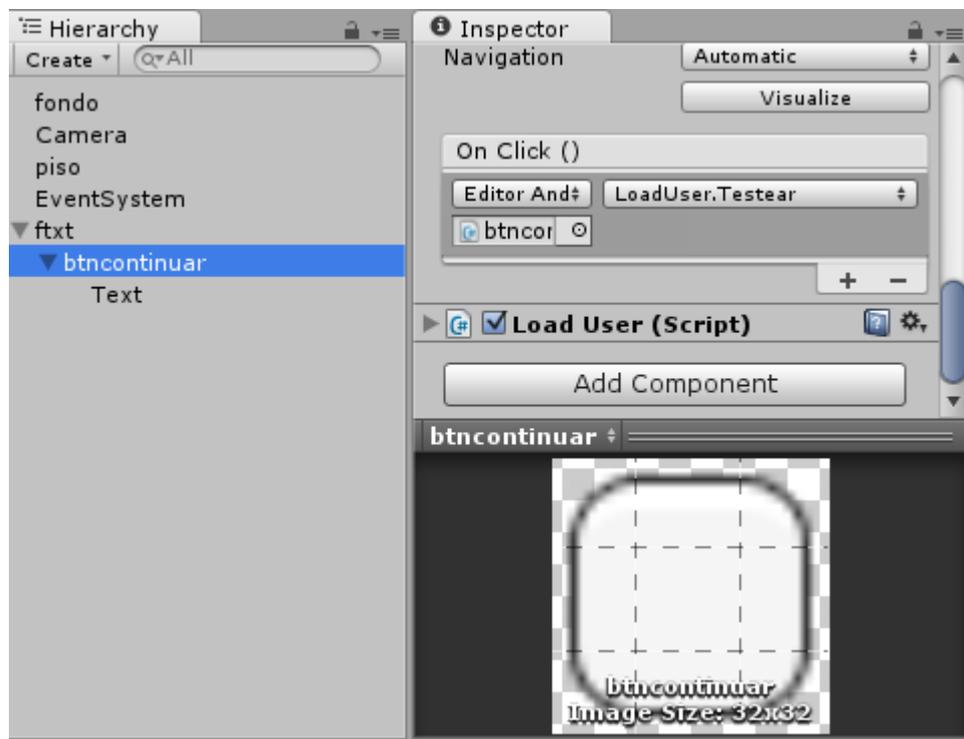
Teniendo ya establecido el fondo que se necesita para la interfaz, se procede a colocar botones (se pueden dar las configuraciones que se desea). Para esto agregaremos un botón que permitirá interactuar con el sistema y que lleva por nombre “Ingresar”, como se puede observar en la figura 35. Este botón servirá para que el usuario pueda ingresar al sistema y pueda continuar con la siguiente interfaz que es el menú.



**Figura 35. Asignación de botón Ingresar**

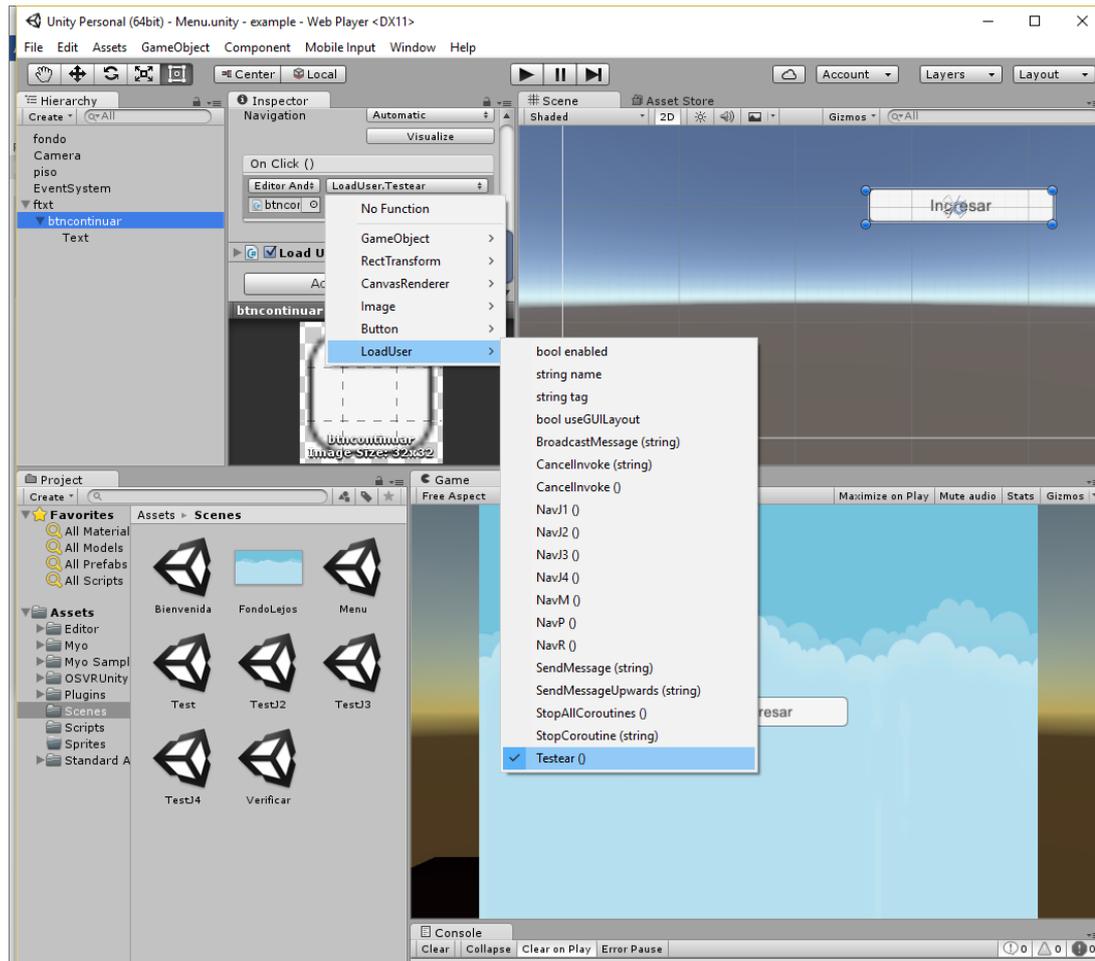
Para ingresar al menú se crea el botón btncontinuar, con una etiqueta de texto que llevará por nombre “Ingresar”. Se integra además el evento On Click() que permite al botón ser invocado solo cuando un usuario haga click

en el botón y lo suelte, al realizar esto al botón se le agrega un script (conjunto de instrucciones) para darle funcionamiento, y con la función LoadUser.Testear, mediante el cual se establece una conexión de Unity con la base de datos postgres (myo); es decir que mediante esta asignación al botón, se puede establecer la comunicación entre el programa diseñado en Unity y la aplicación Web de la base de datos creada en Netbeans. La configuración del botón se puede observar en la figura 36. La clase LoadUser se adjunta en el Anexo D #1 y el diagrama de base de datos se adjunta en el AnexoD #2.



**Figura 36. Configuración del botón continuar**

En el botón “Ingresar” se pueden integrar algunas funciones, para que permita realizar varias interacciones, por lo cual al darle clic al botón + que se encuentra a la derecha de la ventana inferior, se le puede ir agregando instrucciones a seguir con cada clic, cabe mencionar que las únicas opciones que pueden ser asignadas a un botón son aquellas de tipo void que hayan sido previamente programadas, por ejemplo se agrega el evento Testear de la clase LoadUser como se observa en la figura 37.



**Figura 37. Asignación de funciones al botón continuar**

Ya configurado este botón permitirá que con solo dar un clic sobre él, se ejecutará el siguiente código

```
public void Testtear(){
    NpgsqlConnection conn = new NpgsqlConnection ("Server=127.0.0.1;User Id=postgres;Password=123456;Database=db_myo;");
    conn.Open ();

    NpgsqlCommand command = new NpgsqlCommand ("Select COUNT(*) from sesion where estado = true;", conn);
    Int64 count = (Int64)command.ExecuteScalar ();

    if (count == 1) {
        SceneManager.LoadScene ("Bienvenida");
    } else {
        SceneManager.LoadScene ("Verificar");
    }
    conn.Close ();
}
```

Este código establece la comunicación con la base de datos, la cual deber estar llena con los campos necesarios que en el apartado de desarrollo de la base de datos se detallara, es así que mediante la intercomunicación se

verifica que solo un usuario debe ser tratado en ese momento. Una vez registrado el usuario, la interfaz de Unity se direccionará a la siguiente escena que es la de “Bienvenido”, como se observa en la figura 38.

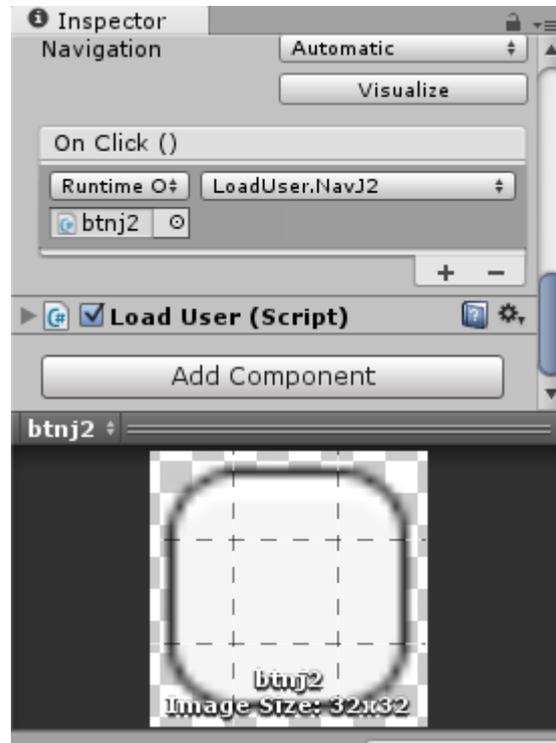


**Figura 38. Escena de bienvenido**

La escena de bienvenido de la misma manera incluye el fondo estándar para toda la aplicación, contiene un cuadro de texto en la parte superior con la etiqueta “Bienvenido”, además incluye botones que dirigen a cada uno de los juegos planteados (juego 1, juego 2, juego 3, juego 4), en la parte derecha de cada uno de los botones de juegos se encuentra un botón en forma de signo de interrogación, que mostrará información sobre el juego que va a escoger y algunas instrucciones que se presentaran en forma de texto con solo dar un clic sobre ellas; finalmente en la parte inferior se encuentra un botón denominado salir que permite regresar a la pantalla anterior.

Para la creación de los pulsadores de los 4 juegos, se necesita 4 botones, al dar clic en alguno de ellos ejecutará el método encargado de cargar su juego correspondiente. Los botones encargados de la redirección se llaman

NavJ1, NavJ2, NavJ3, NavJ4 respectivamente a cada uno de los juegos, mismos que serán referenciados por cada uno de los botones tal como se muestra en la figura 39.



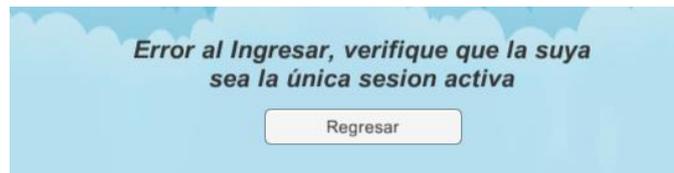
**Figura 39. Configuración de botones de redirección de juegos**

Para mantener los datos del usuario es necesario utilizar la instrucción `SceneManager.LoadScene`` porque si se cambian configuraciones o de usuario en la base de datos, la aplicación de Unity no se detiene, debido a que esta instrucción permite mantener los datos del usuario que está recibiendo la terapia independientemente de la interfaz en la que se encuentre.

```
public void NavJ2(){
    SceneManager.LoadScene ("TestJ2");
}
```

Para generar la pantalla o interfaz de “Bienvenido”, es importante haber elegido un solo usuario en la aplicación de la base de datos. De no elegir o elegir más se presentará otra escena que se denomina “Verificar”, la cual

contiene el mismo fondo de pantalla e incluye un mensaje de texto que es: “Error al ingresar, verifique que la suya sea la única sesión activa”, además contienen un botón etiquetado “Regresar”, tal como se muestra en la figura 40, el cual regresa a la interfaz de menú principal, permitiendo que se corrija la selección en la aplicación de la base de datos.

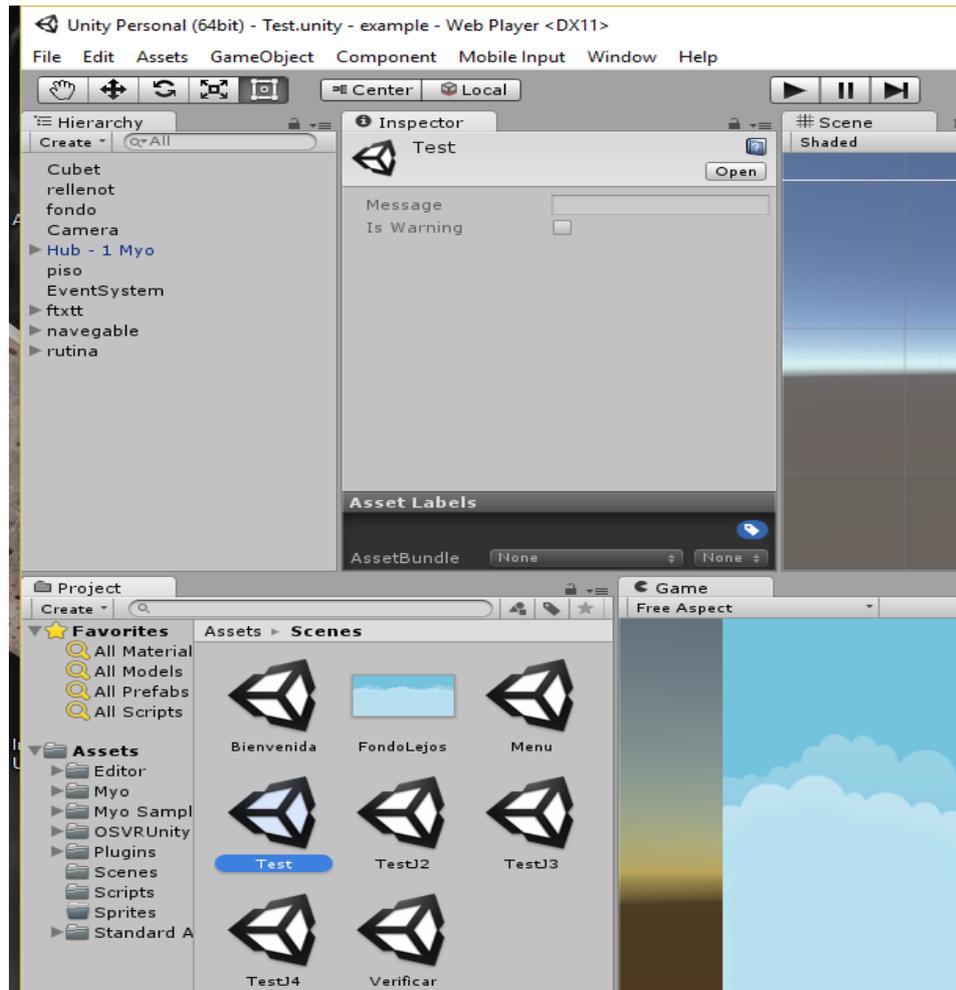


**Figura 40. Escena verificar**

### **3.3.2.2 Interfaz de Juegos**

En este apartado se explicará el proceso de creación de la interfaz de los juegos, que incluyen: botones, indicadores visuales, objetos animados, y mensajes, la combinación de estos elementos servirán para que el usuario en este caso el paciente pueda interactuar de forma fácil y sencilla dentro del ambiente virtual del juego y ejecutar sus rutinas de rehabilitación.

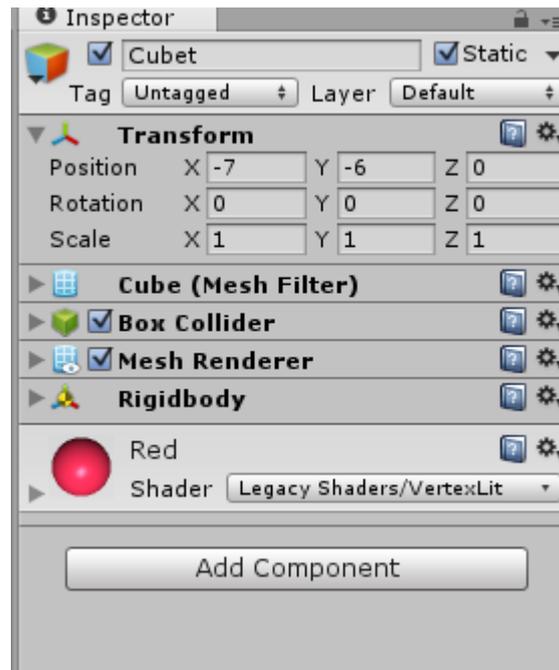
El proceso se va realizando de la misma manera que en el apartado anterior, consta de cuatro escenas Test, TestJ2, TestJ3, TestJ4, que incluyen un fondo, un piso, un objeto en forma de barra, un semáforo, y botones que permiten realizar diferentes acciones requeridas durante el funcionamiento del juego, como se puede ver en la figura 41.



**Figura 41. Escenas creadas para los 4 juegos**

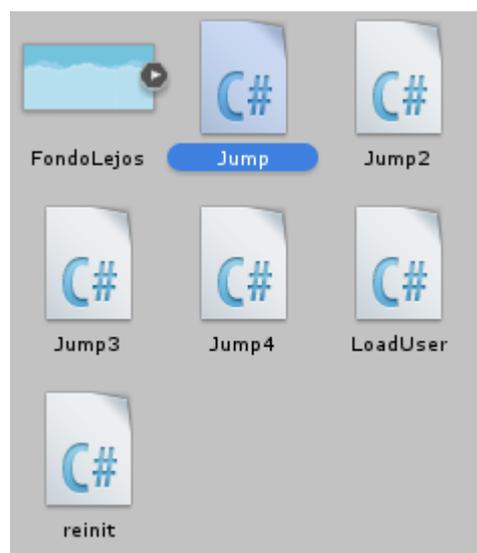
Cada juego contiene de 2 botones que serán los encargados de darle navegabilidad y dirección a las interfaces del juego para que puedan interactuar entre ellas, estos botones son “Atrás” que permite regresar de la interfaz de cualquiera de los 4 juegos a la interfaz de menú, y el botón “Continuar” que permite realizar la repetición del juego.

En esta pantalla también se encuentra del lado izquierdo un objeto en forma de barra en disposición vertical, que interactúa con los movimientos del brazalete Myo, es decir irá cambiando su tamaño en función de los movimientos de rehabilitación elegidos para cada uno de los juegos. Se establecen como parámetros iniciales para este objeto los presentados en la figura 42.



**Figura 42. Propiedades barra vertical**

Como se menciona en el apartado de integración Myo a Unity, se utiliza el archivo myo.dll, el cual al ser instanciado en el código C# nos permitirá recibir información desde el brazalete Myo e interpretarlo dentro de Unity, por lo cual se importa la librería de Myo en los 4 script correspondiente a las 4 interfaces de juegos (scenes) que son: Jump, Jump2, Jump 3, Jump4 respectivamente tal como se muestra en la figura 43.



**Figura 43. Librerías Myo importadas a Unity**

Para esta interacción se importaran las librerías de Myo correspondientes a las funciones que se necesite usar en el presente desarrollo como son: la detección de los movimientos, la detección de la posición, la vibración y el estado del brazalete, por lo cual se importan las librerías que se mencionan a continuación:

```
4 using Arm = Thalmic.Myo.Arm;|
5 using XDirection = Thalmic.Myo.XDirection;
6 using VibrationType = Thalmic.Myo.VibrationType;
7 using Pose = Thalmic.Myo.Pose;
8 using UnlockType = Thalmic.Myo.UnlockType;
```

Como lo menciona el paradigma de programación orientada a objetos que se siguió durante el desarrollo, cualquier elemento antes de ser utilizado debe ser instanciado, por eso dentro del método principal de la clase Jump y sus similares (Jump, Jump2, Jump3, Jump), es declarada una variable Myo del tipo ThalmicMyo. Por recomendación de Unity esta variable se declara como publica para poder enlazarla con los objetos del lado de la interfaz.

```
22 public ThalmicMyo Myo;
```

Ya teniendo instanciado o declarado todo lo que se va a ocupar del brazalete y relacionado a la interfaz de unity, es decir al objeto que va a reaccionar con la respuesta del brazalete, se procede a detectar en tiempo real las acciones del brazalete, por lo cual se define el método MoveCheck() dentro de la clase Jump y sus similares. El siguiente código muestra la ejecución del método MoveCheck().

```

IEnumerator MoveCheck()
{
    //while (Application.isPlaying)
    while(Application.isPlaying)
    {
        if (Relleno.transform.localScale.y <= 9.1f) {
            // Adds force when the user makes a fist or presses the enter key
            if (Myo.pose == Thalmic.Myo.Pose.WaveOut || Input.GetKey(KeyCode.RightArrow))
                //Cube.transform.Translate (Vector3.right * velocidadDesplazamiento);
                Cube.transform.localScale = new Vector3 (Cube.transform.localScale.x, Cube.trar
                Relleno.transform.localScale = new Vector3 (Cube.transform.localScale.x, Cube.ti
            }
            /*if (Myo.pose == Thalmic.Myo.Pose.Fist || Input.GetKey(KeyCode.UpArrow)) {
                Cube.transform.Translate (Vector3.forward * velocidadDesplazamiento);
            }
            if (Myo.pose == Thalmic.Myo.Pose.FingersSpread || Input.GetKey(KeyCode.DownArrow)) {
                Cube.transform.Translate (Vector3.back * velocidadDesplazamiento);
            }
            if (Myo.pose == Thalmic.Myo.Pose.DoubleTap || Input.GetKey(KeyCode.Return)) {
                Cube.transform.Translate (Vector3.up * velocidadDesplazamiento * 5);
            }*/
        } else {
            if (Relleno.transform.localScale.y > 9.1f) {
                texto.enabled = true;
            }
        }
        yield return new WaitForSeconds(0.1f);
    }
}

```

MoveCheck() se encarga de detectar los movimientos del brazalete mientras la aplicación en Unity está en ejecución, si el movimiento deseado ha ocurrido, en este caso Wave Out del brazalete se activa y alterará las propiedades de la barra, transformando sus dimensiones verticales a través de un proceso de interpolación basada en el tiempo que haya sido configurado, este proceso se realiza con la siguiente instrucción:

```

Cube.transform.localScale = new Vector3(Cube.transform.localScale.x, Cube.transform.localScale.y
+((15(tiempo)20.1f/(15/tinicial)), Cube.transform.localScale.z);

```

Cuando la barra vertical llegue a su límite superior, se ejecutara el método “actualizatiempo” para verificar si el ejercicio debe darse por terminado o requiere alguna otra repetición. Tras haber terminado el ejercicio en la interfaz del juego se configuró un mensaje de texto que dice “Felicitaciones” y el cubo en forma de barra regresa a sus medidas originales.

```

public void actualizatiempo(){
    if (contador < cantidad-1) {
        tiempo = (tiempo + ((tfinal + tinicial) / cantidad));
        contador = contador + 1;
    } else {
        textorutina.enabled = true;
    }
}
}

```

Un indicador visual en forma de semáforo está disponible en la pantalla de cada juego, sus tres colores indican al paciente el proceso del juego. El foco verde se ilumina al iniciar el juego, segundos antes de finalizar el juego se ilumina el foco amarillo y una vez finalizado el juego se ilumina el foco rojo, tal como se muestra en la figura 44.



**Figura 44. Interfaz de juego**

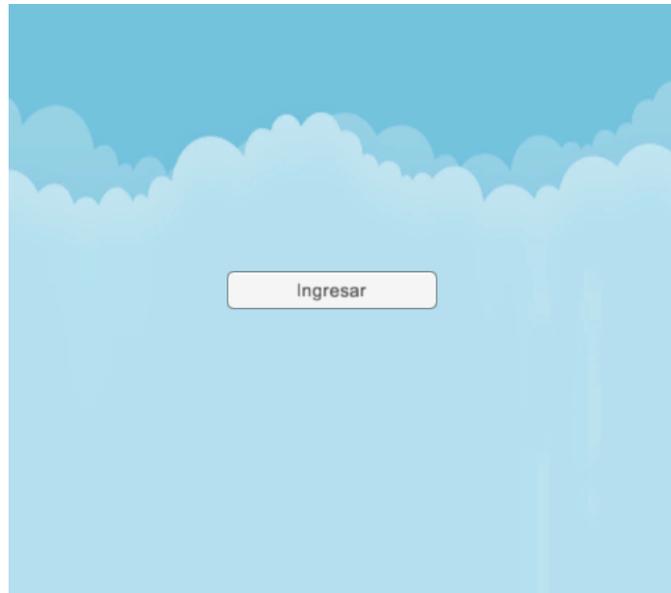
Cabe mencionar que como parte importante en la interfaz de los juegos, se configuró un feedback sensitivo, gracias a la opción de vibración del brazalete, que fue tomado por medio de la librería importada `VibrationType`, que se usó para configurar, en este caso el brazalete emite una vibración cuando el movimiento o ejercicio deja de ser ejecutado en forma correcta.

Cuando el paciente cumple con todas las sesiones de rehabilitación, es decir finalizadas las repeticiones previamente configuradas, se procede a mostrar el mensaje de texto en la pantalla que dice "Rutina Terminada" con lo cual se almacenan los datos provenientes de la sesión de rehabilitación en la aplicación creada para base de datos, que se actualiza de forma automática. Es aquí cuando se daría por terminado una sesión de rehabilitación.

### 3.3.2.3 Descripción del funcionamiento de la interfaz de usuario

En este apartado se hará una explicación detenida del funcionamiento de cada una de las pantallas que integra la aplicación desarrollada en Unity para el sistema de rehabilitación virtual en pacientes con STC. Para que los pacientes interactúen con el sistema de rehabilitación virtual, se requiere como pasos iniciales que se haya ejecutado una sesión en la base de datos y que el brazalete se encuentre activo y listo.

La pantalla principal muestra el ingreso al sistema como se observa en la figura 45, y al dar clic en el botón ingresar se despliega una nueva pantalla que contiene un mensaje de bienvenida, un botón salir y el menú con los 4 botones para cada juego como se observa en la figura 46. Cada botón de juego posee un botón de instrucción en forma de interrogante que al dar un clic muestra un texto con las instrucciones que debe realizar el paciente o usuario tal como se observa en la figura 47.



**Figura 45. Pantalla de ingreso**



Figura 46. Pantalla de bienvenido



Figura 47. Instrucciones de los juegos virtuales

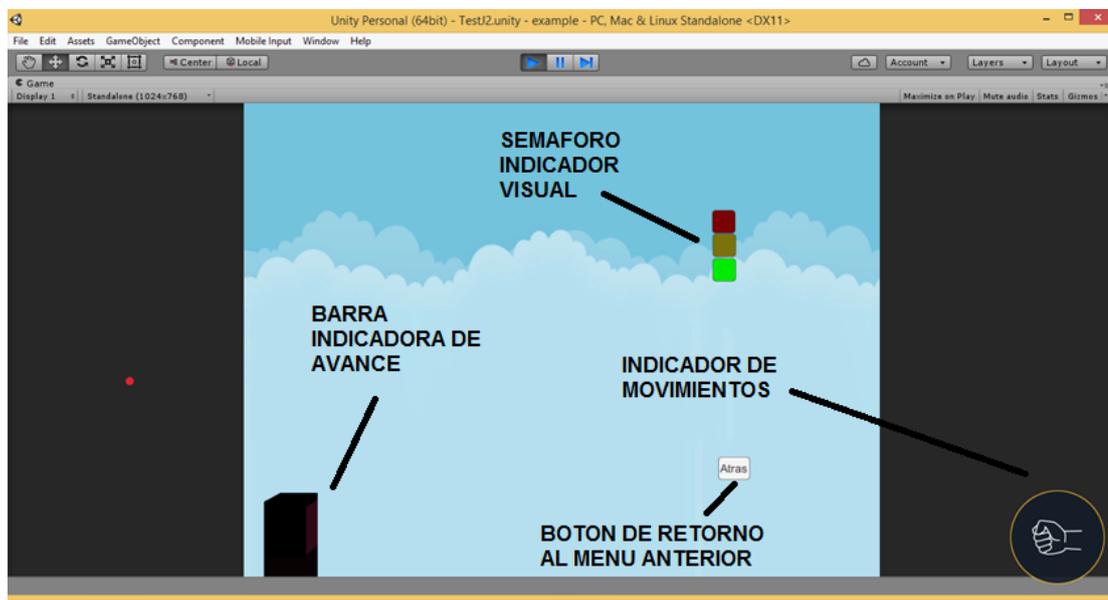
Una vez entendidas las instrucciones de los juegos, y antes de escoger cualquiera de ellos, se deber iniciar una sesión en la base de datos y verificar

que solo una sesión esta activa, caso contrario al ingresar al juego, se muestra un mensaje de error como se observa en la figura 48.



**Figura 48. Error de ingreso**

Corregido los errores se puede iniciar cualquiera de los 4 juegos. Cada uno de los 4 juegos presenta la misma pantalla de interacción y ambiente virtual, que consta de objetos indicadores visuales y botones como se puede observar en la figura 49.



**Figura 49. Pantalla de juegos**

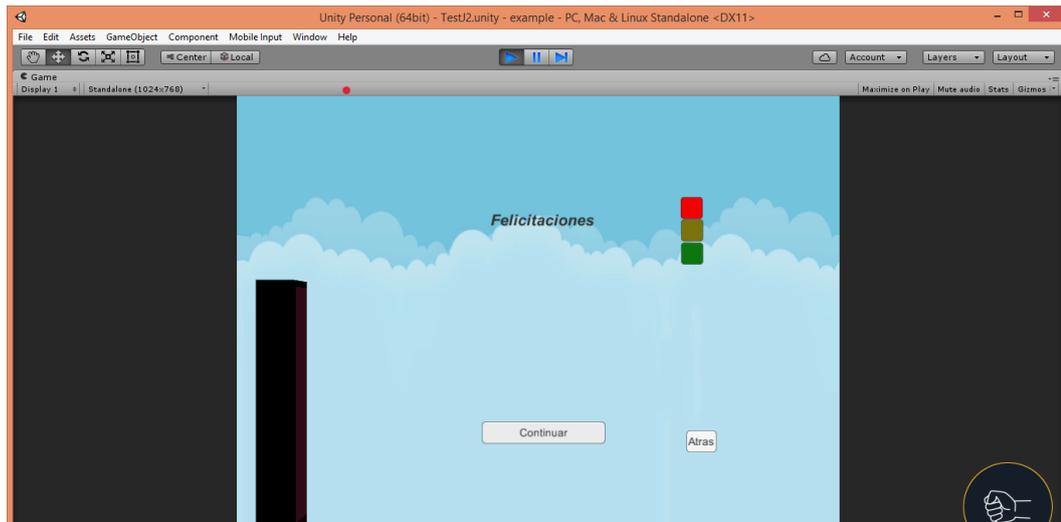
En la pantalla de juegos se tiene un indicador visual en forma de semáforo, que señala al usuario que cuando el foco del semáforo está en color verde, el paciente puede realizar el movimiento del ejercicio seleccionado, cuando el foco del semáforo está en color amarillo le indica que el juego está

por terminar y finalmente cuando el color de semáforo está en rojo le muestra al paciente que debe detenerse.

En la parte inferior izquierda de la pantalla se encuentra un objeto en forma de barra vertical, la cual cambia sus propiedades mostrando el avance de juego, es decir, el tamaño de la barra se va incrementando cuando el paciente está realizando el movimiento correcto en el juego. Cabe mencionar que si el ejercicio o el movimiento está mal realizado, la barra mantiene su tamaño y además como el sistema cuenta un feedback táctil o retroalimentación táctil, el brazalete emite una vibración alertando al paciente para que se puede dar cuenta que el ejercicio o el movimiento está mal realizado, de esa forma el paciente puede tomar la acción correctiva del movimiento que está ejecutando y así completar el ejercicio con el fin de que la barra vertical tome el máximo tamaño.

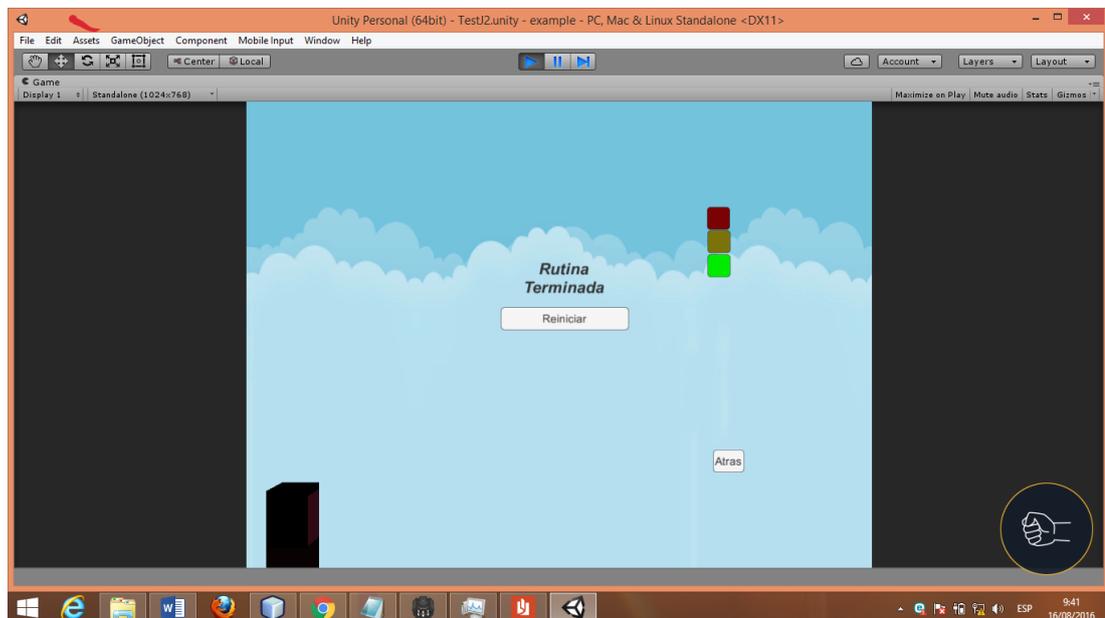
Existe también un indicador del movimiento que el brazalete está captando, este se localiza en la parte inferior derecha de la pantalla, permitiendo también al paciente verificar si el ejercicio que está ejecutando, es el mismo que el sistema le solicita.

Cuando la barra indicadora está en su máximo tamaño y el indicador del semáforo se encuentra en color rojo, en la pantalla aparece un mensaje de felicitación, que sirve como estímulo para completar toda la rutina de ejercicios, como se puede observar en la figura 50. Tras terminar el ejercicio se puede dar clic en el botón continuar lo cual permite ejecutar nuevamente el ejercicio. Cabe recalcar que la velocidad o el tiempo, con la que la barra incrementan su tamaño, es configurada desde la aplicación de la base de datos, como también el número de repeticiones para cada ejercicio.



**Figura 50. Mensaje motivacional**

Al terminar todas las repeticiones de las rutina de ejercicios, en la pantalla el usuario puede observar el mensaje final de rutina terminada, tal como se muestra en la figura 51, tras lo cual el paciente puede tomarse un descanso para preparar la siguiente rutina de ejercicios, es en este momento en que el sistema calcula las variaciones de tiempo que tomo el paciente en completar su rutina, la cual se va almacenando en la base de datos.



**Figura 51. Rutina de ejercicio terminada**

En cualquier momento de la ejecución de algún ejercicio, el médico o terapeuta puede suspender y/o cambiar a otro si las condiciones así lo requiere.

### 3.4 Desarrollo de la base de datos

#### 3.4.1 Integración de Postgres para la creación de la base de datos

Como parte integral del sistema es adquirir información de las sesiones de rehabilitación de cada uno de los pacientes, para lo cual es necesario implementar una base de datos relacional, la misma que contendrá datos personales del paciente, fechas, tiempos y rutinas de ejercicios.

Para este desarrollo es necesario el software PostgreSQL en su versión 9.4, que es un sistema de gestión de bases de datos, misma que integrará las tablas necesarias para el manejo de todos los campos que se requieran en la creación de la base de datos, que complementa al sistema de rehabilitación virtual.

Inicialmente es necesario crear una nueva base de datos llamada bd\_myo como se observa en la figura 52.

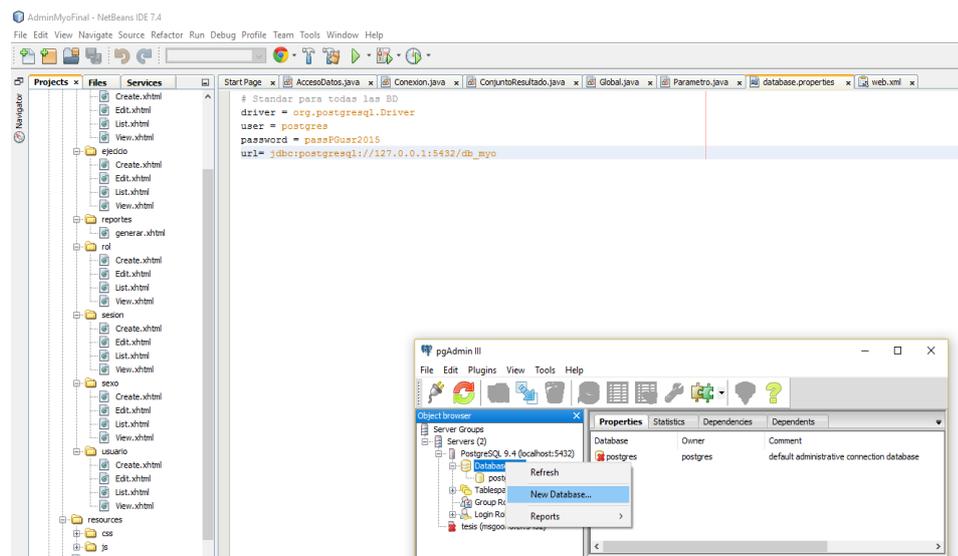
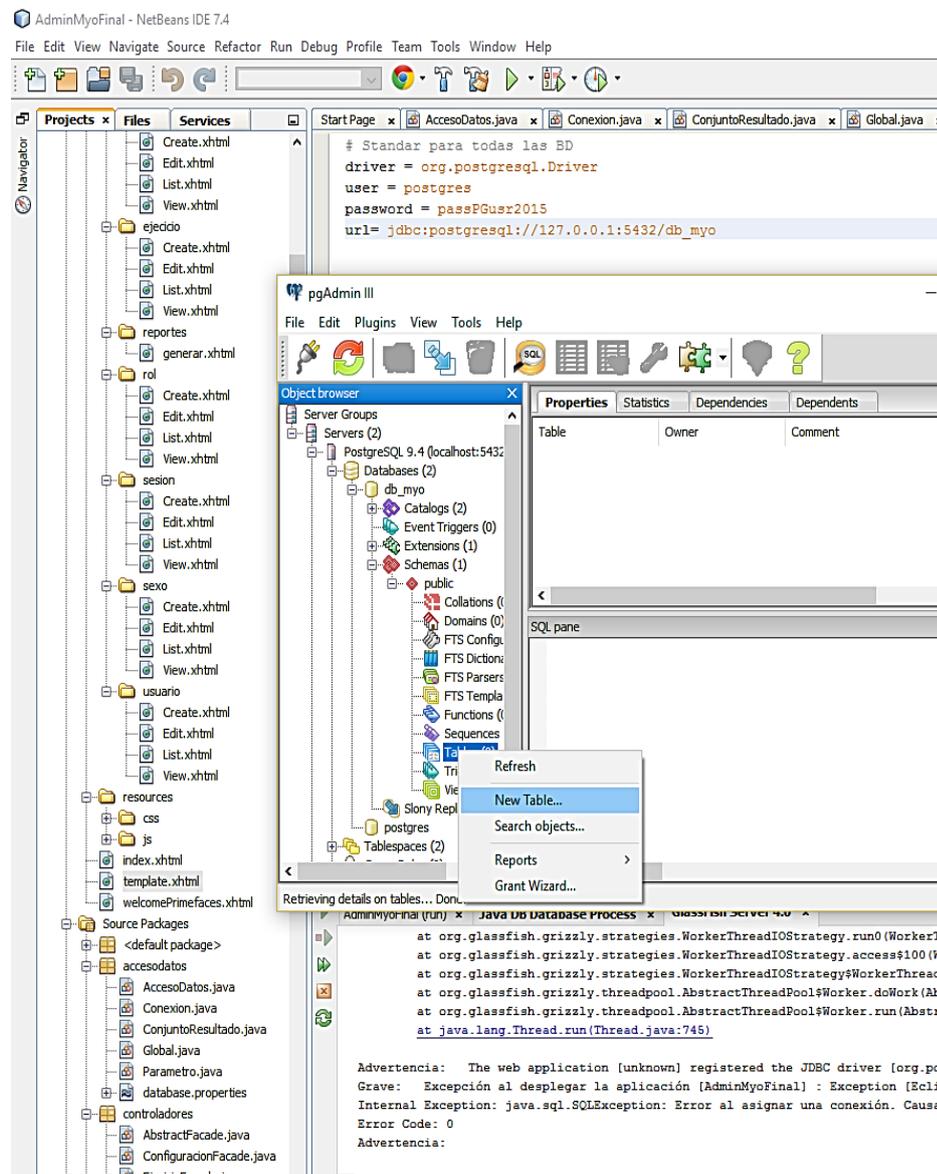


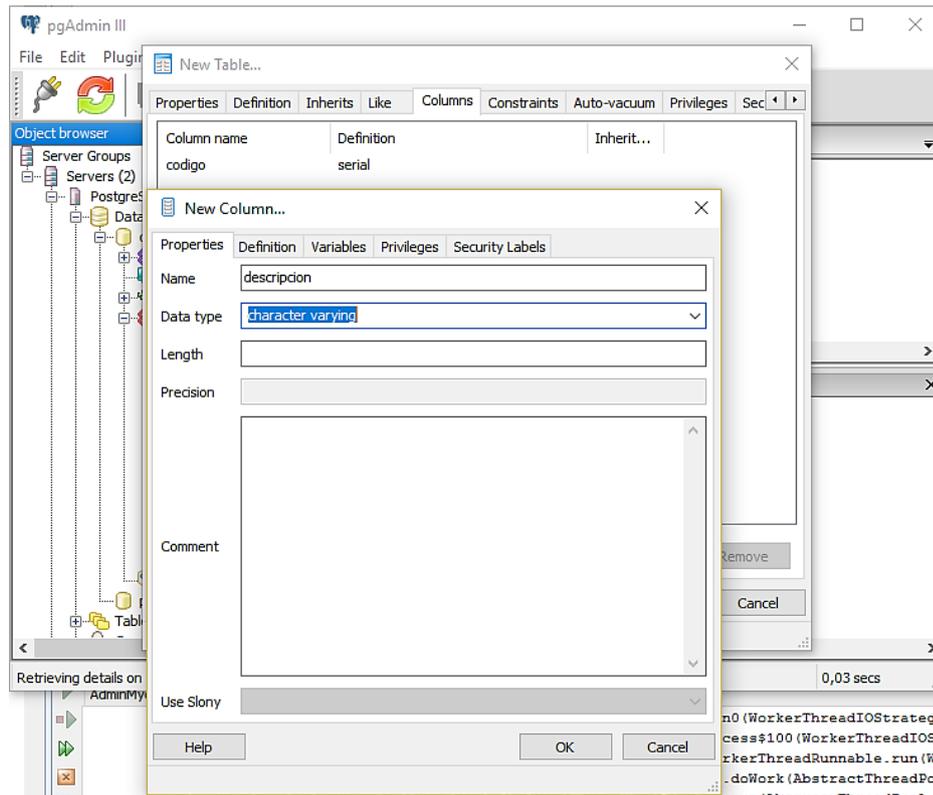
Figura 52. Creación de una nueva base de datos

Para cada una de las tablas involucradas en la base de datos y siguiendo el esquema relacional, que consiste en crear tablas bidimensionales las mismas que están compuestas por filas (o registros) y columnas (o campos); se sigue el proceso que se muestra en la figura 53.



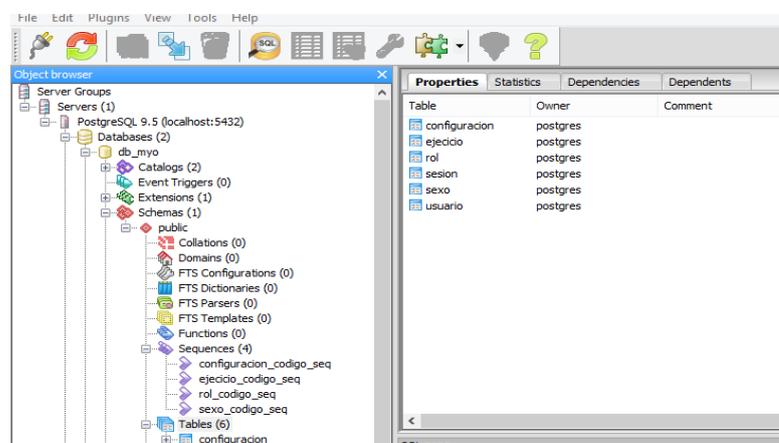
**Figura 53. Proceso de creación de tablas**

Al añadir las tablas, también se crea las columnas necesarias para cada una de las tablas. Para esto se debe dar clic en la pestaña Columna como se puede observar en la figura 54.



**Figura 54. Adición de columnas a las tablas creadas**

El número de tablas y columnas requeridas van de acuerdo con los campos que se necesita, para poder ingresar los datos personales de los pacientes y las principales configuraciones de los juegos (número de repeticiones, tiempo de duración). Teniendo como resultado las 6 tablas (configuración, ejercicio, rol, sesión, sexo, usuario) que se muestra en la figura 55.



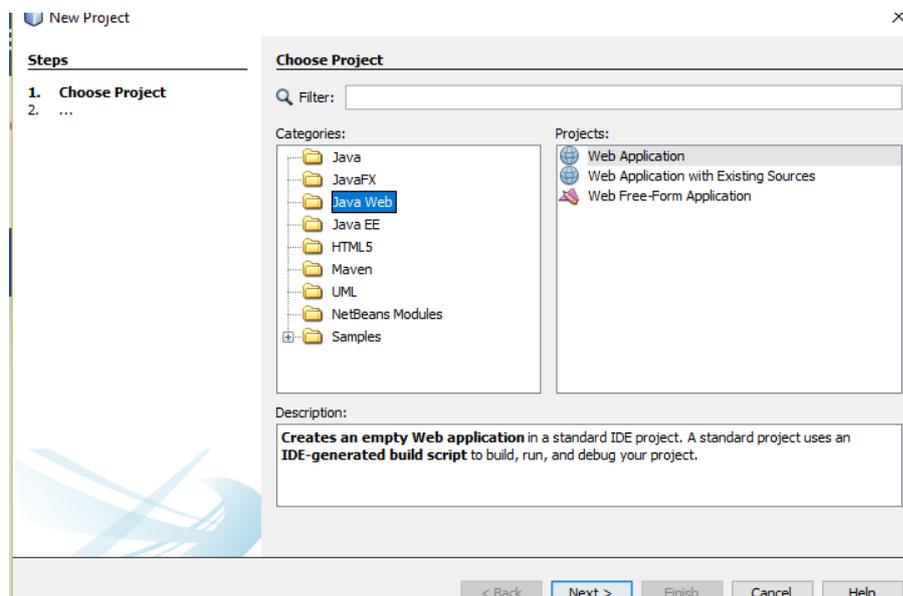
**Figura 55. Tablas creadas para la base de datos**

La base de datos completa se encuentra en el Anexo magnético entregado adjunto al presente documento.

### 3.4.2 Integración de Netbeans IDE para la base de datos

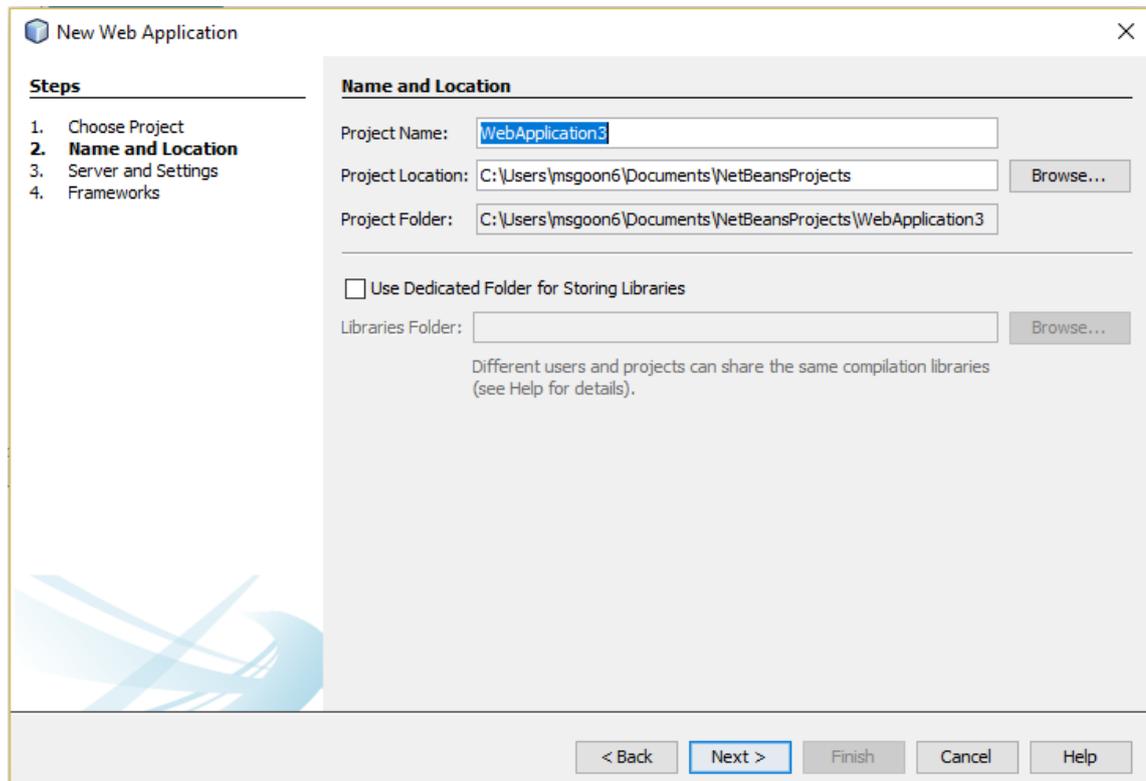
La base de datos va a ser diseñada en una aplicación web, de fácil generación mediante el navegador de internet; en donde el profesional terapeuta pueda acceder a: registro de los usuarios, a las configuraciones de las rutinas de ejercicios y finalmente pueda acceder al reporte de los ejercicios realizados por el paciente.

Es así que para mantener la organización del sistema, así como la flexibilidad y funcionamiento del mismo, se complementa la base de datos con un software de gestión escrito en el lenguaje de programación java. Para este proceso se utiliza el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) Netbeans, y se inicia con la instalación del software Netbeans IDE versión 6.9, el proceso de instalación se adjunta en el Anexo C, seguido con la creación de un nuevo proyecto de Java Web como se puede observar en la figura 56.



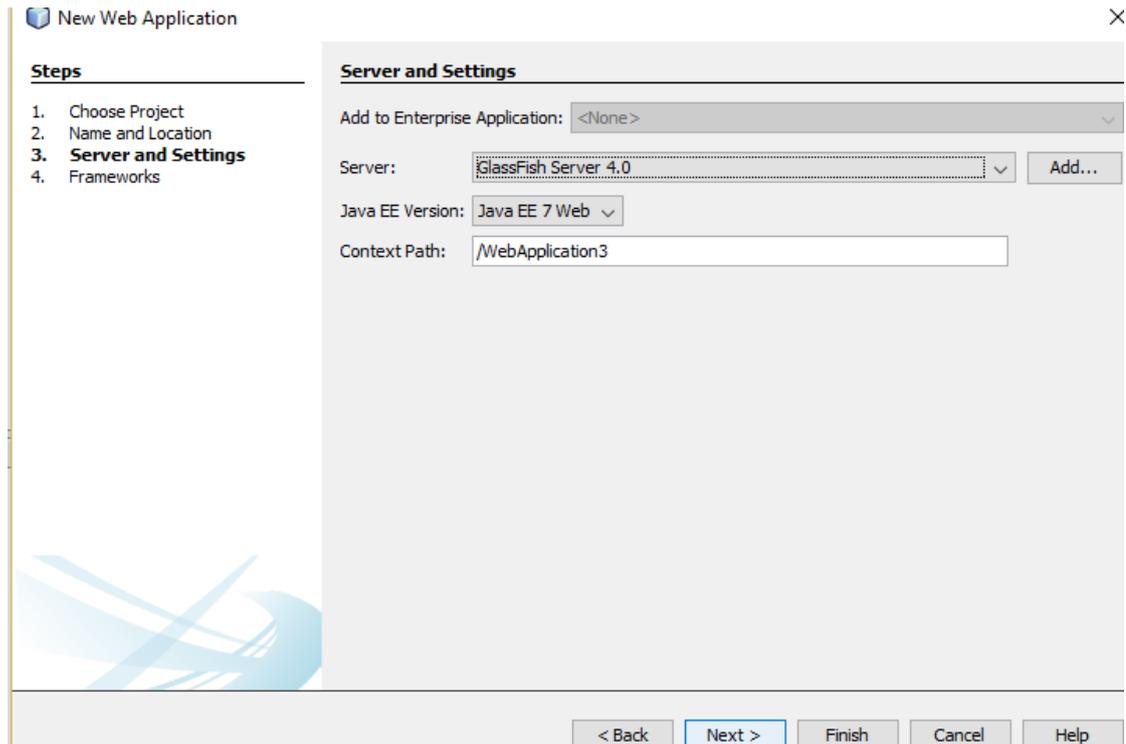
**Figura 56. Creación de un nuevo proyecto Java Web**

Es necesario elegir la ruta donde se guardará el proyecto, como se observa en la figura 57.



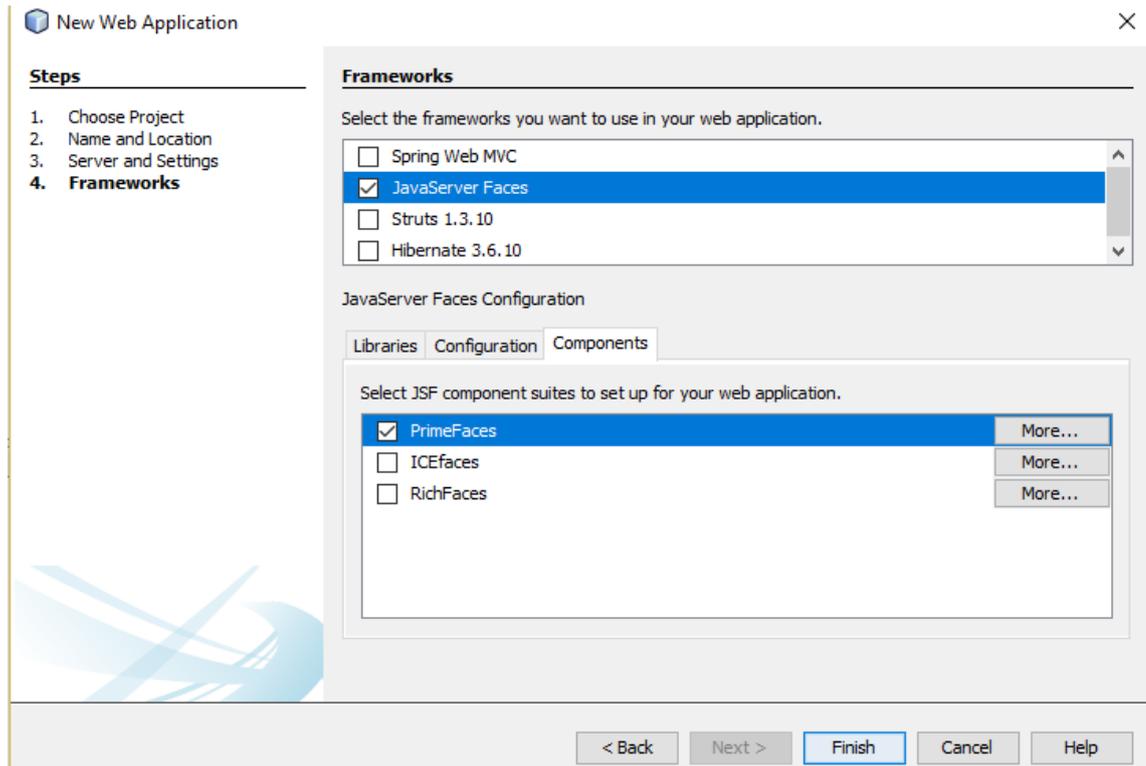
**Figura 57. Ruta de almacenamiento del proyecto en Netbeans**

Después se debe seleccionar la versión de JavaEE y del servidor de aplicaciones a utilizar, como se puede observar en la figura 58; el servidor de aplicaciones que se selecciona es Glassfish versión 4, el cual es un servidor de aplicaciones de uso libre y cuenta con todas las librerías necesarias para el desarrollo.



**Figura 58. Selección de la versión de Java EE y servidor de aplica GlassFish**

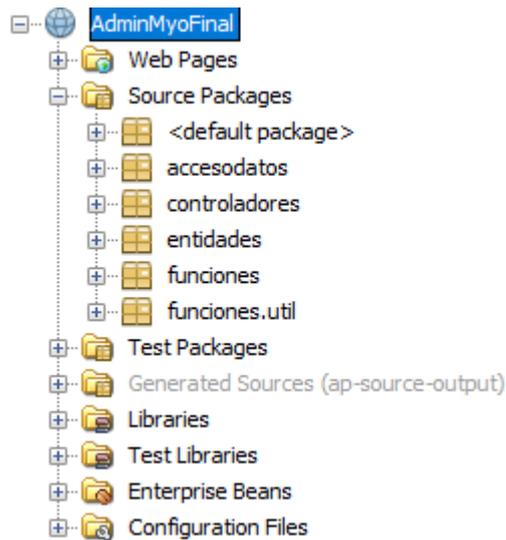
En la figura 59 se muestra que es necesario también incluir el framework o infraestructura digital y el componente de Primefaces, que no es más que una librería de componentes para JavaServer Faces (JSF) de código abierto, que cuenta con un conjunto de componentes enriquecidos que facilitan la creación de las aplicaciones web, simplificando el desarrollo de interfaces de usuario en aplicaciones, también sirve como la tecnología que permite hacer el despliegue de la base de datos por medio de una página web usando un navegador.



**Figura 59. Selección de Frameworks y el componente JSF.**

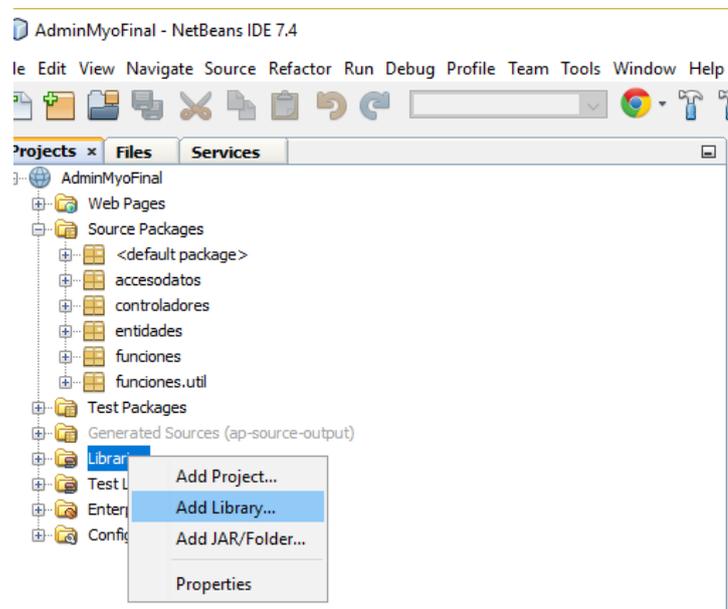
Al finalizar se creará la estructura básica de un proyecto de java web, con 2 lugares fundamentales, web pages (páginas web) y source packages (paquete fuente), en los cuales se ubicaran las interfaces y la programación respectivamente.

Cabe destacar que la arquitectura de software en la que se basa este desarrollo, es acorde a MVC o Modelo Vista Controlador, ya que se necesita separar la lógica de la interfaz de usuario en la aplicación. Entonces se procede a crear los paquetes adicionales requeridos en el proyecto, además se crea 1 paquete accesodatos, para la comunicación entre el proyecto y la base de datos, obteniendo la siguiente estructura que se puede observar en la figura 60.

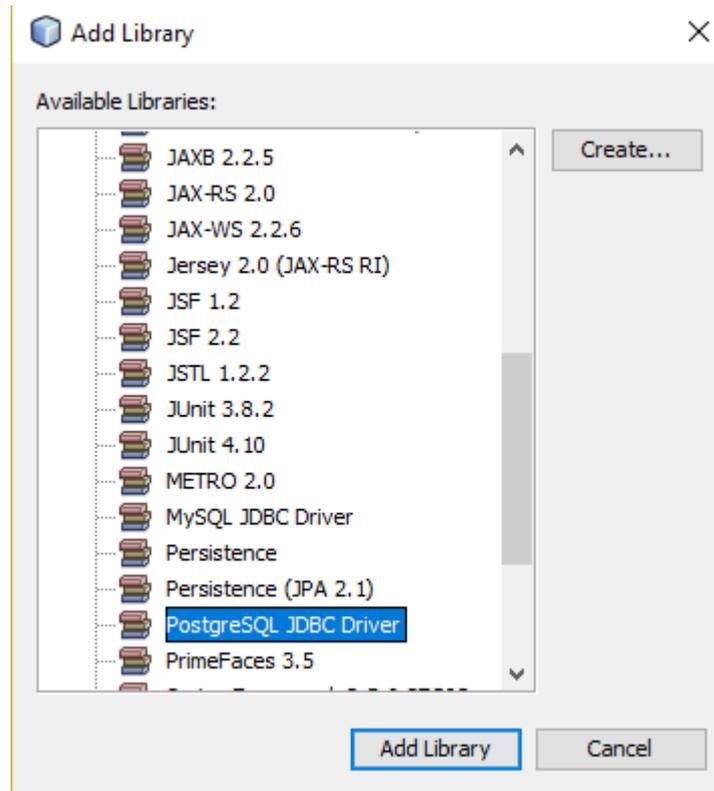


**Figura 60. Creación de paquetes para la base de datos**

Para poder completar la comunicación entre NetBeans con la base de datos de PostgreSQL, se agrega además la librería de postgres para java, dando clic en librerías seguidamente de add library y seleccionando PostgreSQL JDBC Driver tal como se muestra en la figura 61 y 62.



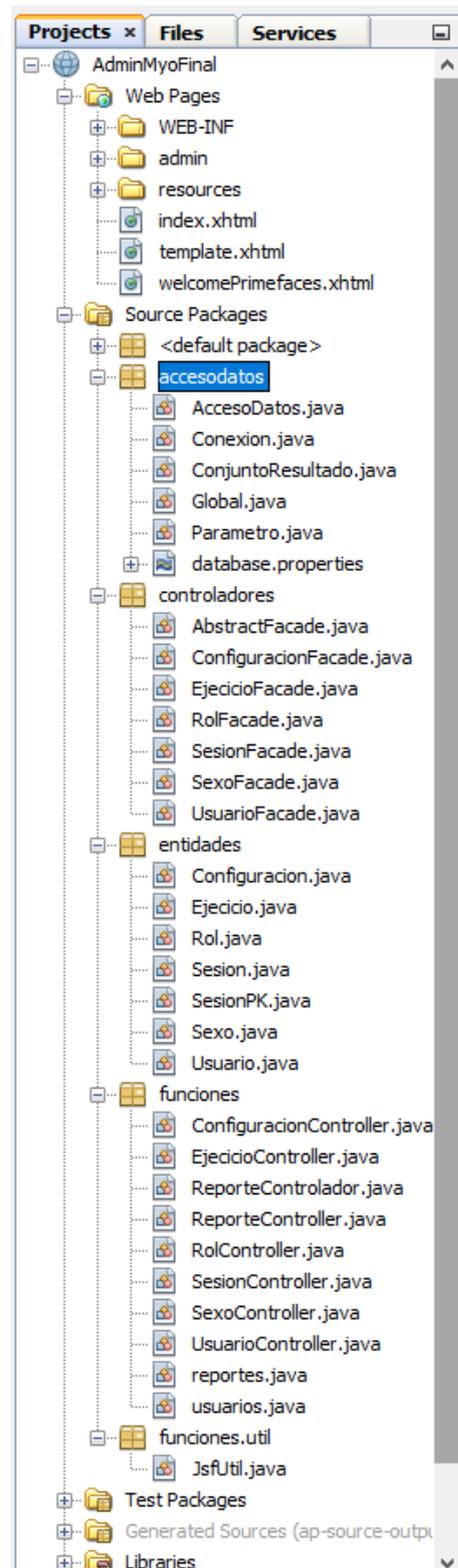
**Figura 61. Adición de librerías**



**Figura 62. Librerías agregadas**

El paquete “accesodatos” que se mencionó anteriormente contendrá 5 clases y un archivo de propiedades para la comunicación, cuyo código se adjunta en el Anexo D #3, siguiendo el mismo método de desarrollo se fueron generando las clases necesarias para el funcionamiento del sistema tal, el código se adjunta de manera magnética al presente documento, disponible para su posterior consulta por parte de cualquier interesado.

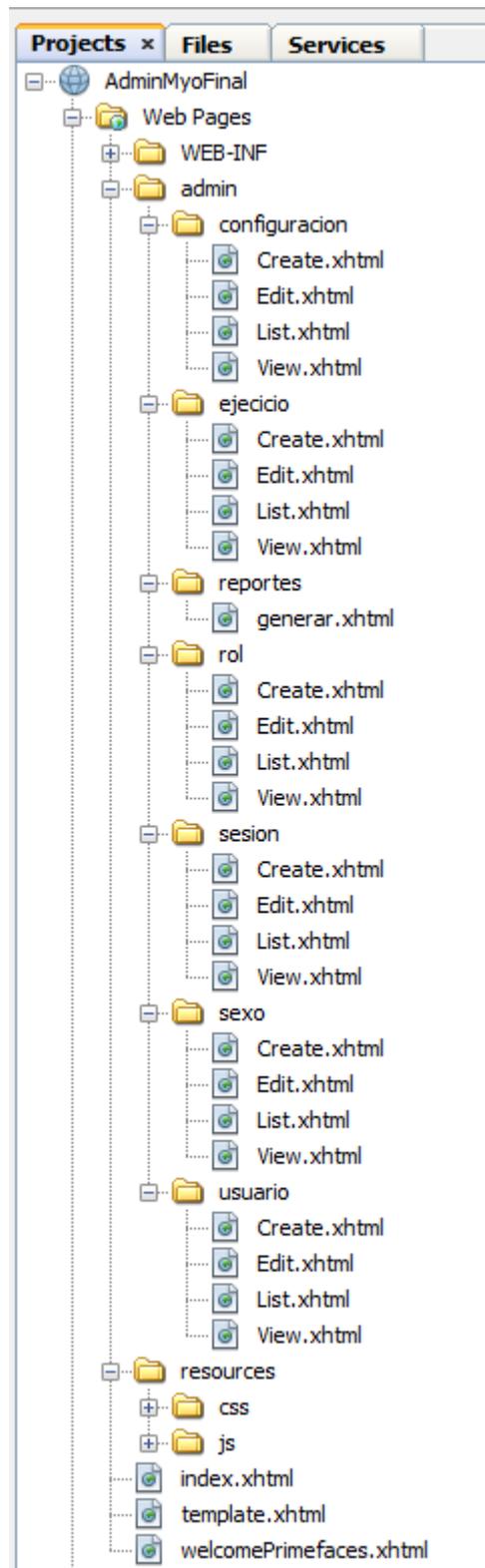
En la figura 63 se puede observar cada uno de los paquetes que fueron creadas.



**Figura 63. Paquetes creados para la base de datos**

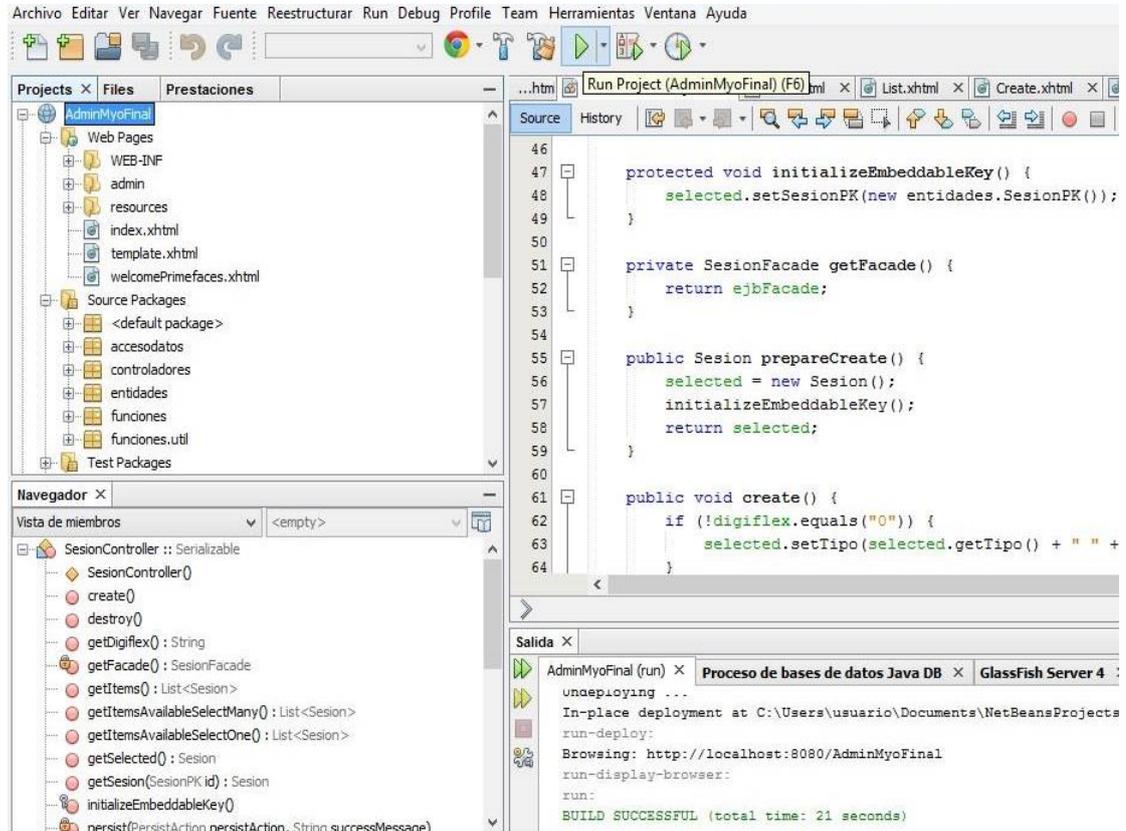
En la Figura 64 se puede observar las páginas web (vistas) generadas a partir de todas las demás paquetes agregados, estas páginas web son las

que se van a desplegar al correr finalmente todo el proyecto que lleva por nombre “AdminMyoFinal”.



**Figura 64. Páginas web creadas para el sistema de base de datos**

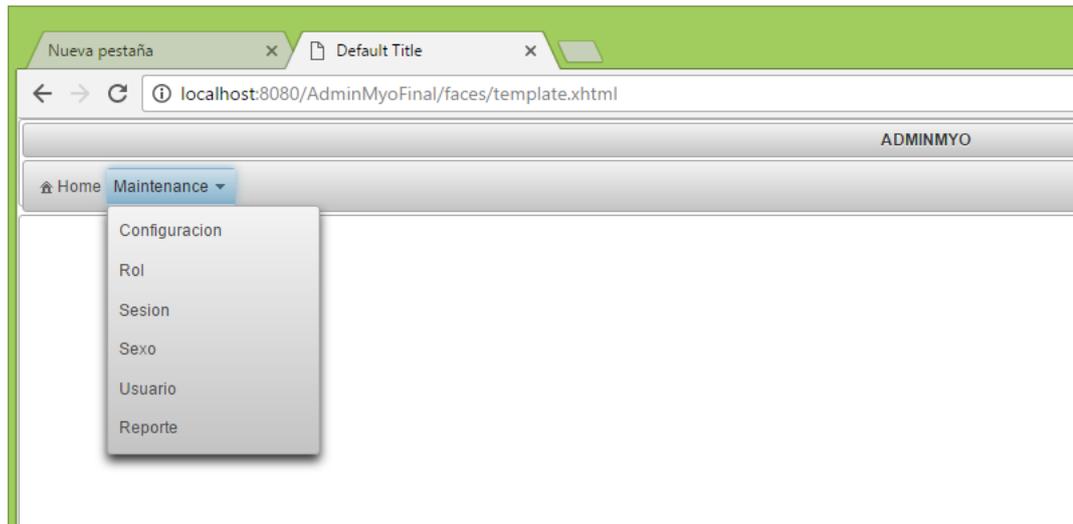
Para poder acceder a la aplicación final de la base de datos solo basta con seleccionar el proyecto AdminMyoFinal y dar clic en Run Project, tal como se puede observar en la figura 65.



**Figura 65. Run del proyecto AdminMyoFinal**

Al dar clic en run Project, empieza a desplegar la aplicación web, la cual se abre de forma automática en el navegador del ordenador, ubicando en la barra de direcciones el link: <http://localhost:8080/AdminMyoFinal>. Se ocupa el puerto 8080, porque se trata de un servidor web que se conecta con el ordenador de forma local.

La figura 66 muestra la aplicación web generada para la base de datos.



**Figura 66. Aplicación web de la base de datos**

La aplicación web como se puede observar en la figura 66, contiene 6 campos que servirán para que el terapeuta o la persona encargada de la aplicación, pueda intervenir en cada uno de los campos, que más adelante se detalla paso a paso en el apartado de descripción de la interfaz de base de datos.

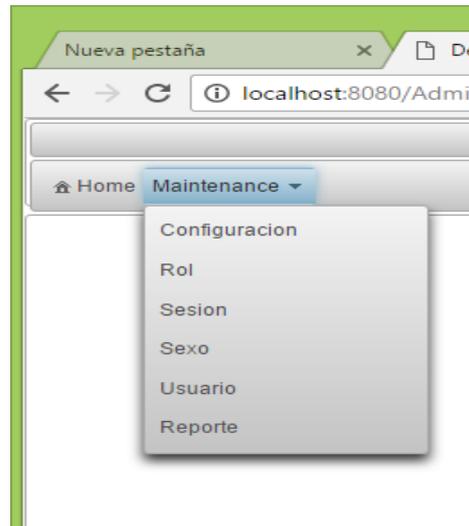
### **3.4.3 Descripción del funcionamiento de la aplicación web de la base de datos**

Este apartado contiene de manera detallada como está constituida la aplicación web de la base de datos, mediante la cual se gestiona a los usuarios, como también sirve para dar las configuraciones a las rutinas de ejercicios, permite ingresar los tiempos de duración, al igual que el número de repeticiones para cada ejercicio de rehabilitación, además será la que va almacenado la información de cada sesión de ejercicios proveniente de cada usuario en forma de un historial.

#### **3.4.3.1 Vista general de la aplicación web de la base de datos**

Como ya se mencionó en el proceso de diseño, la aplicación de la base de datos se genera desde el navegador y se despliega los siguientes campos

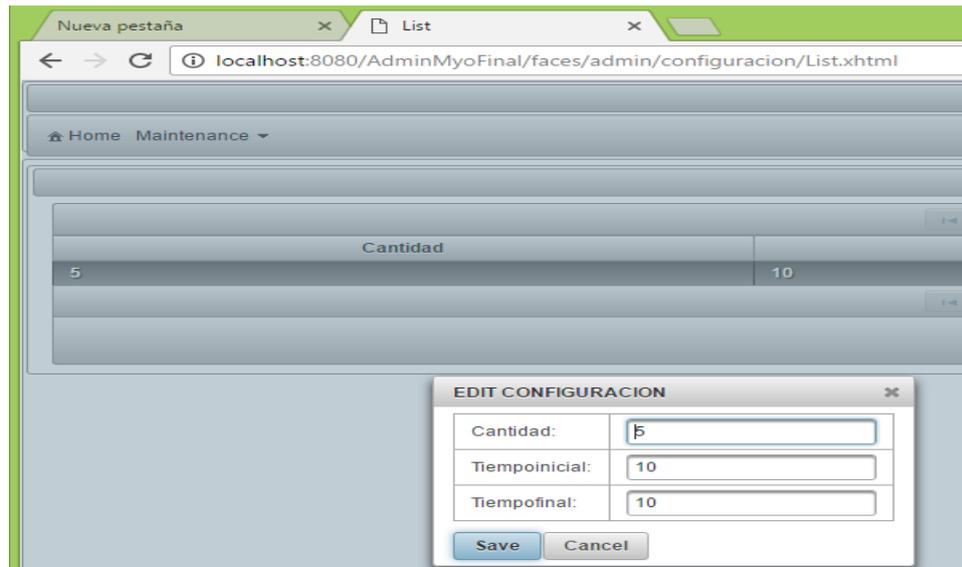
que como: configuración, rol, sesión, sexo, usuario, reporte, como se observa en la figura 67.



**Figura 67. Campos de la aplicación web de la base de datos.**

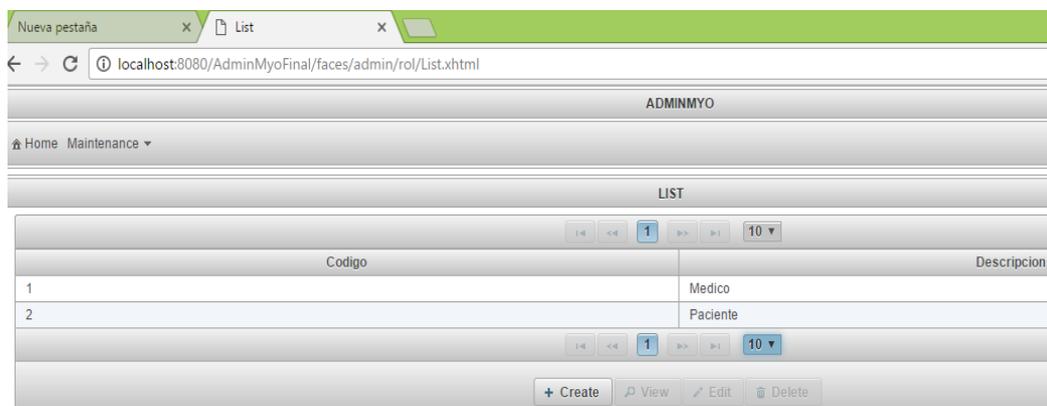
Los campos creados permiten al médico o al encargado del paciente, gestionar a los usuarios, configurar las rutinas de ejercicios y obtener el reporte de cada paciente, para lo cual se describe a continuación cada uno de ellos.

**Configuración:** Permite que el profesional terapeuta ingrese el número de repeticiones de cada ejercicio, como también la duración inicial y final en segundos, como se observa en la figura 68. Tanto el número de repeticiones como también la duración de la rutina dependerá del estado clínico en el que se encuentre el paciente, es así que el medico terapeuta es el único encargado de variar estos parámetros.



**Figura 68. Configuración en la aplicación de la base de datos**

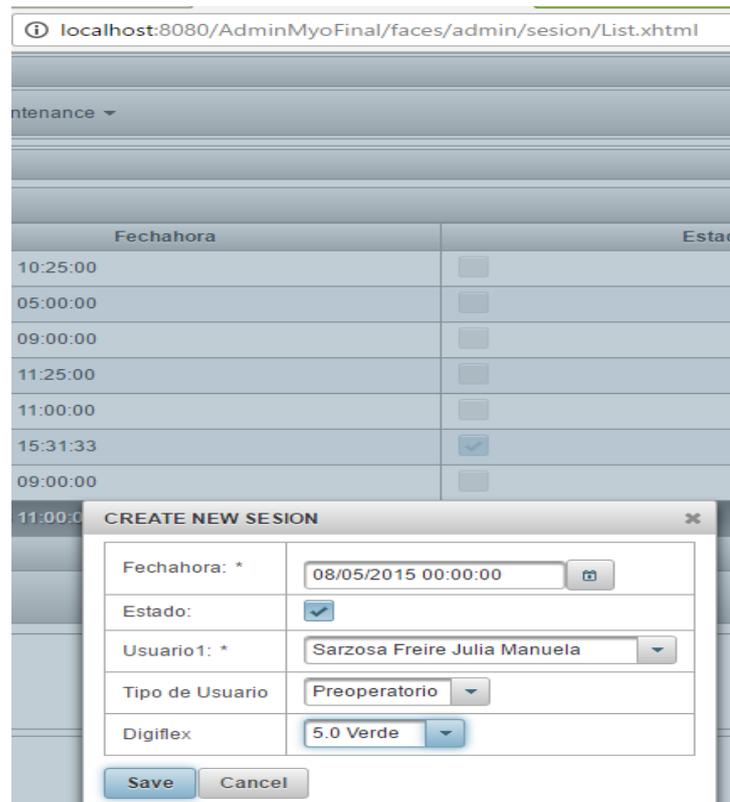
**Rol:** Permite mostrar los dos únicos códigos de acceso a la base de datos; medico 1 y paciente 2 como se observa en la figura 69.



**Figura 69. Rol en la aplicación de la base de datos**

**Sesión:** Mediante este campo el profesional terapeuta puede seleccionar y habilitar al paciente que va a recibir terapia, como también permite ingresar la hora y fecha, el tipo de usuario (pre operatorio, post operatorio, rehabilitación), y el Digi-flex que va a utilizar en esa sesión (ninguno, amarillo, verde, rojo, azul, negro), como se puede observar en la figura 70. El tipo de usuario dependerá de las condiciones médicas con las que ingrese el

paciente, mientras que el color de Digiflex, dependerá del nivel de fuerza que tenga el paciente.



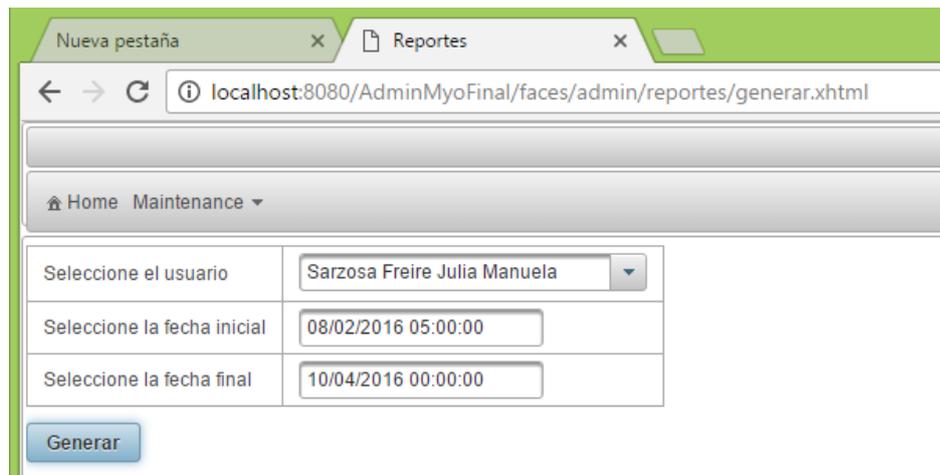
**Figura 70. Sesión en la aplicación de la base de datos**

**Usuario:** Es el apartado donde se registra a todos los usuarios, es decir a los pacientes que forman parte del grupo de rehabilitación, donde se llenan los campos informativos como: número de cedula, una clave de seguridad, nombres, apellidos, dirección, fecha de nacimiento, sexo, tal como se observa en la figura 71.



**Figura 71. Usuario en la aplicación de la base de datos**

**Reporte:** Permite generar el informe de reporte de ejercicios de rehabilitación realizado por el paciente. Donde primero se selecciona el nombre del usuario, en este caso el nombre del paciente de quien se requiere el reporte, seguidamente se ingresa la fecha inicial y la fecha final del reporte de sesión requerida, como se observa en la figura 72.



Seleccione el usuario	Sarzosa Freire Julia Manuela
Seleccione la fecha inicial	08/02/2016 05:00:00
Seleccione la fecha final	10/04/2016 00:00:00

Generar

**Figura 72. Selección del usuario para el reporte**

Tras haber llenado los campos anteriormente mencionados, se genera el reporte, el cual se despliega en la misma pestaña del navegador, permitiendo ser guardada en formato PDF o a su vez puede ser impreso. La figura 73 muestra el reporte de ejercicios del paciente.



- REPORTE DE EJERCICIOS -

Usuario: Sarzosa Freire Julia Manuela

Fecha de generación: Wed Oct 05 11:01:35 COT 2016

Nro.	Juego	Tiempo	Usuario	Fecha	Repeticiones	Inicial	Final	Tipo de Paciente
1	2	72.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-09 08:17:39.787582	10	5	5	Preoperatorio
2	1	110.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-09 08:22:07.016861	10	5	5	Preoperatorio
3	4	95.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-10 08:29:09.705901	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
4	1	180.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-10 08:33:33.765313	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
5	2	83.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-10 08:36:26.090223	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
6	3	96.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-10 08:39:17.486158	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
7	1	150.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-15 15:03:32.742025	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
8	4	80.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-15 15:05:50.006969	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
9	3	67.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-15 15:08:51.91883	10	7	7	Preoperatorio Amarillo
10	2	100.0 Segundos	Sarzosa Freire Julia Manuela	2016-08-15 15:12:31.826235	10	7	7	Preoperatorio Amarillo

SARZOSA FREIRE JULIA MANUELA  
PACIENTE

### Figura 73. Reporte de ejercicios del paciente

El reporte permite observar el nombre del paciente que ejecutó la rehabilitación, la fecha en que se generó el reporte, y una tabla de datos que contiene: el número de juego que realizó, el tiempo total que se demoró en completar el juego, el nombre del usuario, el número de repeticiones que se configuro para esa rutina, el tiempo inicial y el tiempo final de la duración de cada juego, el tipo de usuario y el color de digiflex que uso en ese juego.

Es necesario mencionar que solo las rutinas completas de ejercicios se van registrando en el reporte, los intentos fallidos o las sesiones incompletas no se registran. Además los tiempos que arroja el reporte están medidos en segundos. El reporte puede ser generado para todos los pacientes registrados y se puede generar en cualquier momento.

### 3.5 Diagrama de flujo del sistema

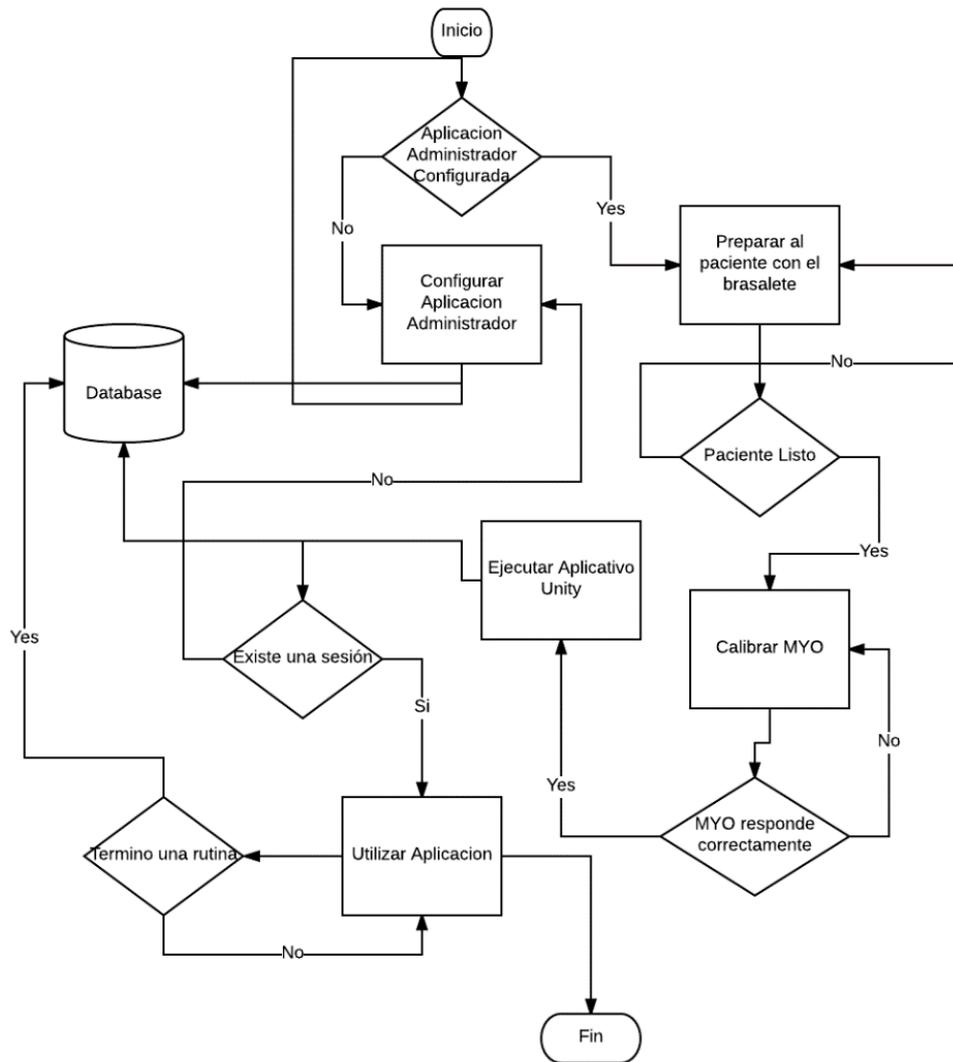


Figura 74. Diagrama de flujo del sistema

## CAPÍTULO IV

### 4 PRUEBAS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA RVSTC

#### 4.1 Funcionamiento y calibración del Brazaletes Myo

En este apartado se procede a tomar las consideraciones necesarias para probar el ambiente virtual, con cada uno de los movimientos que interactúan en los juegos virtuales, para determinar correcciones de cualquier tipo ya sea en las calibraciones del brazaletes como también en los aspectos que involucran al ambiente virtual y a la base de datos, con el fin de no tener dificultades al aplicar todo el sistema en los pacientes.

##### 4.1.1 Colocación adecuada del brazaletes

La ubicación del brazaletes Myo tiene que ser la correcta, considerando que el conector micro usb deber ser colocado en dirección hacia los dedos, como se observa en la figura 75. De tal forma que se evite errores al momento de la calibración.

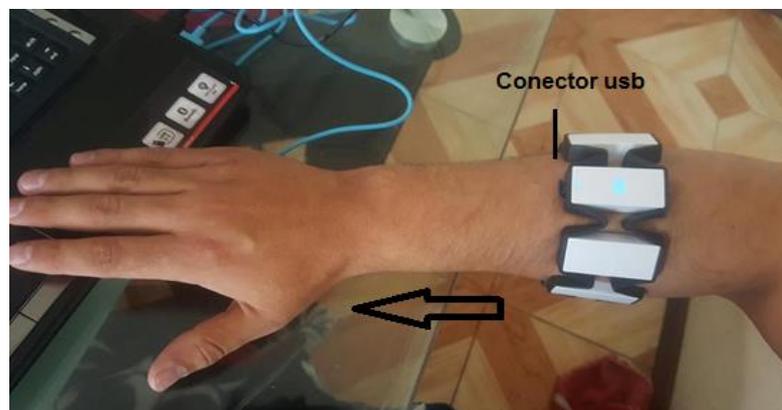
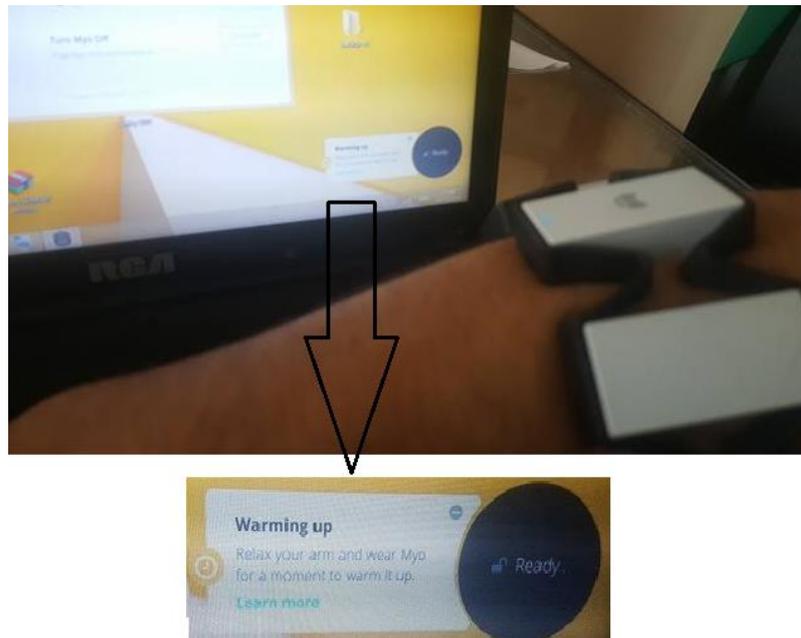


Figura 75. Colocación correcta del brazaletes Myo

#### 4.1.2 Calentamiento del brazalete

Para el proceso de calentamiento y calibración es necesario acceder al software nativo del brazalete (Myo Armband Manager), donde antes de empezar el proceso de calibración, es primordial calentar el brazalete, esto consiste en mantener el brazo relajado durante un par de minutos hasta que los sensores del brazalete se familiarice con nuestro brazo. En la figura 76 se observa el mensaje relaje su brazo.



**Figura 76. Proceso de calentamiento del Myo**

Cuando el brazalete ya está caliente o ya está listo para calibrar, se muestra el mensaje Myo se ha calentado, como se observa en la figura 77.

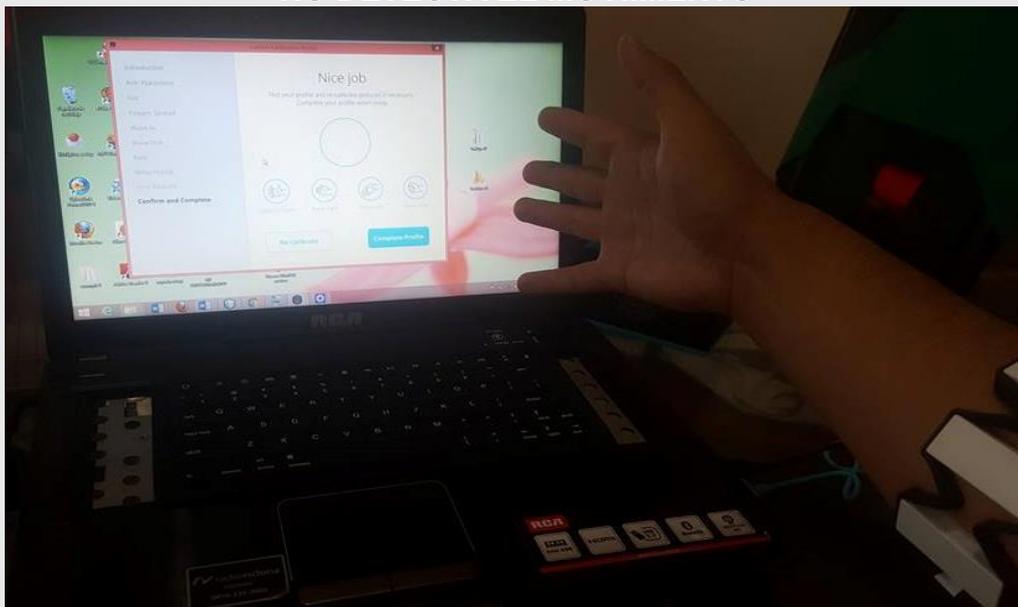
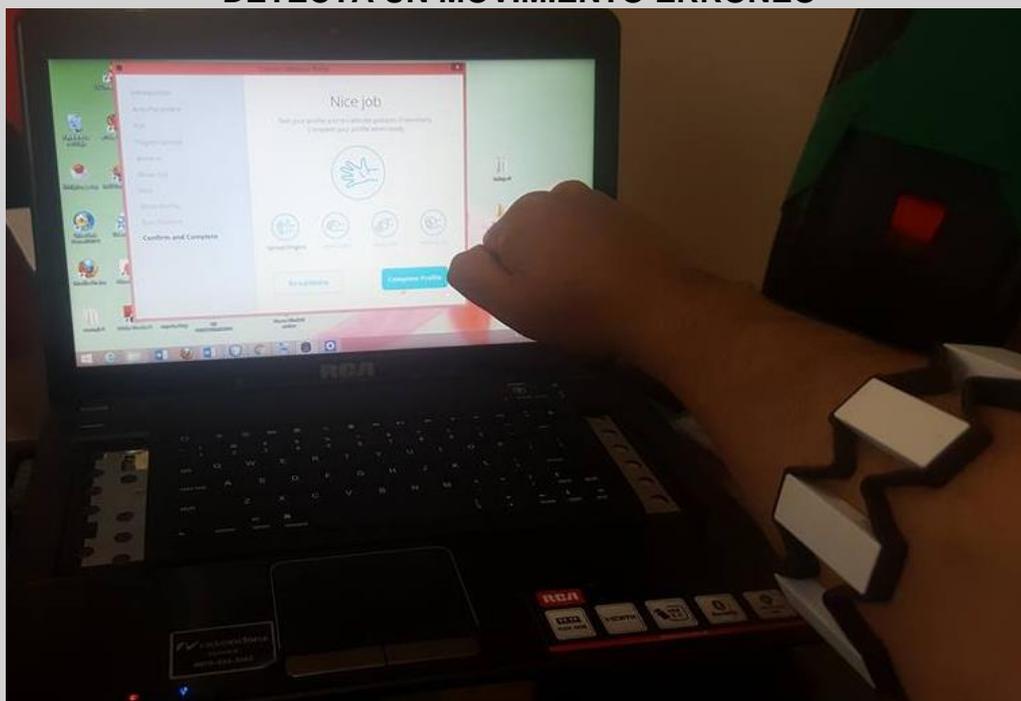


**Figura 77. Myo caliente**

#### **4.1.3 Calibración y creación de un perfil de usuario Myo**

El proceso de calibración y creación del perfil de usuario se detalla detenidamente en el Anexo C, aquí además es necesario referir que para éste proceso, el brazalete debe estar lo más sujeto posible al brazo, ya que si no es así los movimientos de configuración no son censados de forma correcta y al momento de calibrar se tiene errores.

En la figura 78 se muestra los errores más comunes que se da en el proceso de calibración si el brazalete no está colocado correctamente y además si no está bien sujeto al brazo.

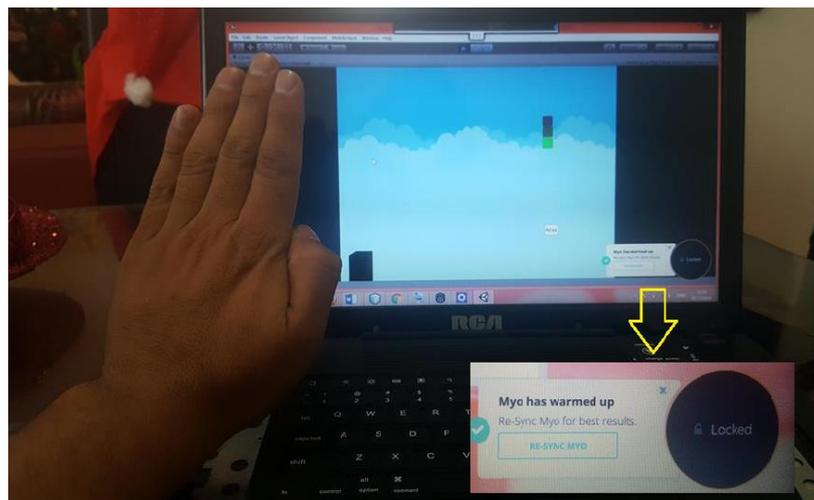
**NO DETECTA EL MOVIMIENTO****DETECTA UN MOVIMIENTO ERRÓNEO****Figura 78. Errores de calibración del Myo**

Para evitar estos errores se debe colocar el brazalete correctamente y además si es necesario se deben usar los clips que sirven para reducir el diámetro del brazalete haciendo mayor presión entre los sensores y el brazo. El número de clips dependerán del brazo de la persona que use el brazalete.

#### 4.1.4 Pruebas de los juegos virtuales

Con el brazalete calibrado se necesita probar los ejercicios que intervienen en los juegos virtuales, y así determinar si hay la necesidad de cambiar algún aspecto para que el funcionamiento del juego sea correcto y no se tenga ningún inconveniente.

Al acceder al primer juego y realizar el movimiento que solicita el sistema, se tuvo un inconveniente ya que el brazalete se bloqueaba automáticamente al no tener una actividad seguida, es decir se detenía la ejecución del movimiento automáticamente y el brazalete se bloqueaba, impidiendo que se continúe y se termine la rutina, tal como se muestra en la figura 79. Por este suceso en la programación se desactivó el bloqueo automático, para tener siempre que iniciemos la aplicación el brazalete desbloqueado.



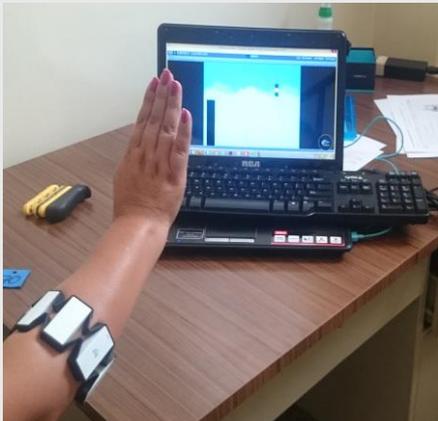
**Figura 79. Bloqueo automático del Myo**

Solucionado el anterior suceso, se vio la necesidad de cambiar la configuración en la intensidad de vibración del brazalete para la

retroalimentación sensitiva. El brazalete vibra con intensidad corta al no realizar el movimiento adecuado que pide el sistema, esta vibración apenas es sensible ya que solo dura 23.5 milisegundos, entonces se procedió a tomar como respuesta vibratoria una de nivel medio que dura 45.6 milisegundo y que es más notorio la sensación en el brazo.

Al probar los 4 juegos también se tuvo un inconveniente con los colores del semáforo indicador, porque cuando el brazalete se desconectaba, los tiempos de los intervalos de cada color se reiniciaban. Entonces se tomó la acción correctiva en la programación y además se dio la precaución de tratar en lo posible de no mover el brazalete del antebrazo, para no tener problemas de desincronización.

Rectificado los errores anteriormente mencionados, se procede a probar uno a uno los juegos virtuales, los cuales fueron ejecutados por el terapistas, y conlleva a su aprobación como se puede observar en la figura 80.

<p><b>Juego 1. Extensión de muñeca</b></p> 	<p><b>Juego 2. Flexión metacarpo falángico</b></p> 
<p style="text-align: right;"></p> <p><b>Continúa</b></p>	



**Figura 80. Ejecución de los juegos virtuales por el terapeuta**

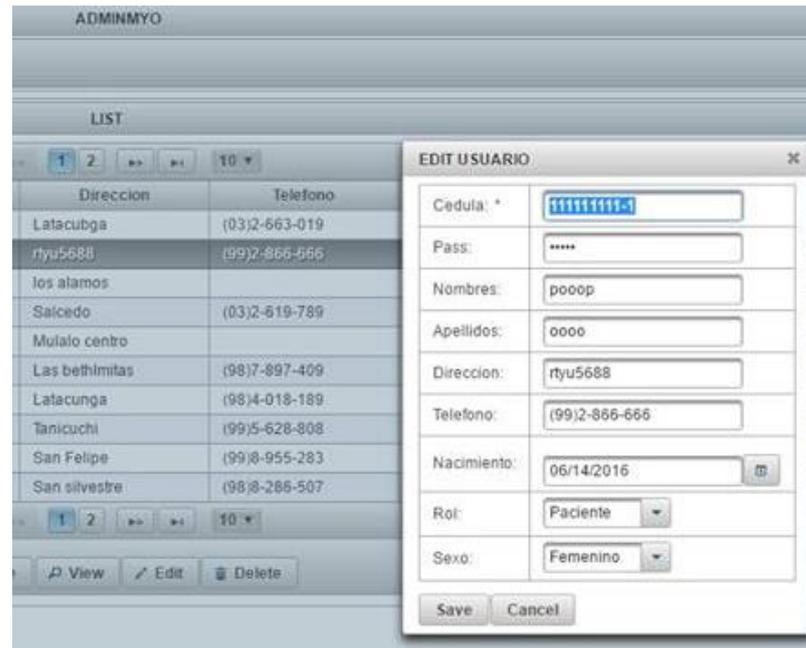
## **4.2 Pruebas en la aplicación de la base de datos**

### **4.2.1 Verificación de comunicación de la base de datos**

La aplicación que se genera en el buscador del ordenador, la cual fue diseñada en Netbeans por medio del servidor de aplicaciones Glassfish, tiene que comunicarse con la base de datos realizada en Postgres, para poder controlar la información que se encuentra en ella, para esto la comunicación debe ser en tiempo real. El primer inconveniente que surgió, es que la comunicación entre ellas no se daba de forma adecuada, debido a que Netbeans requería una librería que complete esta comunicación con Postgres, es así que se tomó la acción correctiva añadiendo la librería “PostgreSQL JDBC Driver” que hacía falta.

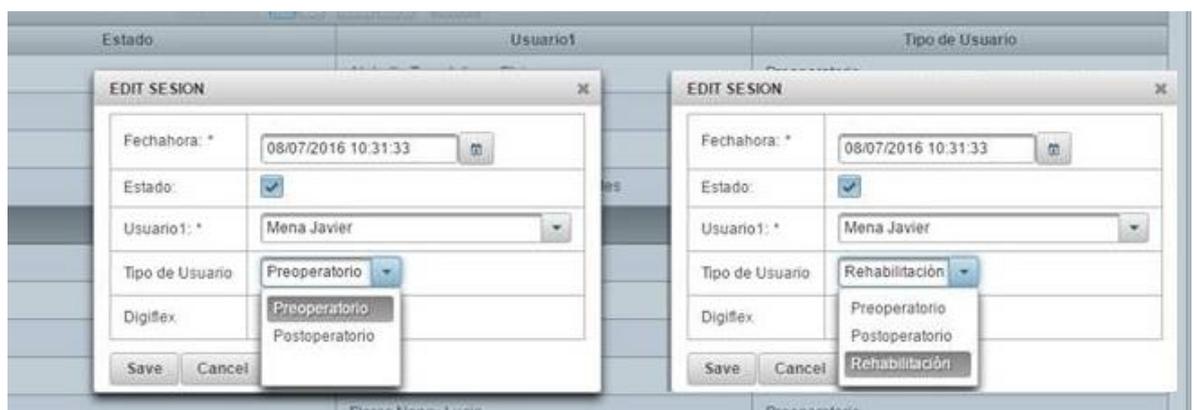
### **4.2.2 Verificación de campos diseñados para la aplicación web de la base de datos**

Solucionado el problema de comunicación, se ejecutó la aplicación para poder verificar si todos los campos que esta contiene funcionan de manera adecuada, entonces se procedió a registrar tanto pacientes como datos ficticios, tal como se observa en la Figura 81.



**Figura 81. Prueba de aplicación de base de datos**

Al llenar los datos que un inicio se configuró, se vio la necesidad de aumentar ciertos campos al momento de registrar a los pacientes, se tuvo que añadir campos como fecha de nacimiento y sexo de la persona. Así como también en el apartado de sesión se tuvo que aumentar un campo más en el tipo de paciente, ya que inicialmente en este apartado solo existía dos opciones: preoperatorio y postoperatorio; se añadió el campo rehabilitación, como se puede observar en la figura 82.



**Figura 82. Adición de campos en la aplicación de la base de datos**

Con las correcciones y modificaciones realizadas en la base de datos, está lista para ser usado como complemento para el proyecto.

### **4.3 Aplicación del Sistema de Rehabilitación Virtual en pacientes con Síndrome de Túnel Carpiano (RVSTC)**

#### **4.3.1 Consideraciones Generales**

Con el consentimiento de las autoridades del Hospital IESS Latacunga, y gracias a la ayuda y colaboración del especialista clínico, se procedió a aplicar el sistema RVSTC, a los pacientes con STC que acuden al área de rehabilitación física.

#### **4.3.2 Consideraciones clínicas**

##### **4.3.2.1 Selección de pacientes**

Para el presente proyecto se seleccionaron aleatoriamente 8 pacientes con STC en fase pre quirúrgico del Hospital IESS Latacunga, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión propuestos para este desarrollo.

##### **4.3.2.2 Criterios de inclusión**

- Pacientes hombres o mujeres con edades de entre 35 y 70 años.
- Con sospecha clínica de STC, por parestesias y/o disestesias en manos, establecidas mediante un examen de electro-diagnóstico (Electromiografía)
- Remitidos por primera vez por su Médico de Atención Primaria o desde consultas externas de Neurología, Traumatología, Reumatología o Medicina Interna.
- Duración de síntomas de al menos dos meses.

##### **4.3.2.3 Criterios de exclusión**

- Antecedentes patológicos de cáncer a cualquier nivel.
- Antecedentes patológicos personales de alcoholismo.

- Pacientes que no hayan tenido intervención quirúrgica de liberación de STC.
- Trastornos de la tiroides.
- Pacientes embarazadas.
- Pacientes con artritis inflamatorias: artritis reumatoide, lupus.

#### **4.3.2.4 Método**

Una vez seleccionados los pacientes por parte del médico Fisiatra del Hospital, fueron clasificados aleatoriamente en dos grupos:

- Grupo de Control: Compuesto por cuatro pacientes con STC, que interactúan con el formato de rehabilitación tradicional que proporciona el Hospital IESS para rehabilitación de STC.
- Grupo Experimental: Compuesto por los otros cuatro pacientes con STC, los cuales van a interactuar con el sistema RVSTC.

#### **4.3.2.5 Protocolo**

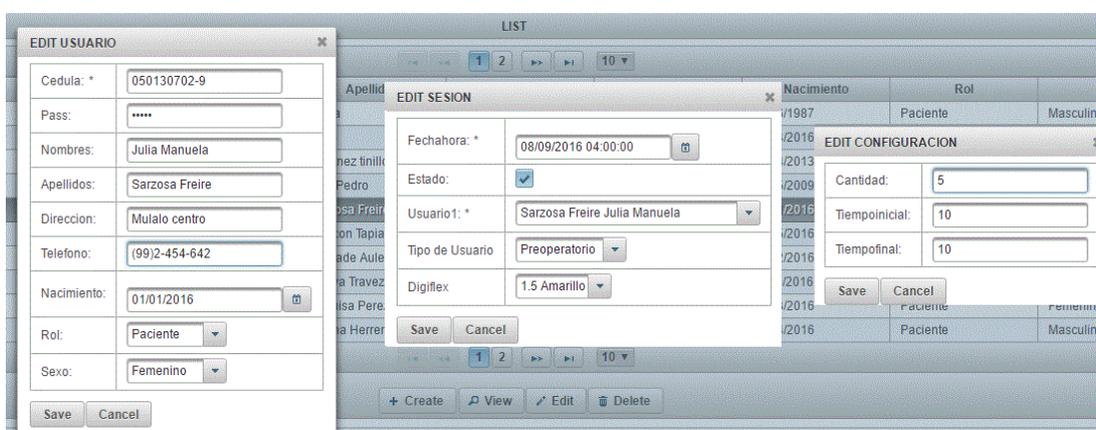
Consiste en conseguir el consentimiento de los pacientes para el uso del sistema RVSTC, para lo cual el grupo experimental firma una hoja de consentimiento informado, que se encuentra detallado en el Anexo C, posteriormente se les da a conocer la duración del programa de rehabilitación

#### **4.3.2.6 Duración de las sesiones usando el sistema RVSTC**

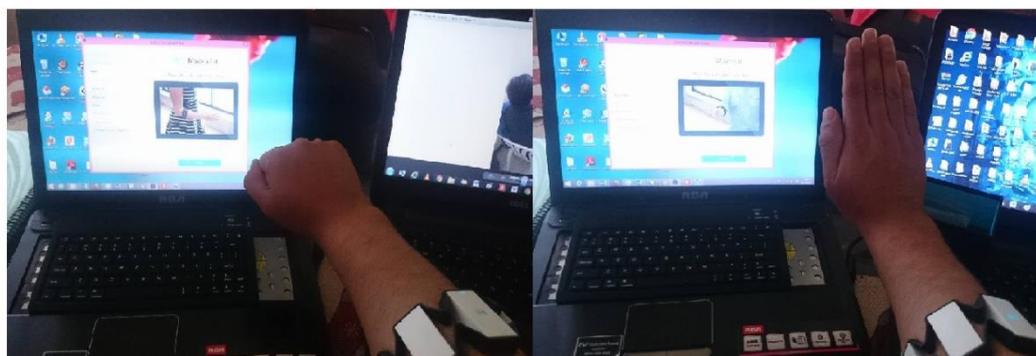
Los pacientes con STC del grupo experimental, realizan 10 sesiones utilizando el RVSTC, 1 sesión diaria, durante 2 semanas. Cada sesión tiene un tiempo de duración aproximada de 20 a 40 minutos, con un periodo de descanso de 1 a 2 minutos entre cada rutina. Las sesiones se componen de diez repeticiones de cada ejercicio, con una duración inicial de cinco segundos para la primera sesión, hasta llegar a diez repeticiones de cada ejercicio con una duración de 15 segundos cada uno.

### 4.3.3 Aplicación

Antes de iniciar con la primera sesión se da una breve descripción al paciente referente al sistema y las partes que lo conforman, se gestiona al paciente y se configura la sesión en la base de datos que anteriormente fue detallada tal como se observa en la figura 83, a continuación se pasa a la etapa de calibración, donde el paciente usa por primera vez el brazalete MYO, es aquí donde se muestra el funcionamiento y los pasos a seguir para su configuración tal como se observa en la figura 84.



**Figura 83. Gestión en la aplicación de base de datos**



**Figura 84. Calibración del Myo por parte del paciente**

Una vez ya calibrado se ingresa a la plataforma Unity donde se programó los 4 juegos virtuales, para que el paciente realice los ejercicios mediante los

juegos predeterminados, se debe seleccionar cualquiera de los juegos establecidos en el sistema como se observa en la figura 85.



**Figura 85. Ejecución de los juegos virtuales por parte del paciente**

Es indispensable mencionar que en cada ejecución de ejercicios, el terapeuta verifica si los movimientos son correctos, así como también puede interrumpir la sesión y cambiar de juego o a su vez cambiar las configuraciones si lo considera necesario.

Al haber finalizado la rutina de ejercicios, es inevitable generar el reporte de los ejercicios realizados. Por lo que se ingresa al menú de la base de datos, para poder generar el reporte del usuario y así poder imprimir o almacenarlo. Con este reporte se muestra al paciente los diferentes parámetros que se

registran, tal como se observa en la figura 86. Además este reporte le sirve al terapeuta para mantener un registro de avance de cada paciente.



- REPORTE DE EJERCICIOS -

Usuario: Molina Herrera Klever Raul

Fecha de generación: Thu Aug 18 12:07:33 COT 2016

Nro.	Juego	Tiempo	Usuario	Fecha	Repeticiones	Inicial	Final	Tipo de Paciente
1	1	55.0 Segundos	Molina Herrera Klever Raul	2016-08-18 11:44:24.019103	10	5	5	Preoperatorio
2	1	59.0 Segundos	Molina Herrera Klever Raul	2016-08-18 11:44:34.173499	10	5	5	Preoperatorio
3	4	52.0 Segundos	Molina Herrera Klever Raul	2016-08-18 11:47:47.490946	10	5	5	Preoperatorio
4	3	61.0 Segundos	Molina Herrera Klever Raul	2016-08-18 11:50:25.262217	10	5	5	Preoperatorio

MOLINA HERRERA KLEVER RAUL

PACIENTE

**Figura 86. Reporte obtenido de la sesión de rehabilitación del paciente**

## CAPÍTULO V

### 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 Análisis de diseño

El sistema RVSTC, es pequeño y de bajo costo ya que requiere poco hardware, es decir solamente se necesita adquirir el brazalete electromiográfico Myo, que no es de un precio elevado, pudiendo ser obtenido por el público fácilmente. Además el software que utiliza el sistema, es de libre acceso por lo que no se requiere de pagos de licencias como lo necesitan otros programas, el beneficio de la gratuidad para el acceso del mismo es que los desarrolladores podrán usarla según su beneficio.

Para tener un adecuado funcionamiento del sistema es indispensable contar con un ordenador con características de procesador, memoria y tarjeta gráfica lo suficientemente amplio, para que el sistema tenga fluidez considerando que para el proyecto se utilizó un ordenador con procesador Intel core i3 de 2.5Ghz, con memoria Ram de 4Gb y una tarjeta gráfica Intel(R) HD graphics 400.

Tanto los componentes de hardware y software tienen el beneficio de compatibilidad, mediante paquetes, librerías y módulos que se los pueden añadir para facilitar la comunicación entre los mismos. Es decir que al combinar todos los elementos, se compactaron de forma adecuada para que el sistema funcione.

## **5.2 Resultados obtenidos**

### **5.2.1 Cuestionario de usabilidad del Sistema**

La usabilidad del sistema por parte del terapeuta, es de fácil comprensión ya que se manejan interfaces sencillas y fáciles de entender. Lo cual implica que el uso de la misma se ha adaptado a las formas de rehabilitación, que puede aplicar el terapeuta a pacientes que padecen el STC.

Una vez que el terapeuta se ha adaptado al uso del sistema, este puede transmitir al paciente el funcionamiento del sistema. Lo que conlleva a que tal como se adaptó el terapeuta, se adapte el paciente, ya que el uso del sistema es de comprensión y explicación sencilla.

Para que el paciente califique al sistema RVSTC después de la primera sesión de rehabilitación, se lo evaluó mediante el cuestionario SEQ. Siendo éste un cuestionario de Evaluación para sistemas de rehabilitación virtual (Gil Gómez, et al., 2013), relacionado con el sentido de inmersión y presencia. El cual consta de 14 preguntas fáciles de comprender, siendo esta una prueba diseñada para medir la usabilidad de un entorno virtual en función de la actitud y la percepción de los pacientes, en el Anexo B se puede analizar detenidamente el cuestionario SEQ.

La tabla 2 contiene los datos obtenidos del cuestionario aplicado a los pacientes que accedieron a la rehabilitación con el sistema RVSTC

Tabla 2.

## Resultados del cuestionario SEQ

	PREGUNTAS	PACIENTES				
		P1	P2	P3	P4	Media
1	¿Te has divertido en el ejercicio?	5	5	3	5	
2	¿Te has sentido como si estuvieras dentro del ejercicio/terapia?	5	5	3	5	
3	¿Superaste con éxito el ejercicio?	5	5	5	5	
4	¿Has sentido que tenías el control de la situación durante los juegos?	4	5	5	5	
5	¿Te ha parecido el entorno realista?	5	5	5	5	
6	¿Te ha parecido clara la información que te da el sistema?	5	4	5	5	
7	¿Te has sentido incomodo en algún momento durante el ejercicio?	4	5	4	4	
8	¿Has sentido sensación de mareo o nauseas durante el ejercicio?	5	5	5	5	
9	¿Has sentido alguna sensación de molestia en los ojos?	5	5	5	5	
10	¿Te has sentido desorientado durante el ejercicio?	5	5	4	4	
11	¿Crees que este tratamiento resultara útil para tu rehabilitación?	5	5	5	5	
12	¿Te ha resultado difícil el ejercicio/tarea?	4	4	5	3	
13	¿Te ha resultado difícil utilizar el material del sistema?	4	5	5	5	
	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	61	63	59	61	<b>61</b>

## Análisis:

Para el sistema RVSTC analizado, al evaluar a los 4 pacientes según la SEC, nos da un promedio de **61**, y según los estudios la puntuación global de la SEC oscila entre 13 (una mala adecuación) a 65 (excelente idoneidad). Lo que determina que el sistema RVSTC es excelente en términos de usabilidad, lo cual beneficia de forma que el sistema se puede seguir utilizando en más pacientes.

## 5.2.2 Análisis de resultados del sistema RVSTC en pacientes.

Para comprobar si el sistema desarrollado puede formar parte del proceso de rehabilitación para pacientes con STC, se necesita aplicar test clínicos, los cuales permiten verificar si las molestias producidas por el STC disminuyen al aplicar el sistema.

Se estableció que tanto el grupo de control como el grupo experimental, realizan el mismo número de sesiones para el proceso de recuperación. Además se establece tres periodos de evaluación para: test Phalen, Test Tinel (evaluados según la escala de Eva) y valoración de fuerza muscular según la escala de Daniels. En la tabla 3 se puede observar los periodos de evaluación.

**Tabla 3.**

**Test clínicos y periodos de evaluación**

Test Clínicos	Periodo de Evaluación
Test Phalen	<b>Antes</b> En la primera sesión de rehabilitación
Test Tinel Valoración muscular	<b>Durante</b> En la quinta sesión de rehabilitación
Escala de Daniels.	<b>Después</b> En la décima sesión de rehabilitación.

**5.2.2.1 Test Phalen**

Los pacientes del grupo experimental y grupo de control, son evaluados según manda las técnicas del test mencionado, el terapeuta encargado es el responsable de realizar las evaluaciones en los diferentes periodos para cada uno de los pacientes, tal como se puede observar en la figura 87.



**Figura 87. Ejecución del test Phalen**

En la tabla 4 se describen los resultados obtenidos mediante la prueba de Phalen, valorada según la escala de EVA, antes, durante y después de la aplicación del sistema RVSTC.

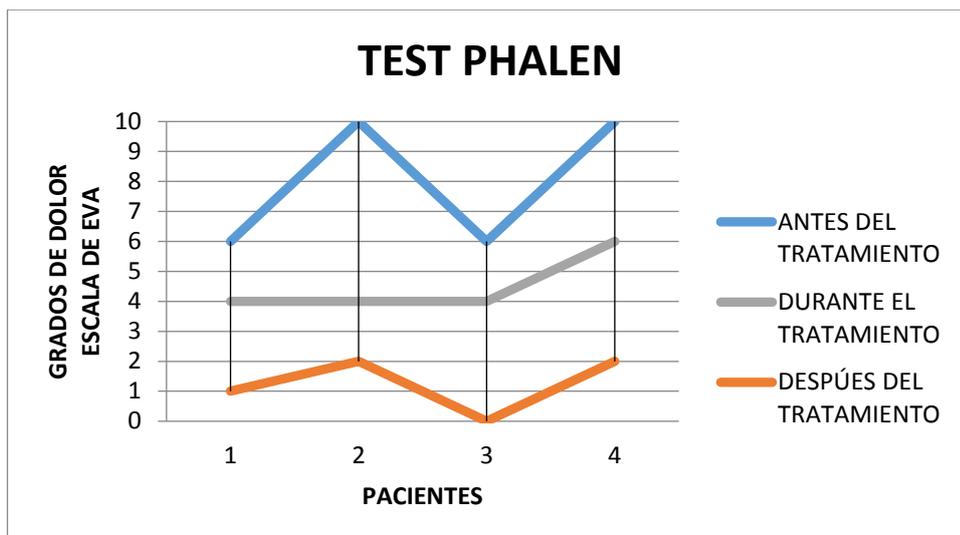
Tabla 4.

**Test Phalen Usando el Sistema RVSTC**

<b>PRUEBA DE PHALEN USANDO EL SISTEMA RVSTC</b>			
VALORACIÓN EN LA ESCALA DE EVA			
<b>PACIENTES</b>	<b>ANTES DEL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>	<b>DURANTE EL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>	<b>DESPÚES DEL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>
<b>1</b>	6	4	1
<b>2</b>	10	4	2
<b>3</b>	6	4	0
<b>4</b>	10	6	2

Como se observa en la tabla 4, antes del tratamiento, es decir antes de la primera sesión de rehabilitación, ninguno de los pacientes del grupo experimental, se encuentran con niveles de 0 a 2, que se considera ausencia de dolor hasta poco dolor, tampoco existen pacientes que se encuentran en valores de 3 a 4, que significa que poseen un dolor moderado, en cambio 2 de las personas evaluadas presentan valores de 6 es decir que se considera un dolor fuerte y finalmente 2 pacientes presentan valores de 10, lo que representa que se encuentran con un dolor máximo insoportable, provocando grandes molestias que afectan el desempeño normal en el trabajo como también en las actividades de la vida diaria.

Los resultados obtenidos durante la aplicación del sistema, es decir en la quinta sesión muestran nivel notables de mejoría. Finalmente los resultados obtenidos después de la aplicación del sistema RVSTC, es decir antes de la décima y última sesión de rehabilitación, la totalidad de los pacientes presentan valores de 0 a 2 en la escala de EVA, lo que significa que el dolor ha disminuido considerablemente (ausencia de dolor).



**Figura 88. Gráfica de test Phalen antes, durante y después del Sistema RVSTC**

En la figura 88 se observa que la mayoría de los pacientes presentan dolores fuertes e insoportables antes de aplicar el sistema tecnológico. Mientras avanzan las sesiones de rehabilitación, es decir a mitad del tratamiento, la gráfica muestra que los niveles de dolor en la totalidad de los pacientes bajan considerablemente, hasta casi un dolor moderado que al final del tratamiento llega hasta uno niveles de poco y ausencia de dolor.

#### 5.2.2.2 Test Tinel

Los pacientes del grupo experimental y grupo de control son evaluados según dicta el test Tinel, con la ayuda del terapeuta a cargo quien realiza las evaluaciones y maniobras pertinentes, como se puede observar en la figura 89.



**Figura 89. Evaluación de test Tinel pacientes con el sistema RVSTC**

En la tabla 5 se describen los resultados obtenidos mediante la prueba de Tinel valorada mediante la escala de EVA: antes, durante y después de la aplicación del sistema tecnológico mediante rehabilitación virtual.

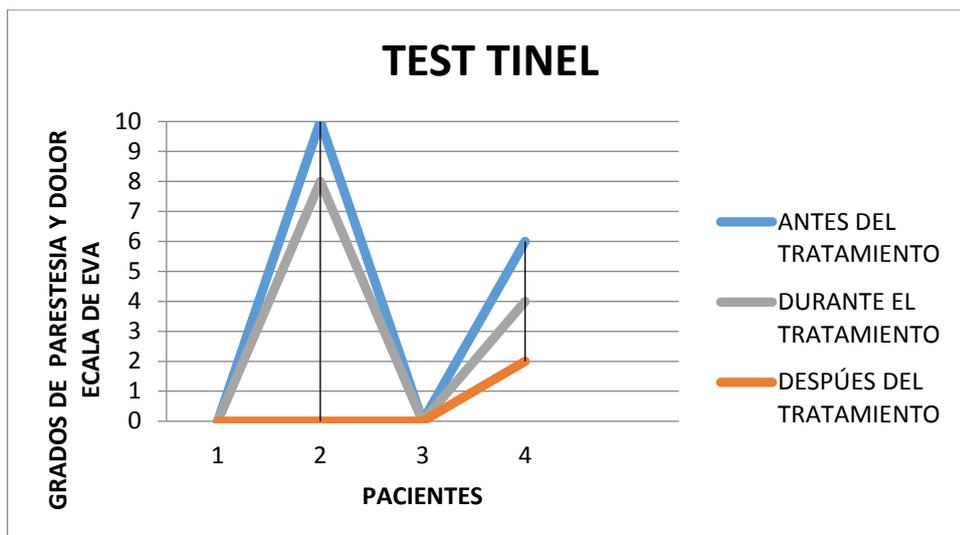
**Tabla 5.**

**Test Tinel a pacientes con el sistema RVSTC**

<b>Prueba de Tinel Usando el sistema RVSTC</b>			
VALORACIÓN EN LA ESCALA DE EVA			
<b>PACIENTES</b>	<b>ANTES DEL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>	<b>DURANTE EL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>	<b>DESPÚES DEL TRATAMIENTO VIRTUAL</b>
<b>1</b>	0	0	0
<b>2</b>	10	8	0
<b>3</b>	0	0	0
<b>4</b>	6	4	4

Como se observa en la tabla 8, antes del tratamiento dos pacientes del grupo experimental, no presentan molestias de parestesia y dolor, un paciente presenta molestias de grado 6, lo que representa un dolor y molestia fuerte, y solamente un paciente presenta dolor insoportable de nivel 10.

Durante el tratamiento específicamente en la quinta sesión, los valores en los pacientes que presentan parestesia y dolor, bajan considerablemente según la tabla 8, además los pacientes que no presentan molestias se mantienen en las mismas condiciones. Después de haber aplicado el tratamiento casi todos pacientes ya no presentan dolor ni parestesia al aplicar el test Tinel, permitiendo que los pacientes puedan retomar sus actividades normales.



**Figura 90. Gráfica test Tinel antes, durante y después del Sistema RVSTC**

En la figura 90 del test Tinel, se puede observar que según avanza el tratamiento mediante el uso del sistema RVSTC, los niveles de parestesia y dolor según la escala de Eva van disminuyendo progresivamente en los pacientes.

### 5.2.2.3 Análisis estadístico de resultados

Para el análisis estadístico es necesario utilizar la prueba T-student para dos muestras relacionadas, ya que esta se utiliza en estudios de tipo longitudinal, es decir cuando se realizan medidas en dos momentos temporales distintos. El objetivo de esta prueba es comparar dos medidas en un mismo grupo, una medida antes y una medida después de un tratamiento, se compara una variable numérica en el mismo grupo pero en momentos distintos.

Para este proyecto se necesita comprobar la efectividad del tratamiento con el sistema RVSTC, el cual fue aplicado al grupo experimental. Para lo cual se usa los datos obtenidos en los test de Phalen y de Tinel. En este caso se utilizan los datos obtenidos para el periodo de tiempo antes del tratamiento y después del tratamiento, en cada uno de los test.

### 5.2.2.3.1 Análisis estadístico según T-student para muestras relacionadas en test Phalen

Para el análisis estadístico planteado es necesario seguir los pasos:

#### 1. Redactar la Hipótesis

Hipótesis nula Ho: **No hay diferencia significativa** en los niveles de dolor según el test Phalen, después del tratamiento con el sistema RVSTC

Hipótesis alterna HI: **Hay diferencia significativa** en los niveles de dolor según el test Phalen, después del tratamiento con el sistema RVSTC

#### 2. Porcentaje de erro $\alpha$

Alfa = 0.05 = 5%

#### 3. Criterio para determinar Normalidad:

Shapiro Wilk: Muestras pequeñas (< de 30 individuos)

**P-valor >  $\alpha$**  Aceptar **Ho** = Los datos proviene de una distribución Normal

**P-valor <  $\alpha$**  Aceptar **HI** = Los datos NO provienen de una distribución Normal

Para determinar la normalidad es decir para verificar si los datos en este caso dolor se comporta normalmente, se usa el software estadístico Spss Al ingresar los datos al Spss se obtiene el resultado de la prueba de normalidad tal como se observa en la tabla 6.

**Tabla 6.****Prueba de normalidad test Phalen**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
PHALEN-INICIO RVSTC	,307	4	.	,729	4	,024
PHALEN-FINAL RVSTC	,283	4	.	,863	4	,272

De la tabla de prueba de normalidad se toma en cuenta los valores de significancia según Shapiro-Wilk, para los dos periodos de tiempo: antes y después. Posteriormente se analizan según los criterios para determinar normalidad. En la tabla 7, se puede observar el análisis de la normalidad

**Tabla 7.****Análisis de normalidad test Phalen**

NORMALIDAD		
P-valor(phalen antes ) = 0,024	<	$\alpha=0.05$
P-valor(phalen después ) = 0,272	>	$\alpha=0.05$

**Interpretación:** Los datos no provienen de una distribución normal ya que los dos P-valores no son > que  $\alpha$

**4. Prueba t Student para muestras emparejadas**

Tras analizar la normalidad, se emplea las herramientas de Spss para el realizar la Prueba t-Student para muestras emparejadas, tal como se observa en la tabla 8.



Por lo tanto hay una diferencia estadísticamente significativa en las medias de los niveles de dolor, de los pacientes con STC antes y después del tratamiento de rehabilitación usando el sistema RVSTC.

Concluyendo que el tratamiento de aplicación del sistema tecnológico mediante rehabilitación virtual, Si tiene efecto significativo sobre los niveles de dolor al realizar el Test Phalen a los pacientes con STC del área de rehabilitación del hospital del IESS Latacunga.

De hecho los pacientes en promedio, bajaron los niveles de dolor de 8,0 a 1,25 según la escala de Eva en el test Phalen.

### **5.2.2.3.2 Análisis estadístico según T-student para muestras relacionadas en test Tinel**

Para el análisis estadístico planteado es necesario seguir los pasos:

#### **1. Redactar la Hipótesis**

Hipótesis nula Ho: **No hay diferencia significativa** en los niveles de parestesia y dolor según el test Tinel, después del tratamiento

Hipótesis alterna HI: **Hay diferencia significativa** en los niveles de parestesia y dolor según el test Tinel, después del tratamiento

#### **2. Porcentaje de erro $\alpha$**

Alfa = 0.05 = 5%

#### **3. Criterio para determinar Normalidad:**

Shapiro Wilk: Muestras pequeñas (< de 30 individuos)

**P-valor >  $\alpha$**  Aceptar **Ho** = Los datos proviene de una distribución Normal

**P-valor <  $\alpha$**  Aceptar **HI** = Los datos NO provienen de una distribución Normal

Para determinar la normalidad es decir para verificar si los datos en este caso dolor se comporta normalmente, se usa el software estadístico Spss Al ingresar los datos al Spss se obtiene el resultado de la prueba de normalidad tal como se observa en la tabla 9.

**Tabla 9.**

**Prueba de normalidad Test Tinel**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TINEL-INICIO RVSTC	,293	4	.	,860	4	,262
TINEL-FINAL RVSTC	,441	4	.	,630	4	,001

De la tabla de prueba de normalidad se toma en cuenta los valores de significancia según Shapiro-Wilk, para los dos periodos de tiempo: antes y después. Posteriormente se analizan según los criterios para determinar normalidad. En la tabla 10 se puede observar el análisis de la normalidad

**Tabla 10.**

**Análisis de normalidad Test Tinel**

NORMALIDAD		
P-valor(Tinel antes ) = 0,262	>	$\alpha=0.05$
P-valor(Tinel después ) = 0,001	<	$\alpha=0.05$

**Interpretación:** Los datos no provienen de una distribución normal ya que los dos P-valores no son  $>$  que  $\alpha$

**4. Prueba t Student para muestras emparejadas**

Tras analizar la normalidad, se emplea las herramientas de Spss para el realizar la Prueba t-Student para muestras emparejadas, tal como se observa en la tabla 11.

Tabla 11.

## T-studen para test Tinel

Estadísticas de muestras emparejadas									
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar				
Par 1	TINELINICIORV	4,0000	4	4,89898	2,44949				
	TINELFINALRV	1,0000	4	2,00000	1,00000				
Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	g	Sig. (bilatera l)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
						Inferior	Superior		
Par 1	TINELINICIO	3,0000	4,76095	2,38048	-	10,5757	1	3	,297
	RVSTC	0			4,5757	4			
	TINELFINAL				4				
	RVSTC								

**Criterio para decidir:**

- Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , rechace  $H_0$  (Se acepta  $H_1$ )
- Si la probabilidad obtenida P-valor  $\geq \alpha$ , rechace  $H_1$  (Se acepta  $H_0$ )

Entonces al verificar el P-valor que se obtiene del análisis en Spss se tiene como resultado que:

$$\mathbf{P\text{-valor} = 0,297 > \alpha = 0.05}$$

**Interpretación:**

Como el P-valor resulta mayor al valor de  $\alpha$ , entonces se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$  (Se acepta la hipótesis Nula  $H_0$ )

No hay una diferencia estadísticamente significativa en las medias de los niveles de parestesia y dolor, de los pacientes con STC antes y después del tratamiento de rehabilitación usando realidad virtual. Por lo cual se concluye que el tratamiento de aplicación del sistema tecnológico mediante

rehabilitación virtual, NO tiene efecto significativo sobre los niveles de parestesia y dolor al realizar el Test Tinel.

Cabe recalcar que en este test, la mitad de los pacientes no presentaban molestias altas antes de empezar el tratamiento, sin embargo en la tabla estadística de muestras emparejadas, se puede ver la comparación de los valores de las medias antes y después de la aplicación del sistema, dando como resultados una disminución de parestesia y dolor de 4,0 a 1,0 en la escala de Eva.

### **5.2.3 Análisis de valoración de fuerza muscular según la escala Daniels**

Los pacientes que recibieron el tratamiento con el sistema RVSTC, también fueron evaluados midiendo la evolución de la fuerza muscular, cabe mencionar que para esta evaluación se especificaron músculos que se ven afectados cuando se padece STC. Para la valoración de la fuerza en esta área se utilizó la escala de Daniels, que ubica la fuerza muscular en una escala del 0 al 5. En la tabla 12 se muestra las especificaciones para cada grado en la escala de Daniels,

**Tabla 12.**

#### **Especificaciones para la escala Daniels**

5	Normal	Movimiento completo contra la gravedad, con resistencia plena
4	Bueno	Movimiento completo contra la gravedad, con ligera resistencia
3	Regular	Movimiento completo contra la gravedad
2	Malo	Movimiento completo con la gravedad eliminada
1	Vestigios	Ligera evidencia de contractibilidad. No hay movimiento articular
0	No hay contractibilidad	

Para evidenciar si hubo cambio en la intensidad de la fuerza muscular de los pacientes, se tomaron mediaditas mediante evaluaciones antes del tratamiento y después del tratamiento con el sistema RVSTC.

La tabla 13 muestra la valoración de fuerza según la escala Daniels antes del tratamiento con el sistema RVSTC

**Tabla 13.**

**Valoración en la escala Daniels antes del Tratamiento**

ESCALA DE DANIELS PARA MIEMBRO SUPERIOR (NERVIO MEDIANO)					
MUSCULOS	4 PACIENTES				MEDIA
	P1	P2	P3	P4	
FLEXOR LARGO DEL PULGAR	3	4	3	3	3,25
FLEXOR COMUN SUPERFICIAL T1	3	4	4	3	3,5
TENDON II	4	3	4	3	3,5
TENDON III	4	4	5	3	4
TENDON IV	4	4	5	3	4
FLEXOR CORTO DEL PULGAR	4	2	4	3	3,25
OPONENTE DEL PULGAR	4	3	5	3	3,75
ABDUCTOR CORTO DEL PULGAR	4	3	3	3	3,25
LUMBRICALES	4	3	4	3	3,5

**Interpretación:**

Los valores registrados mediante la escala de valoración de fuerza Daniels, antes del tratamiento demuestran que la mayoría de los pacientes ingresan con un promedio de fuerza 3 (Regular-Movimiento completo contra la gravedad), es decir que como consecuencia del padecimiento del síndrome de túnel carpiano han perdido fuerza en las mano afectada.

En la tabla 14 muestra la valoración de fuerza según la escala Daniels después del tratamiento con el sistema RVSTC.

Tabla 14.

**Valoración en la escala Daniels después del tratamiento**

<b>ESCALA DE DANIELS PARA MIEMBRO SUPERIOR (NERVIO MEDIANO)</b>					
	PACIENTES				MEDIA
	P1	P2	P3	P4	
<b>FLEXOR LARGO DEL PULGAR</b>	5	5	5	5	5
<b>FLEXOR COMUN SUPERFICIAL T1</b>	5	5	5	4	4,75
<b>TENDON II</b>	5	5	5	5	5
<b>TENDON III</b>	5	4	5	5	4,75
<b>TENDON IV</b>	5	5	5	5	5
<b>FLEXOR CORTO DEL PULGAR</b>	5	4	5	5	4,75
<b>OPONENTE DEL PULGAR</b>	5	5	5	5	5
<b>ABDUCTOR CORTO DEL PULGAR</b>	4	5	5	5	4,75
<b>LUMBRICALES</b>	5	5	5	4	4,75

**Interpretación:**

Los valores registrados mediante la escala de valoración de fuerza Daniels, después del tratamiento virtual, demuestran que la mayoría de los pacientes mejoraron los niveles de fuerza, hasta llegar en casi todas las evaluaciones a obtener un nivel 5 (Normal-Movimiento completo contra la gravedad, con resistencia plena) en la escala de Daniels.

Demostrando así que los pacientes recuperan notablemente la fuerza de la mano afectada, al terminar con las rutinas establecidas en el sistema virtual.

#### **5.2.4 Análisis de la eficiencia del sistema RVSTC, frente a la rehabilitación convencional**

Para realizar la comparación entre el sistema RVSTC, frente al tratamiento convencional, es necesario comparar los datos resultantes de la aplicación del sistema RVSTC en los pacientes experimentales, frente a los resultados obtenidos de los pacientes del grupo de control que recibieron el tratamiento convencional que proporciona el Hospital IESS Latacunga; se analizan los datos obtenidos al realizar los tes Phale y Tinel.

##### **5.2.4.1 Comparación en test Phalen**

La tabla 15 muestra los datos obtenidos al valorar según el test Phalen, a los pacientes del grupo de control, quienes recibieron el tratamiento convencional. En la tabla se puede observar que fueron evaluados en dos periodos durante su proceso de rehabilitación.

**Tabla 15.**

**Test Phalen para pacientes con tratamiento convencional**

REHABILITACION TRADICIONAL		
PRUEBA PHALEN VALORACIÓN EN LA ESCALA DE EVA		
PACIENTES	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	8	7
2	10	0
3	4	1
4	10	6

La tabla 16 muestra los datos obtenidos al valorar según el test Phalen, a los pacientes del grupo experimental, quienes recibieron el tratamiento con el sistema RVSTC. En la tabla se puede observar que fueron evaluados en dos periodos durante su proceso de rehabilitación

**Tabla 16.**

**Test Phalen para pacientes con tratamiento Virtual**

REHABILITACION CON EL SISTEMA RVSTC		
PRUEBA PHALEN - VALORACIÓN EN LA ESCALA DE EVA		
PACIENTES	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	6	1
2	10	2
3	6	0
4	10	2

Para obtener un análisis se tomó en cuenta el periodo de evaluación final es decir después de ambos tratamientos, para realizar una comparación entre sus valores promedio. En la tabla 17 se muestra la comparación de los

promedios de la prueba Phalen, tanto para el tratamiento virtual (RVSTC) frente al tratamiento tradicional.

**Tabla 17.**

**Comparación de medias en Test Phalen del tratamiento virtual vs tratamiento tradicional**

Estadísticas de grupo					
	TRATAMIENTO	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
PHALENINICIO	TRADICIONAL	4	8,00	2,828	1,414
	VIRTUAL	4	8,00	2,309	1,155
PHALENFINAL	TRADICIONAL	4	3,50	3,512	1,756
	VIRTUAL	4	1,25	,957	,479

**Análisis:**

Se puede observar en la tabla anterior que la media en el Test Phalen para la rehabilitación tradicional baja en promedio de 8 a 3.5 grados de dolor según la escala de Eva. Mientras que el mismo análisis pero con el sistema RVSTC, los grados de y dolor bajan en promedio de 8 a 1.25 según la escala de Eva. Al analizar estos resultados se puede ver fácilmente que el tratamiento mediante el sistema RVSTC es mucho más efectivo.

**5.2.4.2 Comparación en test Tinel**

La tabla 18 muestra los datos obtenidos al valorar según el test Tinel, a los pacientes del grupo de control, quienes recibieron el tratamiento convencional. En la tabla se puede observar que fueron evaluados en dos periodos durante su proceso de rehabilitación.

**Tabla 18.****Test Tinel para pacientes con tratamiento convencional**

REHABILITACION TRADICIONAL		
PRUEBA TINEL - VALORACIÓN EN LA ESCALA DE EVA		
PACIENTES	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	10	6
2	0	0
3	10	0
4	10	6

La tabla 19 muestra los datos obtenidos al valorar según el test Tinel, a los pacientes del grupo experimental, quienes recibieron el tratamiento con el sistema RVSTC. En la tabla se puede observar que fueron evaluados en dos periodos durante su proceso de rehabilitación

**Tabla 19.****Test Tinel para pacientes con tratamiento Virtual**

REHABILITACION CON EL SISTEMA RVSTC		
PRUEBA TINEL - VALORACIÓN EN LA ESCALA DE		
PACIENTES	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO EVA
1	10	6
2	0	0
3	10	0
4	6	4

Para obtener un análisis se tomó en cuenta el periodo de evaluación final es decir después de ambos tratamientos, para realizar una comparación entre sus valores promedio.

En las tabla 20 se muestra la comparación de los promedios de la prueba Tinel, tanto para el tratamiento virtual (RVSTC) como para el tratamiento tradicional

**Tabla 20.****Comparación de medias en Test Tinel del tratamiento virtual vs tratamiento tradicional**

Estadísticas de grupo					
	TRATAMIENTO	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
TINELINICIO	TRADICIONAL	4	5,00	5,774	2,887
	VIRTUAL	4	4,00	4,899	2,449
TINELFINAL	TRADICIONAL	4	3,00	3,464	1,732
	VIRTUAL	4	1,00	2,000	1,000

**Análisis:**

En la tabla anterior se puede observar que la media al realizar el test Tinel para la rehabilitación tradicional, baja en un promedio de 5 a 3 los grados de dolor y parestesia según la escala de Eva. Mientras que el mismo análisis pero con el sistema RVSTC, los grados de parestesia y dolor bajan en promedio de 4 a 1 según la escala de Eva. Claramente se puede observar que mediante este análisis, el sistema RVSTC es efectivamente más eficiente que el sistema tradicional.

Al analizar estos resultados se puede observar que el tratamiento con el Sistema RVSTC es más eficiente que el sistema tradicional, lo que permite que este nuevo tratamiento sea tomado en cuenta para ser parte de los métodos de rehabilitación para el Síndrome de Túnel Carpiano.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- El desarrollar un sistema tecnológico mediante la aplicación de realidad virtual, permite la rehabilitación de pacientes con STC.
- Para rehabilitar a pacientes con STC mediante el sistema propuesto, se seleccionó un dispositivo háptico que permita captar los movimientos de la mano, se implementó una interfaz gráfica, la cual muestra un entorno de realidad virtual que permite ver diferentes ejercicios en forma de juegos virtuales, lo cuales reaccionan con los estímulos captados por el dispositivo háptico.
- El proyecto muestra el buen desempeño del sistema de rehabilitación diseñado, puesto que ha realizado el objetivo propuesto, que es la rehabilitación del paciente mediante el uso de realidad virtual; siendo este un método que puede ser añadido al sistema de rehabilitación en diferentes hospitales o centros de recuperación.
- Con la integración de tecnologías para rehabilitación motora se comprobó que mediante estímulos visuales táctiles y motivacionales se impulsa al paciente a concluir una tarea específica, donde se mejora la terapia tradicional la que resulta ser monótona, tediosa y aburrida, transformándola en una rehabilitación más amena y motivadora.
- Los Test Clínicos utilizados y la gestión de base de datos permitieron valorar el desempeño del sistema, siendo unas herramientas útiles al momento de analizar el estado del paciente.

## 6.2 Recomendaciones

- Al diseñar las interfaces visuales, no se debe saturar con muchos botones ni muchas animaciones ni tampoco con muchas pantallas, ya que el operador en este caso el paciente que va acceder a ellas son adultos con edades altas, quienes pueden distraerse o pueden confundirse, lo que puede ocasionar problemas, es necesario que la interfaz virtual sea lo más sencilla e intuitiva posible.
- Antes de ejecutar la aplicación de realidad virtual, es muy importante seguir los pasos de calibración con los movimientos del brazalete, tomando en cuenta que si es necesario se debe utilizar los acopladores extra, para que los sensores del brazalete se fijen correctamente al brazo para así no tener confusiones a captar los movimientos.
- No se debe saltar ningún paso del protocolo de uso del sistema para un buen funcionamiento y siempre es necesario la presencia del profesional terapeuta para la supervisión.
- Al aplicar el sistema de rehabilitación virtual en pacientes es fundamental contar con la asesoría de un profesional terapeuta, para que ejecute los procedimientos médicos y supervise al paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 5hertz. (22 de octubre de 2014). *5hertz*. Obtenido de <http://5hertz.com/tutoriales/?p=228> [Recuperado el 01/05/2016]
- Albiol Perez, S. (marzo de 2014). *riunet.upv.es*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38450/ALBIOL%20-%20Rehabilitaci%C3%B3n%20Virtual%20Matora%3A%20una%20Evaluaci%C3%B3n%20al%20tratamiento%20de%20pacientes%20con%20Da%C3%B1o%20Cereb....pdf?sequence=1> [Recuperado el 07/05/2016]
- Appcessories. (29 de diciembre de 2015). *appcessories.co.uk*. Obtenido de <http://www.appcessories.co.uk/thalamic-labs-myo-armband-gesture-control-remote/> [Recuperado el 11/05/2016]
- Arm. (2016). *arm.com*. Obtenido de <http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m4-processor.php> [Recuperado el 11/05/2016]
- Barea, R. (16 de abril de 2015). *bioingenieria*. Obtenido de <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf> [Recuperado el 01/06/2016]
- Biomec. (23 de septiembre de 2013). *biomec.com*. Obtenido de <http://www.biomec.com.co/Rehabilitacion-Virtual> [Recuperado el 24/06/2016]
- Cenetec.salud. (2016). *Guia de practica medica*. Obtenido de [http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/043\\_GPC\\_Tunel\\_Carpo/IMSS\\_043\\_08\\_GRR.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/043_GPC_Tunel_Carpo/IMSS_043_08_GRR.pdf) [Recuperado el 08/07/2016]
- Cientesapc. (12 de mayo de 2015). *clientesapc*. Obtenido de <http://clientesapc.com/blog/como-se-mide-el-dolor/> [Recuperado el 27/05/2016]

- Cochesrc. (23 de enero de 2012). *Cochesrc*. Obtenido de <http://www.cochesrc.com/giросcopo-ii-giросcопos-electronicos-a1807.html> [Recuperado el 01/07/2016]
- Conesa, A. G. (2015). *fisioterapiaysalud*. Recuperado el 3 de marzo de 2016, de <http://www.aefi.net/Fisioterapiaysalud/Sindrometuneldecarpo.aspx#tratamiento> [Recuperado el 28/05/2016]
- Cyberglovesystems. (16 de marzo de 2015). *cyberglovesystems*. Obtenido de <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/> [Recuperado el 01/08/2016]
- Drugs. (2015). *drugs.com*. Recuperado el 4 de febrero de 2015, de [http://www.drugs.com/cg\\_esp/ejercicios-para-el-s%C3%ADndrome-del-t%C3%BAnel-carpiano.html](http://www.drugs.com/cg_esp/ejercicios-para-el-s%C3%ADndrome-del-t%C3%BAnel-carpiano.html) [Recuperado el 21/07/2016]
- Durkan, J. (2007). *The carpal compression test: an instrumental device for diagnostic carpal tunnel syndrome*.
- Ecured. (15 de febrero de 2016). *ecured.cu*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Unity3D> [Recuperado el 27/05/2016]
- Electronics, S. (26 de agosto de 2013). *sparkfun*. Obtenido de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics/common-versions> [Recuperado el 14/07/2016]
- Emalbacete. (5 de diciembre de 2014). *emalbacete*. Obtenido de <http://emalbacete.es/noticias-asociacion-esclerosis-multiple/realidad-virtual-y-rehabilitacion/>
- Fedelat. (22 de enero de 2016). *fedelat.com*. Obtenido de <http://www.fedelat.com/info/5-11-escala-visual-anloga.html> [Recuperado el 12/03/2016]
- Foroicd. (19 de mayo de 2012). *foroicd.wordpress.com*. Obtenido de <https://foroicd.wordpress.com/2012/05/09/realidad-virtual-en-un-sistema-informatico/> [Recuperado el 09/05/2016]
- Gallery, B. (19 de octubre de 2014). *wikiversity*. Obtenido de [https://en.wikiversity.org/wiki/Wikiversity\\_Journal\\_of\\_Medicine/Blause\\_n\\_gallery\\_2014](https://en.wikiversity.org/wiki/Wikiversity_Journal_of_Medicine/Blause_n_gallery_2014) [Recuperado el 18/07/2016]
- Geomagic. (11 de mayo de 2016). *Geomagic*. Obtenido de <http://www.geomagic.com/en/> [Recuperado el 18/06/2016]

- Gibert, M. (2002). *FUOC*. Obtenido de [http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-de-datos/P06\\_M2109\\_02152.pdf](http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-de-datos/P06_M2109_02152.pdf) [Recuperado el 22/05/2016]
- Gil Gómez, J. A., Gil Gómez, H., Lozano Quilis, J. A., Manzano Hernández, P., Albiol Pérez, S., & Aula Valero, C. (2013). *Semanticscholar*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/SEQ-Suitability-Evaluation-Questionnaire-for-Gil-G%C3%B3mez-Gil-Gomez/52c1ebbd5a7bb84b1bd918f3f75b0642ee5b4572> [Recuperado el 06/06/2016]
- Guia-ubuntu. (10 de Marzo de 2008). *guia-ubuntu.com*. Obtenido de [http://www.guia-ubuntu.com/index.php?title=PgAdmin\\_III](http://www.guia-ubuntu.com/index.php?title=PgAdmin_III) [Recuperado el 11/07/2016]
- Keith, M. (2009). *American Academy of Orthopaedic Surgeons clinical practice guidelines on the treatment of carpal tunnel syndrome*. [Recuperado el 11/05/2016]
- Labs, T. (5 de marzo de 2013). *myo.com*. Recuperado el 17 de enero de 2016, de <https://www.myo.com/> [Recuperado el 01/03/2016]
- Mediavilla Porras, P. L. (5 de Julio de 2014). *Uvadoc*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/13383/1/TFG-O%20524.pdf> [Recuperado el 27/06/2016]
- Netbeans. (31 de mayo de 2016). *netbeans.org*. Obtenido de [https://netbeans.org/index\\_es.html](https://netbeans.org/index_es.html) [Recuperado el 01/08/2016]
- Neurocirujano. (14 de mayo de 2016). Obtenido de [http://neurocirujano.cc/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=36](http://neurocirujano.cc/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=36) [Recuperado el 01/08/2016]
- Oracle. (25 de mayo de 2016). *www.oracle.com*. Obtenido de <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html> [Recuperado el 02/07/2016]
- Plosone. (14 de marzo de 2014). *plosone*. Obtenido de <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0092063> [Recuperado el 11/06/2016]
- Postgresql. (10 de mayo de 2016). *postgresql.org*. Obtenido de <https://www.postgresql.org/> [Recuperado el 12/06/2016]

- Rutgers. (marzo de 2007). *rutgers.edu*. Obtenido de [http://ti.rutgers.edu/publications/papers/2007\\_tnsre.heuser.pdf](http://ti.rutgers.edu/publications/papers/2007_tnsre.heuser.pdf) [Recuperado el 25/05/2016]
- Smartdreams. (24 de diciembre de 2010). Obtenido de <http://smartdreams.cl/unidad-de-medicion-inercial-imu/> [Recuperado el 29/05/2016]
- Technology\_systems. (21 de abril de 2016). *Technology\_systems*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Technology\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Technology_systems) [Recuperado el 12/07/2016]
- Tecnologis, A. (16 de febrero de 2015). *abc tecnologia*. Obtenido de <http://www.abc.es/tecnologia/consultorio/20150216/abci--201502132105.html> [Recuperado el 22/06/2016]
- Toyra.org. (22 de 01 de 2016). Obtenido de <http://www.toyra.org/> [Recuperado el 22/08/2016]
- Tuexpertojuegos. (6 de junio de 2016). *Tuexpertojuegos*. Obtenido de <http://www.tuexpertojuegos.com/2012/01/10/kinect-el-dispositivo-de-microsoft-llegara-a-windows-el-uno-de-febrero/> [Recuperado el 08/08/2016]
- Unity3d. (3 de febrero de 2016). *Documentation unity*. Obtenido de <http://docs.unity3d.com/500/Documentation/Manual/UnityManualRestructured.html> [Recuperado el 15/05/2016]
- Unne.edu.a. (3 de febreo de 2016). *Unne.edu.a*. Obtenido de [http://med.unne.edu.ar/revista/revista173/4\\_173.pdf](http://med.unne.edu.ar/revista/revista173/4_173.pdf) [Recuperado el 21/07/2016]
- Virtualret. (2007). Obtenido de <http://virtualret.com/> [Recuperado el 18/06/2016]
- Wikipedia. (15 de marzo de 2016). *WIKIPEDIA*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome\\_del\\_t%C3%BAnel\\_carpiano](https://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome_del_t%C3%BAnel_carpiano) [Recuperado el 26/05/2016]

# ANEXOS

# **ANEXO A: Artículo escrito**

Artículo Escrito No 1

**Virtual Fine Rehabilitation in  
Patients with Carpal Tunnel  
syndrome using low-cost devices**

# Virtual Fine Rehabilitation in Patients with Carpal Tunnel syndrome using low-cost devices

Sergio Albiol-Pérez  
Aragón Health Research Institute  
(IIS Aragón), Universidad de  
Zaragoza, Teruel, Spain  
salbiol@unizar.es

Javier Mena-Cajas, Ivón-  
Patricia Escobar-Anchaguano,  
Edwin-Patricio Pruna-Panchi  
Departamento de Eléctrica y  
Electrónica  
Universidad de las Fuerzas Armadas  
ESPE,  
Sangolquí, ECUADOR  
+593 (03) 2810-206  
{ejmena,  
lpescobar, epruna}@espe.edu.ec

Paulina Zumbana  
Hospital Instituto Ecuatoriano  
de Seguridad Social de  
Latacunga  
fisiorenacer87@hotmail.com

## ABSTRACT

Carpal tunnel syndrome (CTS) happens when there is a compression of the median nerve between the forearm and the hand. This disorder causes an influence on basic and instrumental Activities of Daily Living. The motor disruptions are muscle weakness, tingling, and heaviness in the hand. The main disorder which subjects suffer with CTS is pain. To alleviate or mitigate pain in CTS, there are different techniques such as pharmacologic treatments, splints to immobilize the wrist, surgery, and physical therapy. Novel and customizable low-cost devices together with Virtual Environments are a good complement in rehabilitation sessions for this syndrome. The aim of this present study is to test a novel system, Virtual Rehabilitation Carpal Tunnel (VRCT), in patients with CTS. For this purpose, we have tested our system with four CTS patients (experimental group). At the same time, four CTS patients were tested using traditional rehabilitation. Phalen and Tinel test were used to analyze the results. The results obtained showed greater improvement in the experimental group during the intervention period. Future research will be focused on the analysis of the follow-up period.

## CCS Concepts

• Information systems~Multimedia information systems • Computing methodologies~Virtual reality • Information systems~Multimedia information systems • Human-centered computing~Graphical user interfaces • Applied computing~Life and medical sciences.

## General Terms

Design, Experimentation, Performance.

## Keywords

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [Permissions@acm.org](mailto:Permissions@acm.org).

REHAB 2016, October 13–14, 2016, Lisbon, Saudi Arabia  
© 2016 ACM. ISBN 978-1-4503-4765-5/16/10 \$15.00  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3051488.3051517>

Virtual Fine Motor Rehabilitation; Carpal Tunnel syndrome; Physical Therapy; Numbness; Tingling; Range-of-motion; Grip strength.

## 1. INTRODUCTION

Carpal tunnel syndrome (CTS) is produced when the median nerve from the forearm to the hand begins to compress [1]. This syndrome is associated with occupational activities, where the wrist is used on tasks related to reach and grasp objects [2]. These tasks (reach-to-grasp) is a typical action of Activities of Daily Living (ADL).

The prevalence of CTS is around 1.5% to 5.8% in the general population [3] with a high frequency in women in comparison to men (9.2% in women-6% in men [4],[5],[6]).

The symptomatology of CTS can be determined for the work history of subjects, a clinical examination, an electrodiagnostic study and a high-resolution sonography, which provides a view of structures and nerve abnormalities [6]. Clinical tests focused on the validation of disorders of CTS (pain, tingling, or numbness) in the sensitive nerve distribution of wrist are Phalen and Tinel [6]. Traditional rehabilitation techniques of CTS are focused on pharmacologic treatments, splints to immobilize the wrist, surgery, and physical therapy. Alternative treatments are based on yoga training sessions, low-level laser therapy, acupuncture, and massage therapies [9].

It was [10] demonstrated that patients with CTS preferred traditional therapies instead of surgery because the improvements were similar to that of surgery.

Novel and customizable systems based on Virtual Reality (VR) provide motivation and playful environments thanks to visual and auditory feedback [11]. Virtual Motor Rehabilitation (VMR) are focused on the processes of physical therapy in upper and lower limb [12][13][14].

## 2. RELATED WORK

Virtual Fine Rehabilitation (VFR) produces an enrichment of sensorimotor disorders in subjects with mild to moderate deficits in the hand and wrist. For this purpose, finger extension, finger strength, and finger extension speed, together with kinematics measures based on grasping and reaching, are typical events in VFR [15].

VR systems focused on the improvements in patients with CTS are focused on hand strength [2] and effective training sessions [16].

In this paper, we have tested a novel and customizable system called the Virtual Rehabilitation Carpal Tunnel (VRCT) tool to analyze the pain and the grip strength of patients with CTS. For this, the participants performed traditional specific stretching movements with their affected hand in the sitting position. We think that the inclusion of VRCT in the rehabilitation process in patients with CTS will improve the hand function and will decrease their pain and will improve their grip strength.

## 3. METHODS

### 3.1 The Participants

Eight patients with Carpal tunnel syndrome participated in the experiment. The experiment was carried out with the following criteria. The inclusion criteria were: 1) age  $\geq 18$  years and  $\leq 60$  years; 2) mild-high severity; 4) comprehension of the VRCT instructions. The exclusion criteria were: 1) CTS patients with severe visual/auditory injuries; 2) subjects with carpal tunnel release surgery; 3) refusal of the CTS patient.

Ethical approval for the experiment was performed by the Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Hospital. All the participants who agreed to participate in the study signed a consent form.

Subjects were randomly divided into two groups: the control group was tested with traditional rehabilitation and the experimental group received the same intensive training tasks. Both groups worked directly with a therapist during the experiment sessions. The characteristics of the participants are shown in Table 1.

Table 1. Characteristics of the Experiment Population

Number of Patients	8
Gender (Male/Female)	7/1
Mean Age (years)	49.75(8.48)
Bilateral injury (number of patients)	5
Left handed with CTS	1
Right handed with CTS	2

### 3.2 The VRCT System

Our technological system is comprised of low-cost devices. The hardware components are: 1) a standard PC running with Microsoft Windows 8 (Pentium Dual Core I3); 2) a low-cost tracker system Myo created by ThalmicLabs company with extra sizing clips; and 3) a bluetooth dongle to establish communication with our system.

Myo system has eight sensors to detect muscle activity. These armbands are composed of an inertial measurement unit (IMU). The IMU comprises a three-axis accelerometer together with a

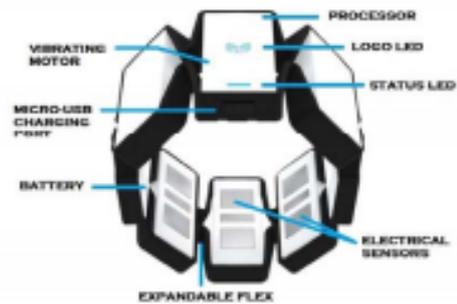


Figure 1. The Myo system.

gyroscope which supplies rotation, acceleration, and angular velocity data. The extra sizing clips allow the therapist to fasten the Myo system in the affected patient's arm more accurately. A description of Myo system can be seen in figure 1.

Our customizable VRCT system is composed of a Virtual Environment (VE), which analyzes the previous outcomes of severity, pain, and muscle tone of the participants. The characteristics of the subjects together with this information are stored in a local database.

To establish the communication between the Myo system and our tool, we used SDK MYO. To develop the VRCT system, we created the specific algorithms under Unity SDK. Our system was designed and developed with the guidance of therapist.

### 3.3 VR exercises

Four therapeutic games were developed in our system. These games were clearly designed to perform the correct movements in each session for the intervention period.

The virtual environment shows proper visual feedback for each repetition. These visual feedbacks were: 1) a vertical bar which grows as the patient performs the correct movement; 2) a traffic light which shows different colors: green at the beginning of a repetition, yellow at the end of a repetition, and red when the patient completes the repetition. At the end of each repetition, the VRCT system displays a positive reinforcement that motivates the subject to continue with the experiment. Additionally, the system displays a visual cue located at the bottom right corner of the screen. With these cues, the patient realizes the correct movements.

## 4. PROCEDURE

The Patients with CTS, both the controlled traditional and the experimental groups trained a total of 10 sessions using the VRCT system in a sitting position, 5 sessions per week for 2 weeks. Each session consisted of approximately 45 minutes, with a rest period of 2 minutes. The experimental group used our system, VRCT. Each session consisted of ten repetitions with a duration of five seconds. Before the experiment began, the experimental group was trained for 5 minutes on how to use VRCT.

The experiment was performed with five specific digiflexes: 1) yellow (less power -1.5 lbs); 2) red (3 lbs); 3) green (5 lbs); 4) blue (7 lbs); and black (9 lbs).

STRETCHING EXERCISES	
Description	Screenshot
<p><b>Wrist extension.</b> The patient with CTS stretches their wrist in an upward 70 degree angle or more.</p>	
<p><b>Metacarpo-phalangeal flexion.</b> The patient with CTS needs to maintain a clenched fist.</p>	
<p><b>Abduction- phalangeal</b> The patient with CTS extends and separates their fingers.</p>	
<p><b>Wrist flexion.</b> The patient with CTS stretches their wrist in a downward 70 degree angle or more.</p>	
<p><b>Digiflex system.</b></p>	

Table 2. The stretching exercises using the RVST system.

Before the first session, the therapist tested all the participants using the Daniels Scale, the Phalen Test and the Tinel Test.

Then, the patients were divided randomly into two groups: the traditional group and the experimental group. According to the baseline outcome of the Daniels Scale, the therapist selected the specific digiflex devices each patient needed to use during their specific sessions. The digiflexes are shown in Table 2.

With the experimental group, the therapist chose a virtual environment to use during each session according to the outcome obtained in the Phalen and Tinel test.

At the beginning of the experimental virtual session, the subjects carried out a customizable calibration according to the specific movements. The therapist explained the different movements: 1) wrist extension; 2) metacarpo-phalangeal flexion; 3) abduction-phalangeal; and 4) wrist flexion. The characteristics of these movements are shown in Table 2.



Figure 2. Participant using the VRCT system.

In the next stage, the patient with CTS places their affected limb on the table, where they performed the specific movements together with the digiflex device and our system. A training session can be shown in figure 2.

At the end of the session, our system stored the movements carried out by the participants in a customizable file for each patient and each session. The parameters stored by our tool are: 1) the virtual exercise; 2) the completion time; 3) the name of the patient; 4) the time system; 5) the number of repetitions of this session; 6) the time for each repetition; 7) the pathology of the patient; and 8) the type of digiflex utilized in the active session.

After the first session, the patients with CTS answered the SEQ [17] questionnaire in order to analyze the usability of the VRCT system.

During the sessions, the participants felt fatigue and pain. When this happened, the therapist increased the rest period. At the end of the training session, the patients felt an increase of fatigue and pain. During the first few sessions, the patients felt muscle weakness, tingling, and heaviness in the hand. Later, during their sessions, the patients felt improvements in some dysfunctions such as pain and stretching.

## 5. RESULTS

For the analysis of this experiment, we tested the outcomes by using SPSS 15.0. We applied the use of repeated measure analyses of variance (ANOVAs) with Group, with Time, and with Group-by-Time. We analyzed that the p-value with time, with a level of significance of 0.05. The outcomes acquired in the experiment are shown in Table 3. These outcomes show improvements in the final evaluation.

Table 3. Outcomes at the intervention period: Initial Evaluation (T0) and Final Evaluation (T1).

	Control group		Experimental group		p-value (T0-T1)
	T0	T1	T0	T1	
Phalen test	8.0±2.82	3.5±3.51	8.0±2.30	1.25±0.95	0.02
Tinel test	5.0±5.77	3.0±3.46	4.0±4.89	1.0±2.00	0.05

## 6. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, we hypothesized that the use of a low-cost system in the rehabilitation processes of patients with CTS reduces the patients pain and improves grip strength more than traditional rehabilitation. For this purpose, we tested a customizable VFR system in patients with CTS for ten sessions (45 minutes per session in both groups). The results obtained show a statistically significant difference from the Initial Evaluation (T0) to the Final Evaluation (T1).

Both clinical tests (Phalen Test and Tinel Test) proved that there were improvements in both the traditional and experimental groups. However, the experimental group proved to be more promising.

We plan to increase the sample size of subjects and to extend our study with more sessions and for longer time periods. Finally, we will analyze the outcomes in the follow-up period to determine if the beneficial effects in CTS patients will continue.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the support of Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE (Proyecto 2015-PIC-006) in Ecuador. This project was partially funded by the Gobierno de Aragón, Departamento de Industria e Innovación, y Fondo Social Europeo "Construyendo Europa desde Aragón" and by the Programa Ibercaja-CAI de Estancias de Investigación (IT7/15).

## 7. REFERENCES

- [1] Kostopoulos D. Treatment of carpal tunnel syndrome: a review of the non-surgical approaches with emphasis in neural mobilization. *J Bodyw Mov Ther* 2004; 8:2-8.
- [2] Heuser A, Kourtev H, Winter S, Fensterheim D, Burdea G, Hentz V, Forducey P. Telerehabilitation using the Rutgers Master II glove following carpal tunnel release surgery: proof-of-concept. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2007Mar;15(1):43-9.
- [3] Thiese MS, Gerr F, Hegmann KT, Harris-Adams C, Dale AM, Evansoff B, Eisen EA, Kapellusch J, Garg A, Burt S, Bao S, Silverstein B, Merlino L, Rempel D. Effects of varying case definition on carpal tunnel syndrome prevalence estimates in a pooled cohort. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014 Dec;95(12):2320-6.
- [4] Castro, A. do A. e, Skare, TL, Nassif PAN, Sakuma AK, Barros WH. Sonographic diagnosis of carpal tunnel syndrome: a study in 200 hospital workers. *Radiologia Brasileira*. 2015;48(5), 287-291.
- [5] Alfonso C, Jann S, Massa R, Torreggiani A. Diagnosis, treatment and follow-up of the carpal tunnel syndrome: a review. *Neurol Sci*. 2010 Jun;31(3):243-52.
- [6] Newington L, Harris EC, Walker-Bone K. Carpal tunnel syndrome and work. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*. 2015; 29(3), 440-453.
- [7] Fu T, Cao M, Liu F, Zhu J, Ye D, Feng X, Xu Y, Wang G, Bai Y. Carpal tunnel syndrome assessment with ultrasonography: value of inlet-to-outlet median nerve area ratio in patients versus healthy volunteers. *PLoS One*. 2015 Jun 24;10(1):e0116777.
- [8] Phalen GS. The carpal-tunnel syndrome. Seventeen years' experience in diagnosis and treatment of six hundred fifty-four hands. *J Bone Joint Surg Am* 1966; 48: 2112-28.
- [9] Madenci E, Altindag O, Koca I, Yilmaz M, Gur A. Reliability and efficacy of the new massage technique on the treatment in the patients with carpal tunnel syndrome. *Rheumatol Int*. 2012 Oct;32(10):3171-9.
- [10] Fernández-de-Las Peñas C, Ortega-Santiago R, de la Llave-Rincón AI, Martínez-Pérez A, Fdez-Sánchez-Saldí Diaz H, Martínez-Martín J, Pareja JA, Cuadrado-Pérez ML. Manual Physical Therapy Versus Surgery for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Parallel-Group Trial. *J Pain*. 2015 Nov;16(11):1087-94.
- [11] Johansson BB. Multisensory stimulation in stroke rehabilitation. *Front Hum Neurosci*. 2012 Apr 9;6:60.
- [12] Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, Strand LI, Becker F, Sanders AM, Pallesen H, Kristensen T, Michielsen M, Verheyden G. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES): study protocol for a randomized controlled multicenter trial. *BMC Neurol*. 2014 Sep 28;14:186.
- [13] Albiol-Pérez S, Gil-Gómez JA, Llorens R, Alcañiz M, Font CC. The role of virtual motor rehabilitation: a quantitative analysis between acute and chronic patients with acquired brain injury. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2014 Jan;18(1):391-8.
- [14] Albiol-Pérez S, Forcano-García M, Muñoz-Tomás MT, Manzano-Fernández P, Solsona-Hernández S, Maslút MA, Gil-Gómez JA. A novel virtual motor rehabilitation system for Guillain-Barré syndrome. Two single case studies. *Methods Inf Med*. 2015;54(2):127-34.
- [15] Merians AS, Poizner H, Boian R, Burdea G, Adamovich S. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke? *Neurorehabil Neural Repair* 2006; 20:252-267.
- [16] Tansel H, Siman K, Doga D, Marc W, Kyle E. MoMiReS: Mobile mixed reality system for physical & occupational therapies for hand and wrist ailments. *Innovations in Technology Conference (InnoTek)*, 2014 IEEE.
- [17] Gil-Gómez J.-A., Gil-Gómez H., Lozano-Quiñis J.-A., Manzano-Hernández P., Albiol-Pérez S., Aula-Valero C.: SEQ: suitability evaluation questionnaire for virtual rehabilitation systems. Application in a virtual rehabilitation system for balance rehabilitation. In *Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '13)*. 335-338 (2013).

# **ANEXO B: Herramientas de valoración**

## Consentimiento Informado

### UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Descripción: Usted ha sido invitado a participar en una investigación que persigue evaluar los resultados obtenidos tras la aplicación de una herramienta virtual para la rehabilitación física en el Síndrome de Tunel Carpiano. Esta investigación será realizada por el Sr. Edwin Javier Mena Cajas egresado de la Universidad ESPE Latacunga de la carrera de Electrónica e Instrumentación y con la Lcda. Paulina Zumbana Mondragón Fisioterapista del Hospital Básico IESS Latacunga. El propósito de esta investigación es valorar la percepción del estado de salud luego de la aplicación del demostrador tecnológico. Usted fue seleccionado/a para un estudio en el que participaran aproximadamente 5 personas como voluntarias. Si acepta participar en esta investigación se le solicitará información concerniente a los datos de filiación y características de su sintomatología del STC. Su participación tomará aproximadamente 20 a 45 minutos por sesión.

#### Riesgos y beneficios

Los beneficios de su participación en el presente estudio tienen que ver con la mejoría en su calidad de vida que le proporcionara la terapia con la herramienta virtual ya que se medirán sesión tras sesión los avances que arroje la misma. No existen riesgos de efectos indeseables o malestares derivados de la investigación.

Confidencialidad: Toda la información obtenida de los pacientes participantes será manejada con absoluta confidencialidad por parte de los investigadores. Los datos de filiación serán utilizados exclusivamente para garantizar la veracidad de los mismos, y a estos tendrán acceso únicamente los investigadores y los organismos de evaluación de la universidad de las fuerzas armadas ESPE.

Derechos: Si ha leído el presente documento y a decidido participar, entiéndase que su participación es voluntaria y que usted tiene derecho de abstenerse o retirarse del estudio en cualquier momento del mismo sin ningún tipo de penalidad. Tiene del mismo modo derecho a no contestar alguna pregunta en particular, si así lo considerare.

Yo, \_\_\_\_\_ con cédula de identidad número \_\_\_\_\_ he hablado con la Lcda. Paulina Zumbana y el Sr. Edwin Mena, quien me ha brindado información suficiente en relación al estudio y me han permitido efectuar preguntas sobre el mismo, entregándome respuestas satisfactorias. Entiendo que mi participación es voluntaria y puedo abandonar el estudio cuando lo desee sin necesidad de dar explicaciones y sin que ello afecte mis cuidados médicos.

También he sido informado de forma clara, precisa y suficiente de que los datos serán tratados y custodiados con respeto a mi intimidad Doy por tanto mi consentimiento para la extracción de la información necesaria para la investigación de la que se me ha instruido y para que sea utilizada

exclusivamente en ella, sin posibilidad de compartir o ceder esta, en todo o en parte a otro investigador, grupo o centro distinto del responsable de la misma. Declaro que he leído y conozco el contenido del presente documento, comprendo los compromisos que asumo y los acepto expresamente. Por ello firmo este consentimiento informado de forma voluntaria para **MANIFESTAR MI DESEO DE PARTICIPAR EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN sobre: el DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA REHABILITACION DE PACIENTES CON EL SINDROME DE TUNEL CARIANO DEL HOSPITAL BASICO IESS LATACUNGA EN EL PERÍODO DE AGOSTO 2016**, hasta que decida o contrario. Al firmar este consentimiento no renuncio a ninguno de mis derechos.

Su firma en este documento significa que ha decidido participar después de haber leído y discutido la información presente en esta hoja de consentimiento.

\_\_\_\_\_  
Nombre del Paciente

\_\_\_\_\_  
Firma

Lugar y Fecha: Latacunga \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2016

He discutido el contenido de esta hoja de consentimiento con el/ella arriba firmante Así como he explicado los riesgos y beneficios que deriven del mismo.

Sr. Edwin Javier Mena Cajas

\_\_\_\_\_  
Nombre del Investigador

\_\_\_\_\_  
Firma

Lcda. Paulina Zumbana Mondragón

\_\_\_\_\_  
Fisioterapeuta Hospital IESS Ltga

\_\_\_\_\_  
Firma

## Test de Valoración

### TEST PARA EVALUAR EL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO

NOMBRE: .....

HISTORIA CLINICA: .....

### TEST TINEL EMPLEANDO EL SISTEMA RVSTC

Después de usted haber realizado el Test de Tinel describa el nivel de dolor que tuvo, de acuerdo con la siguiente escala.



SESION #	FECHA	NIVEL DE DOLOR
0		
5		
10		

## TEST PARA EVALUAR EL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO

NOMBRE: .....

HISTORIA CLINICA: .....

### TEST DE PHALEN EMPLEANDO EL SISTEMA RVSTC

Después de usted haber realizado el Test de Phalen describa el nivel de dolor que tuvo, de acuerdo con la siguiente escala.



SESION #	FECHA	NIVEL DE DOLOR	TIEMPO (s)
0			
5			
10			

## Digiflex

EJERCITADOR DE DEDOS Y MANOS DIGIFLEX	
DIGIFLEX	CARATERISTICAS
	DIGIFLEX AMARILLO 0.7 Kg por dedo Total de 3.5 kg
	DIGIFLEX AMARILLO 1.4 Kg por dedo Total 7 kg
	DIGIFLEX VERDE 2.3 Kg por dedo Total 11.5 kg
	DIGIFLEX AZUL 3.2 Kg por dedo Total 16 kg
	DIGIFLEX NEGRO 4.1 Kg por dedo Total 20.5 kg

**Escala Daniels**

**EVALUACION DE FUERZA MUSCULAR A TRAVEZ DE ESCALA DE DANIELS**

APELLIDO PATERNO		MATERN O		NOMBRES				N. DE HISTORI CLINICA				
DERECHO		SECTOR	EXAMENES			IZQUIERDO						
INGRESO	SUBSECUENTE S		RAIC. NERV.	MUSCULOS		AL INGRESO	SUBSECUENTES					
		MIEMBRO SUPERIOR	NERVIO MEDIANO		FECHA							
					FIRMA							
				C6-8	FLEXOR LARGO PROPIO DEL PULGAR							
				C7-T1	LEXOR COMUN SUPERFICIAL T1							
					TENDON II							
					TENDON III							
					TENDON IV							
				C7-T1	FLEXOR CORTO PULGAR							
				C6-T1	OPONENTE DEL PULGAR							
				C6-T1	ABDUCTOR CORTO DEL PULGAR							
				C6-8	LUBRICALES							
					TENDON II							

CLAVE

5	Normal	Movimiento completo contra la gravedad, con resistencia plena
4	Bueno	Movimiento completo contra la gravedad, con ligera resistencia
3	Regular	Movimiento completo contra la gravedad
2	Malo	Movimiento completo con la gravedad eliminada
1	Vestigios	Ligera evidencia de contractibilidad. No hay movimiento articular
0	No hay contractibilidad	

### Cuestionario de usabilidad SEQ

**Se recomienda pasarlo inmediatamente tras la PRIMERA SESION del ensayo**

Nombre paciente: ..... Nombre especialista: ..... Fecha: .....

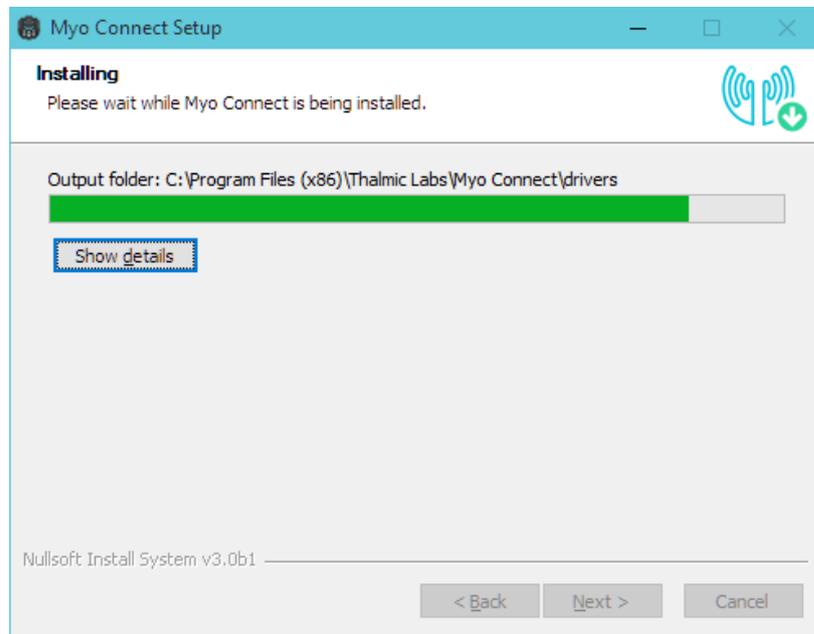
Por favor, rodea la puntuación que refleje mejor tu opinión

		PREGUNTAS					NADA					MUCHO
		1	2	3	4	5						
1	¿Te has divertido en el ejercicio?	1	2	3	4	5						
2	¿Te has sentido como si estuvieras dentro del ejercicio/terapia?	1	2	3	4	5						
3	¿Superaste con éxito el ejercicio?	1	2	3	4	5						
4	¿Has sentido que tenías el control de la situación durante los juegos?	1	2	3	4	5						
5	¿Te ha parecido el entorno realista?	1	2	3	4	5						
6	¿Te ha parecido clara la información que te da el sistema?	1	2	3	4	5						
7	¿Te has sentido incomodo en algún momento durante el ejercicio?	1	2	3	4	5						
	¿Has sentido sensación de mareo o nauseas durante el ejercicio?	1	2	3	4	5						
9	¿Has sentido alguna sensación de molestia en los ojos?	1	2	3	4	5						
10	¿Te has sentido desorientado durante el ejercicio?	1	2	3	4	5						
11	¿Crees que este tratamiento resultara útil para tu rehabilitación?	1	2	3	4	5						
12	¿Te ha resultado difícil el ejercicio/tarea?	1	2	3	4	5						
13	¿Te ha resultado difícil utilizar el material del sistema?	1	2	3	4	5						

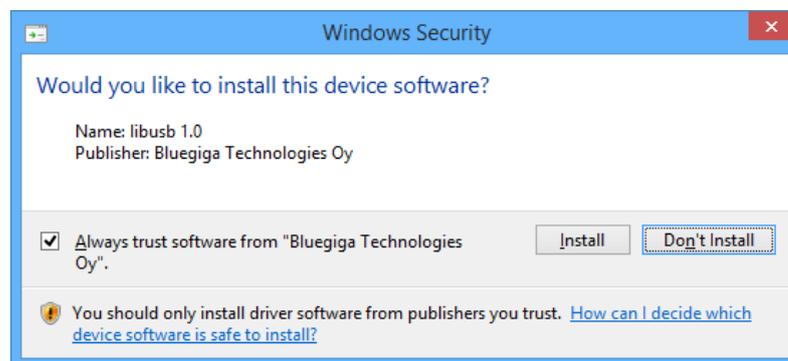
# **ANEXOS C: Manuales de instalación de software**

## Instalador Myo Connect

1. **Descargar** el instalador Myo. Una vez terminada la descarga, **hacer doble clic** para ejecutarlo.
2. Seguir los pasos de la instalación de Myo Connect.

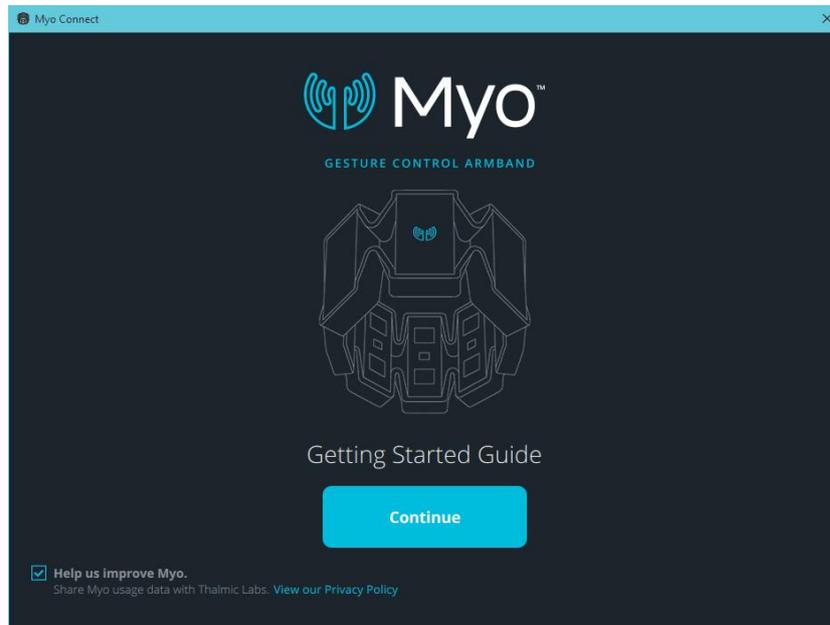


Durante la instalación, recibirá el siguiente diálogo de seguridad para la instalación del controlador para el adaptador Bluetooth USB que se incluye con el brazalete Myo. Haga clic en Instalar para continuar

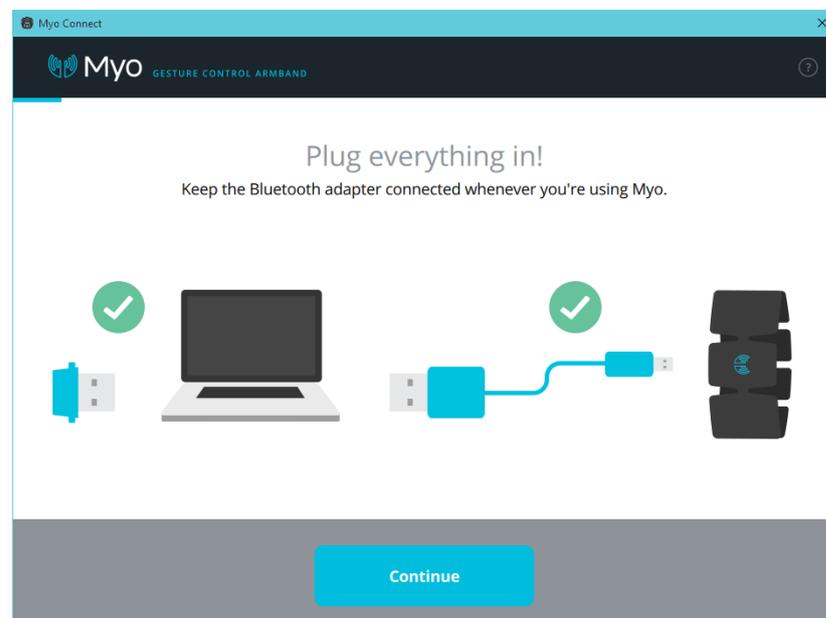


2. Una vez Myo Connect está instalado correctamente, se pondrá en marcha automáticamente y se visualiza la guía de introducción. Hacer

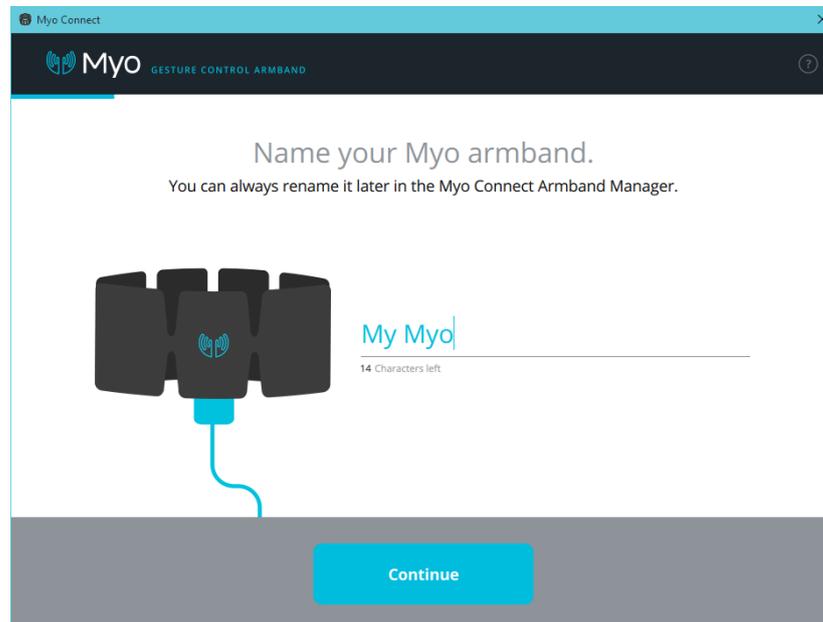
clic en Continuar para empezar a aprender cómo utilizar el Myo con el ordenador!



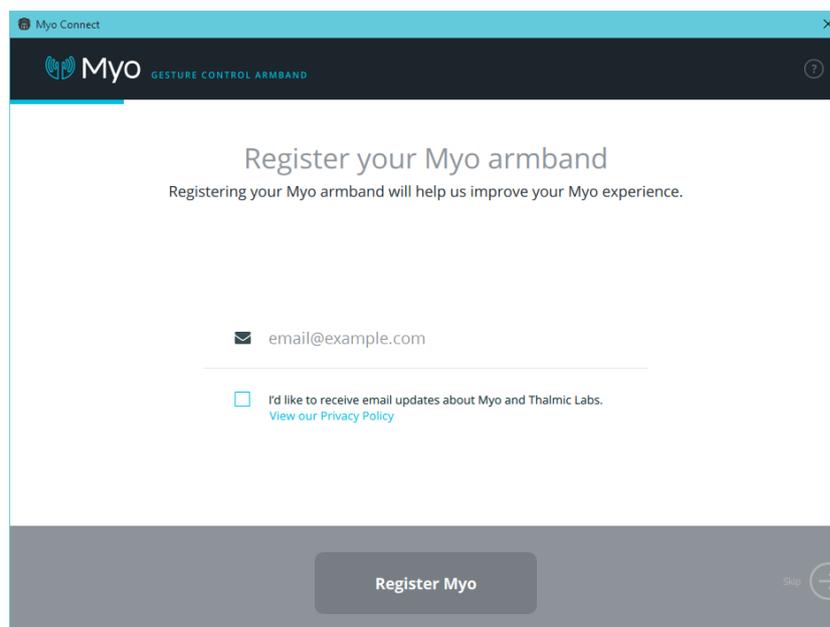
3. Conectar el adaptador Bluetooth USB al ordenador, y el cable micro-USB a su brazalete Myo. Haga clic en Continuar cuando todos hayan sido reconocidos



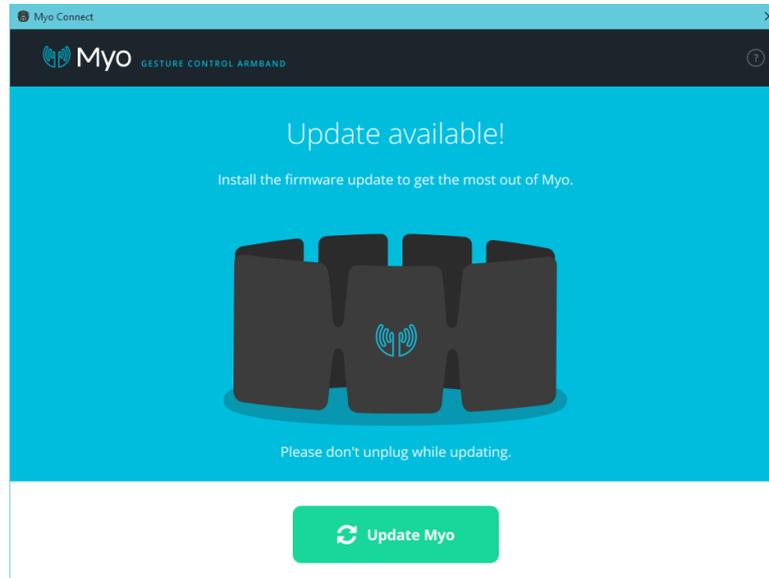
4. Especificar un nombre al brazalete Myo y dar clic en **Continuar**. Este es el nombre que se ve cuando se conecta a cualquier dispositivo Myo.



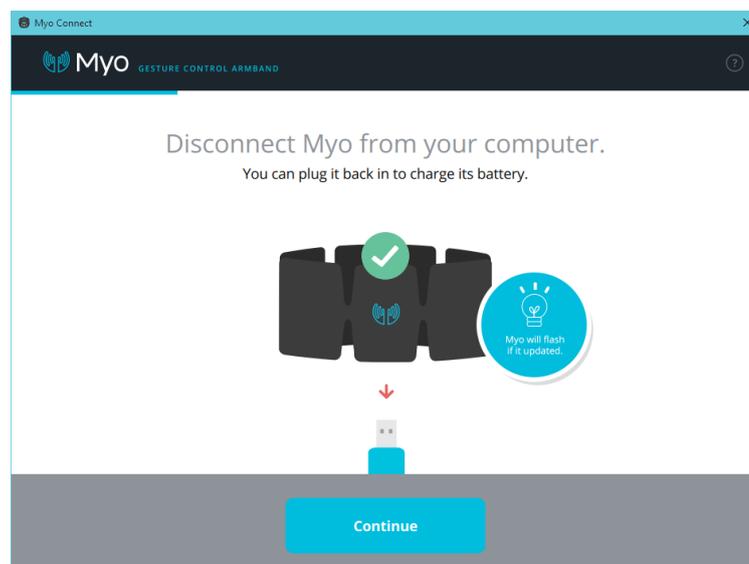
5. Registrar el brazalete Myo introduciendo su dirección de correo electrónico y hacer clic en **Registro Myo**. Haga clic en **Omitir** en la esquina inferior derecha si no desea registrar.



6. Si hay una actualización de firmware disponible para su Myo, se le pedirá que actualizar antes de continuar. Haga clic en **Actualizar Myo** para continuar.



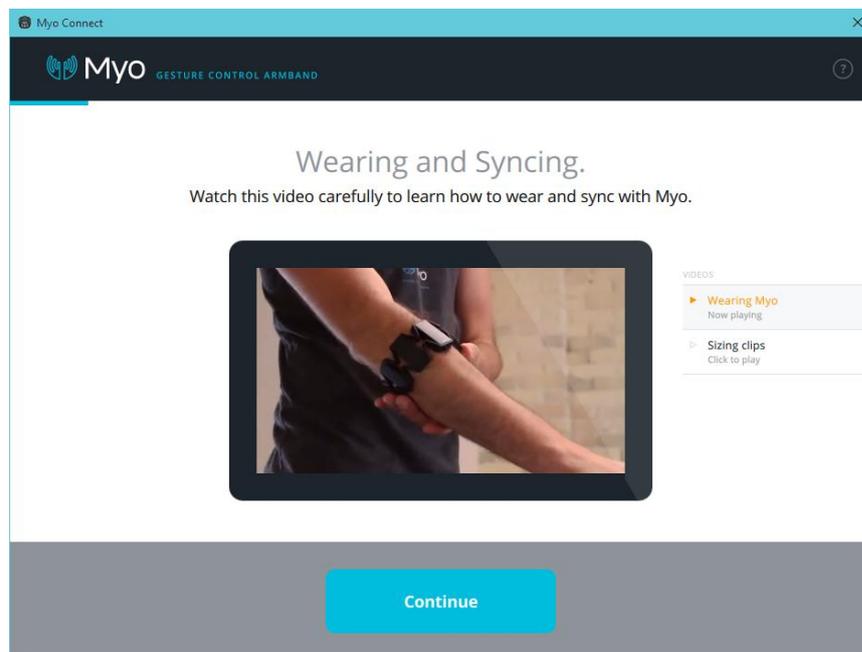
7. Cuando la actualización haya terminado, desconectar el brazalete Myo del cable USB y dar clic en **Continuar** para avanzar a la siguiente pantalla.



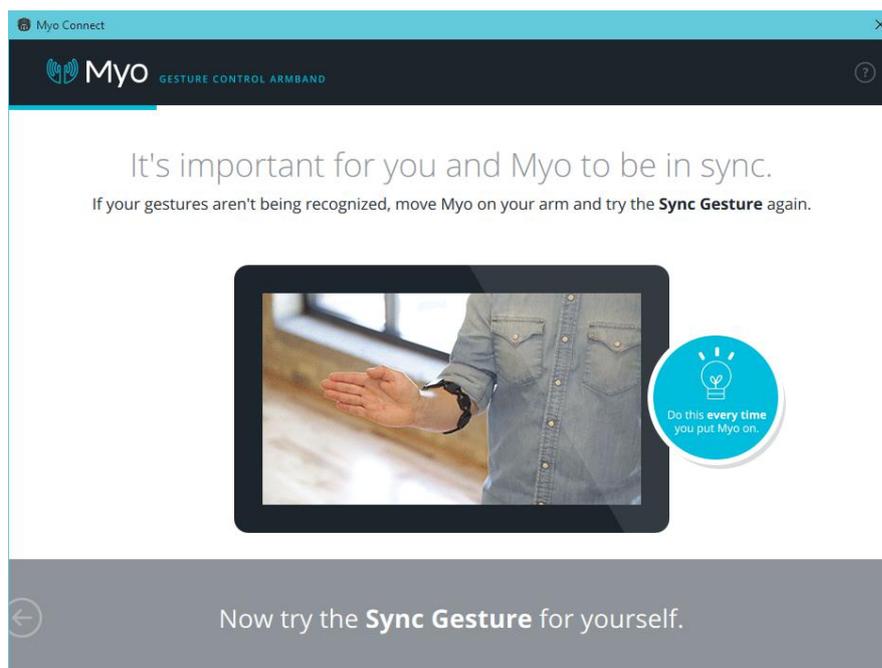
Si el Myo se acaba de actualizar, el LED de estado **palpita de un color púrpura** por unos momentos a medida que completa la actualización. El

Myo se conectará al ordenador a través de Bluetooth (indicado por el LED de estado girando **color azul**) de forma automática.

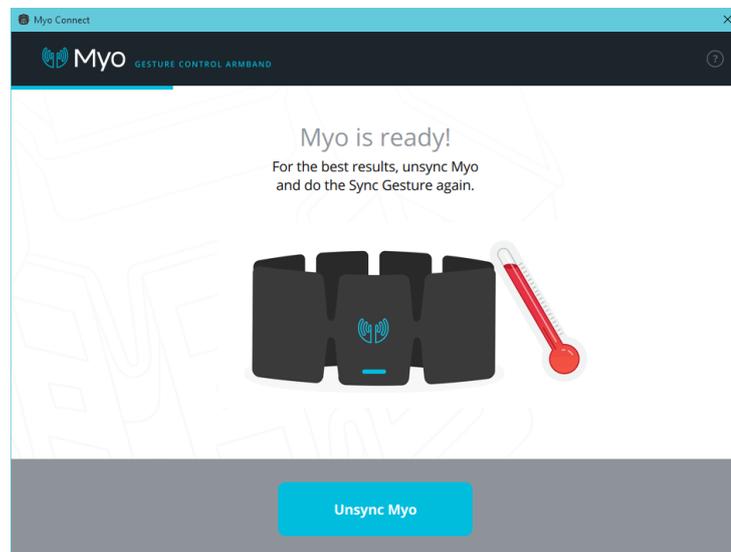
8. Cuando Myo se conecta al ordenador a través de Bluetooth, ver el vídeo sobre cómo usar y sincronizar con Myo continuación, haga clic en **Continuar..**



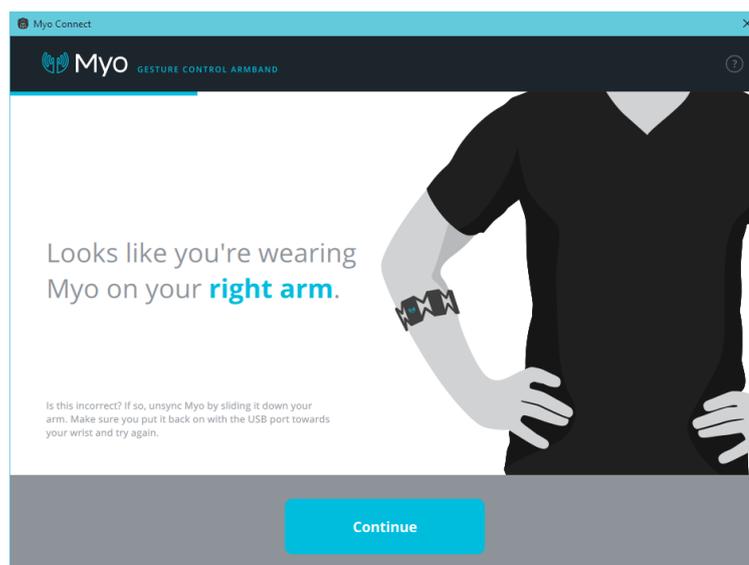
9. Realizar el **gesto de sincronización** por sí mismo para proceder al siguiente paso.



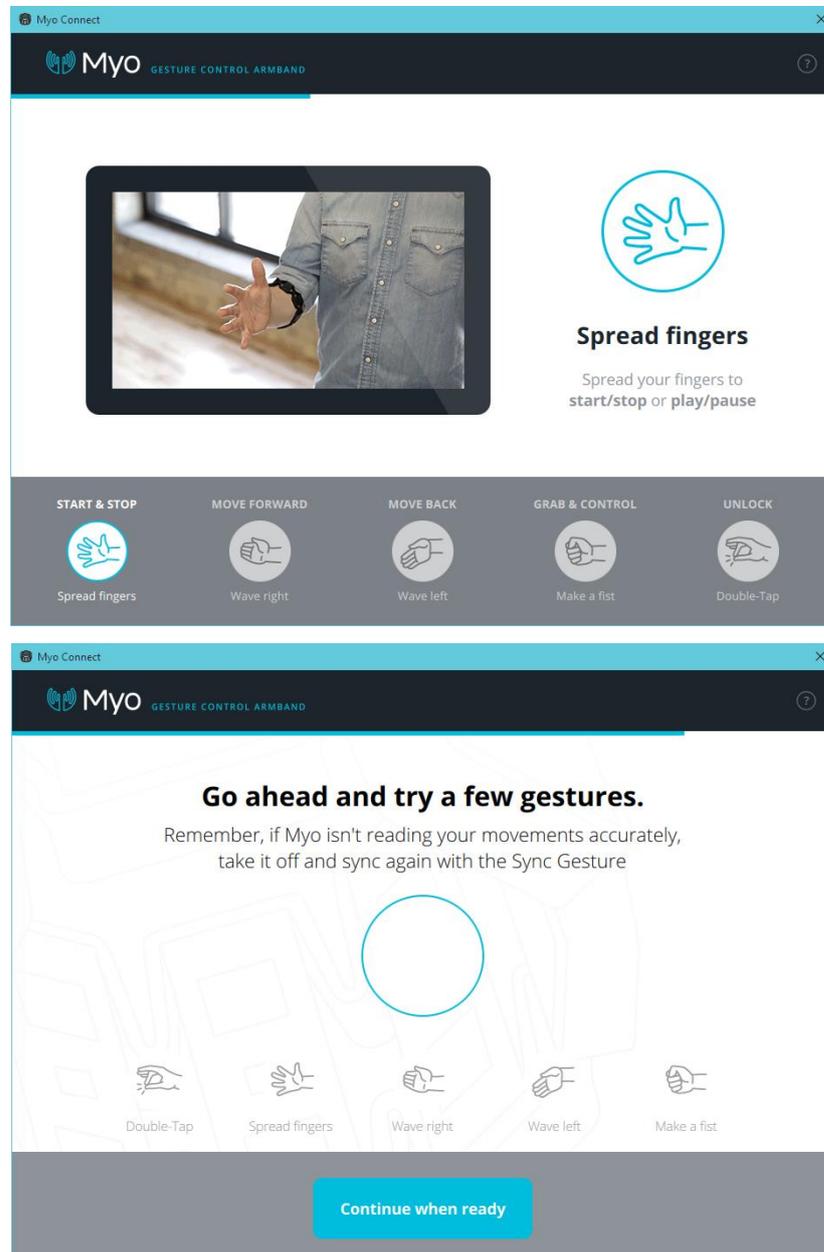
10. En algunas condiciones Myo puede necesitar calentarse mientras se forma una fuerte conexión con los músculos de su brazo. Use Myo hasta que vibre, **UNSYNC** y luego **vuelve a sincronizar** para continuar. Si no ve esta pantalla, no se preocupe! Pasar a la siguiente etapa.



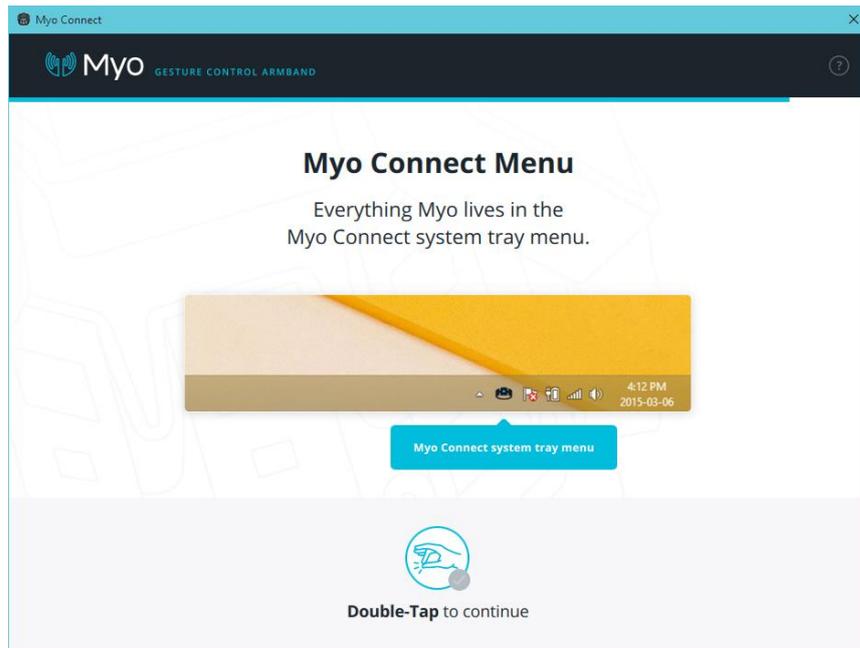
11. Myo Connect descubrirá en que brazo está el brazalete Myo. Haga clic en **Continuar** para proceder. Si se detecta el brazo equivocado, deslice hacia abajo el brazo, poner de nuevo en el puerto USB hacia su muñeca y realizar el gesto de sincronización de nuevo.



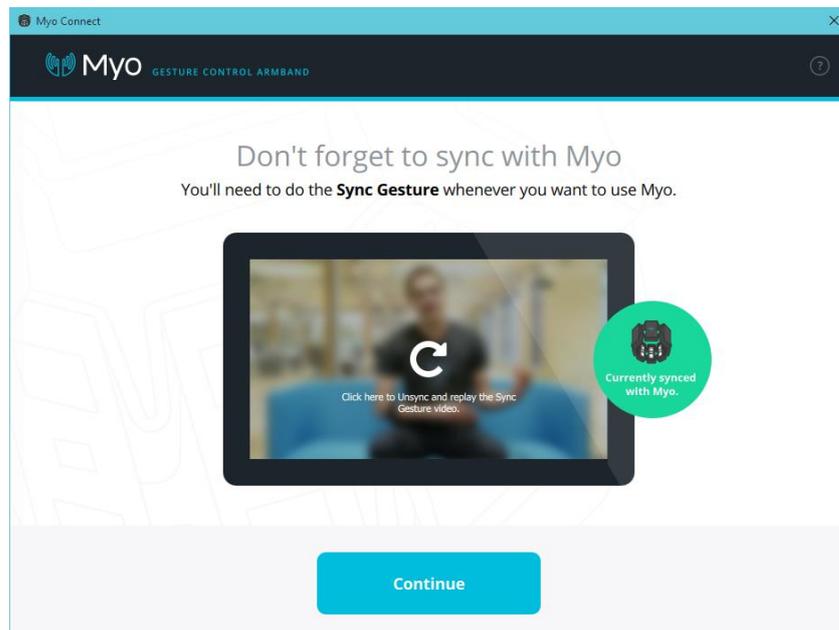
12. Aprender y practicar los **5 gestos básicos** y haga clic en **Continuar** cuando esté listo para continuar. El orden de los gestos puede ser diferente de lo que se muestra a continuación - es al azar!



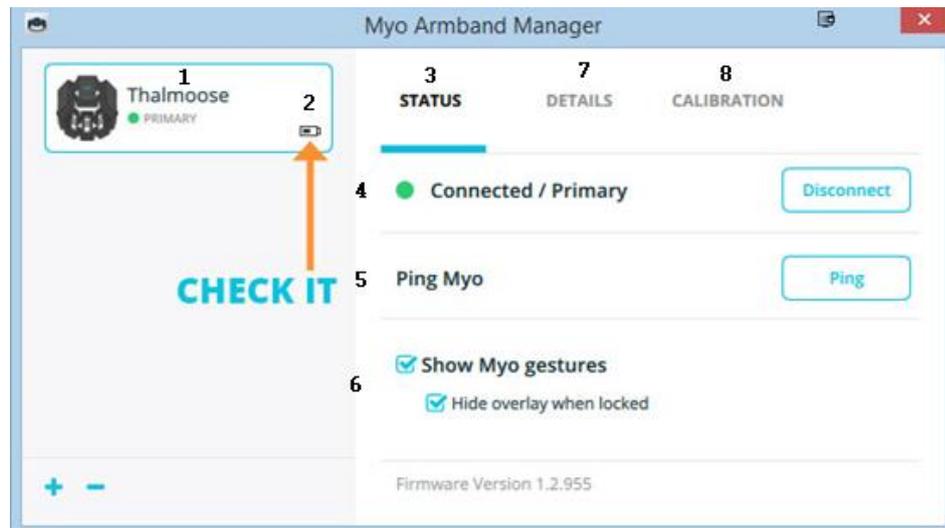
13. Myo Connect es una aplicación que se ejecuta en segundo plano para que pueda utilizar su Myo con el ordenador. El icono de la aplicación se muestra en la bandeja del sistema de Windows. Haga clic en él para las opciones del menú **.Double Tap** para continuar.



14. Recordar que cada vez que se coloque un Myo, se tendrá que hacer el gesto de sincronización. Hacer clic en **Continuar**.



## 15. Pantalla de administrador del brazalete MYO



En esta pantalla se puede observar:

- 1 El nombre asignado al brazalete MYO
- 2 El indicador de batería
- 2 Estado
- 3 Indicador de conexión del brazalete
- 4 Ping MYO (permite enviar un PING es decir sirve para comprobar la conectividad, al dar un pulso de ping desde el computador el brazalete vibra)
- 5 Botón para Indicador o no los de gestos en la pantalla

Tras la instalación del software que controla el brazalete Myo es necesario instalar el software en que se va a realizar el entorno visual de los juegos virtuales, para lo cual es necesario instalar el motor de videojuegos Unity

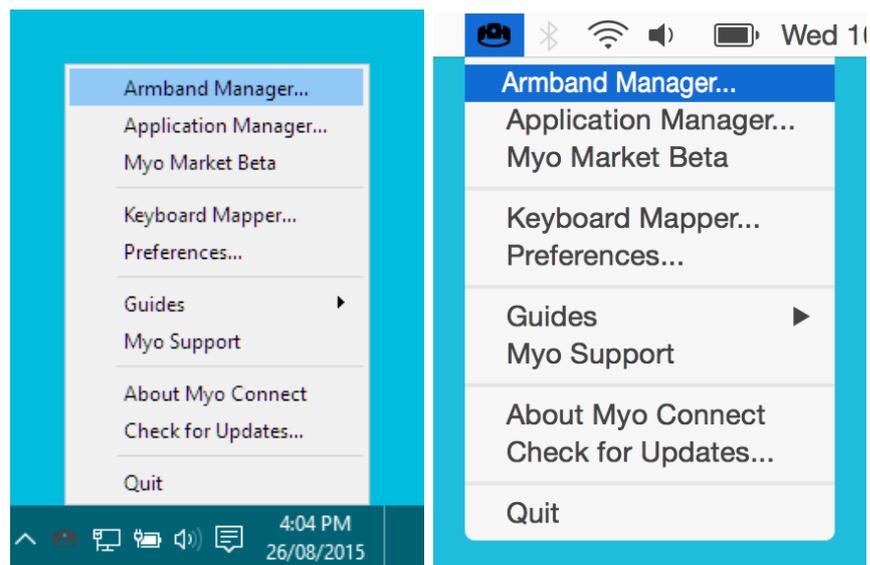
## Creación de un perfil de calibración personalizada para el brazalete Myo

La utilidad Perfil de calibrado personalizado permite entrenar el Myo para grabarse la realización de cada una de las cuatro gestos. Para crear un perfil de calibración personalizada, se debe seguir los siguientes pasos:

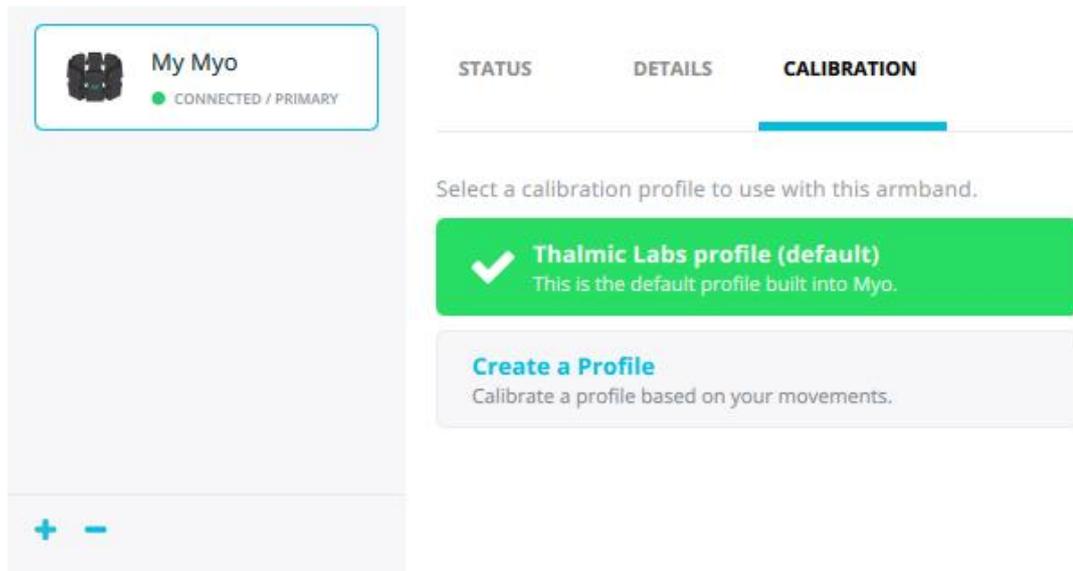
1. Coloque el brazalete Myo en su brazo como se observa en la figura siguiente. Asegúrese de que está conectado a Myo Connect en su ordenador a través de Bluetooth.



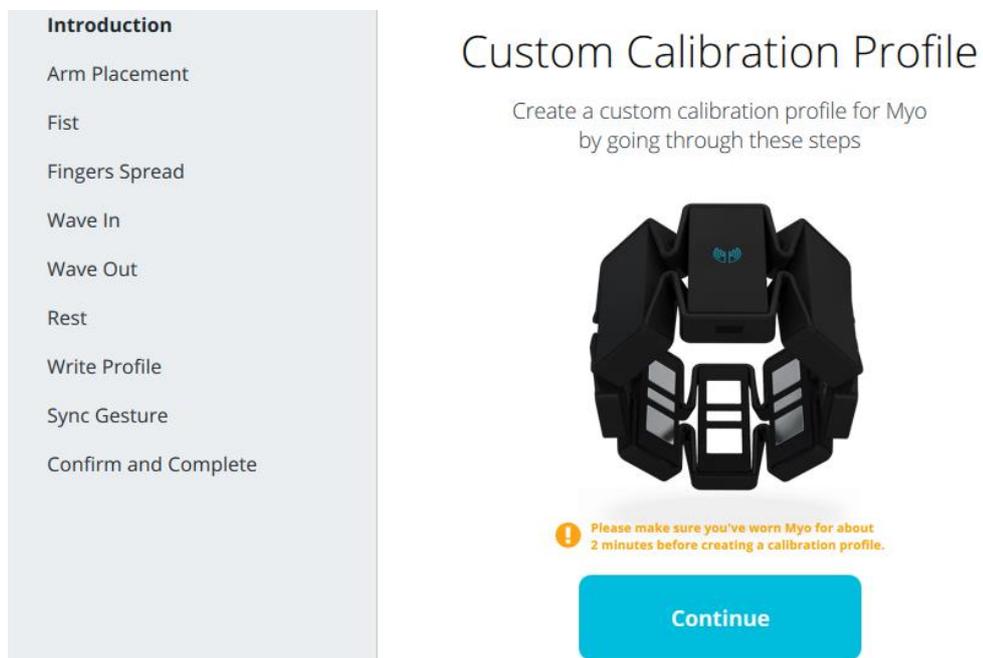
2. Abra el **Administrador del brazal** desde el menú Conectar Myo



3. Seleccionar la pestaña **calibración** y dar clic en el botón **Crear un perfil**.



4. El Perfil de calibrado personalizado se abrirá en una nueva ventana. Haga clic en el botón **Continuar** o pulse la barra espaciadora para comenzar. Asegúrese de que su Myo ha calentado, antes de continuar.



5. Seleccione la orientación de su Myo y el brazo en el que está. Haga clic en **Continuar** o pulse la barra espaciadora. Tome nota que cada vez que use ese perfil el brazalete debe estar en la exactamente misma posición y en la misma orientación.

- Introduction
- Arm Placement**
- Fist
- Fingers Spread
- Wave In
- Wave Out
- Rest
- Write Profile
- Sync Gesture
- Confirm and Complete

## Myo placement on your arm

Make sure that Myo is placed where you intend to always use it with this profile.



Right arm

USB towards wrist

Continue

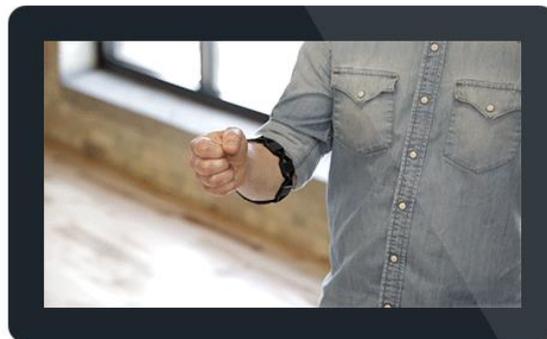
6. Mirar el video para aprender cómo hacer un gesto de **puño**. Toque en la **barra espaciadora** del teclado para iniciar la grabación.

- Introduction
- Arm Placement
- Fist**
- Fingers Spread
- Wave In
- Wave Out
- Rest
- Write Profile
- Sync Gesture
- Confirm and Complete

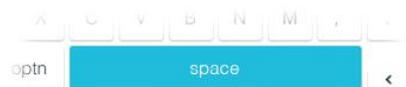


## Make a fist.

Mimic the video when recording.



Hit the spacebar to begin • Recording



**Importante: La grabación debe capturar cuando realiza el gesto y luego volver al estado de reposo. No sostenga el gesto durante toda la grabación o Myo no será capaz de detectar el gesto correctamente!**

- Introduction
- Arm Placement
- Fist**
- Fingers Spread
- Wave In
- Wave Out
- Rest
- Write Profile
- Sync Gesture
- Confirm and Complete



Make a fist.

Mimic the video when recording.



• Now recording

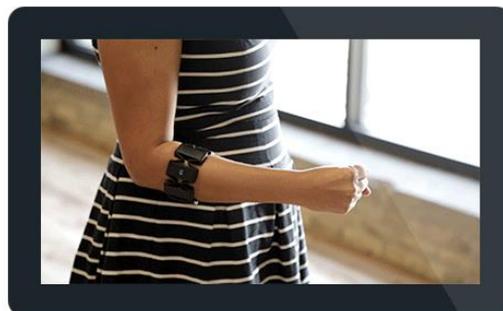
Después de finalizar la grabación, puede **hacerlo de nuevo** o **Continuar**. Al tocar la barra espaciadora de nuevo se Continuará la calibración.

- Introduction
- Arm Placement
- Fist**
- Fingers Spread
- Wave In
- Wave Out
- Rest
- Write Profile
- Sync Gesture
- Confirm and Complete



Make a fist.

Mimic the video when recording.



• Recorded!

Do it again

Continue

7. Esperar y luego grabar el gesto de dedos extendidos

Introduction  
Arm Placement  
Fist  
**Fingers Spread**  
Wave In  
Wave Out  
Rest  
Write Profile  
Sync Gesture  
Confirm and Complete

 Spread your fingers.

Mimic the video when recording.



• Recorded!

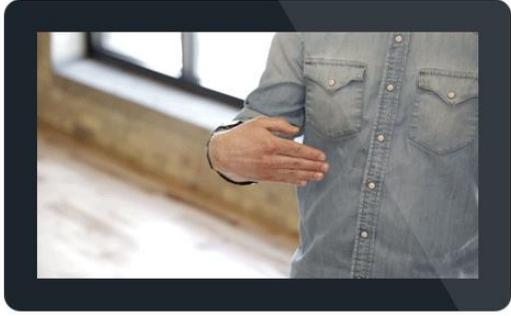
Do it again Continue

9. Esperar y luego grabar el gesto de bajar la mano.

Introduction  
Arm Placement  
Fist  
Fingers Spread  
**Wave In**  
Wave Out  
Rest  
Write Profile  
Sync Gesture  
Confirm and Complete

 Wave in.

Mimic the video when recording.



• Recorded!

Do it again Continue

10. Esperar y luego grabar el gesto de subir la mano.

Introduction

Arm Placement

Fist

Fingers Spread

Wave In

**Wave Out**

Rest

Write Profile

Sync Gesture

Confirm and Complete

Wave out.

Mimic the video when recording.

Recorded!

Do it again

Continue

11. Esperar y luego grabar el brazado en estado relajado.

Introduction

Arm Placement

Fist

Fingers Spread

Wave In

Wave Out

**Rest**

Write Profile

Sync Gesture

Confirm and Complete

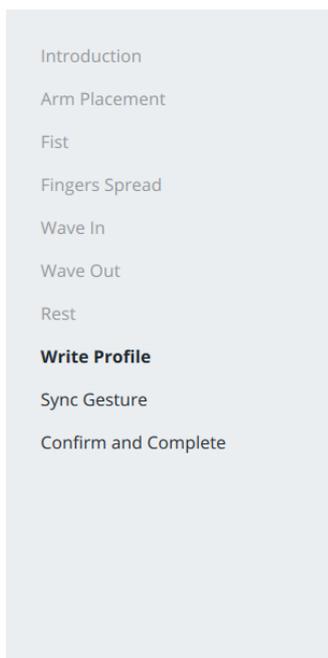
Relax your arm.

Mimic the video when recording.

Hit the spacebar to begin • Recording

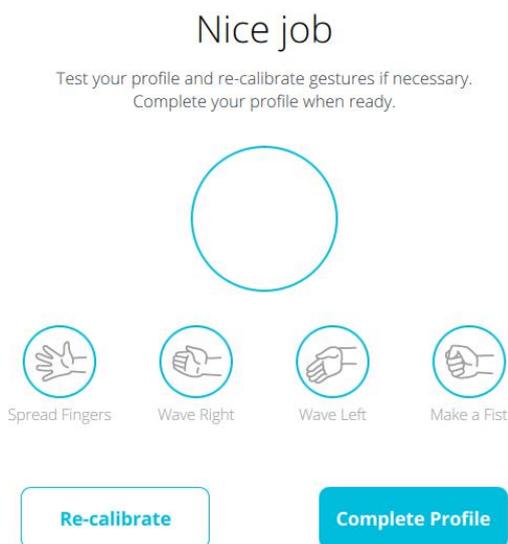
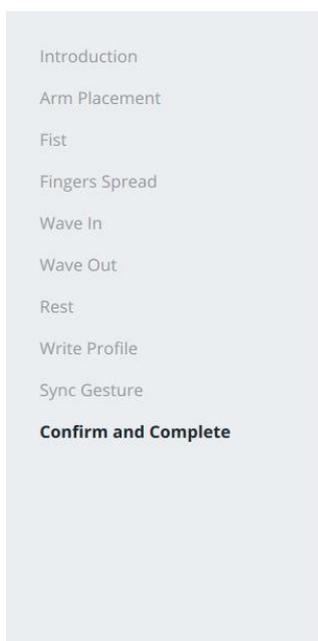
space

12. El nuevo perfil de calibración personalizada se envía al Myo por lo que su perfil funcionará si utiliza su Myo con cualquier dispositivo o aplicación!



Please wait while we create the calibration profile...

13. Pruebar el nuevo perfil mediante la realización de cada uno de los gestos que se ha grabado. Puede grabar los gestos de nuevo haciendo clic una **nueva calibración** o haga clic en **Perfil completo** para terminar



14. Se puede cambiar entre el perfil predeterminado Thalmic laboratorios y el perfil personalizado, o crear un nuevo perfil en cualquier momento en el Administrador del brazalete.



**My Myo**  
● CONNECTED / PRIMARY

+ -

STATUS

DETAILS

**CALIBRATION**

Select a calibration profile to use with this armband.

**Thalmic Labs profile (default)**  
This is the default profile built into Myo.

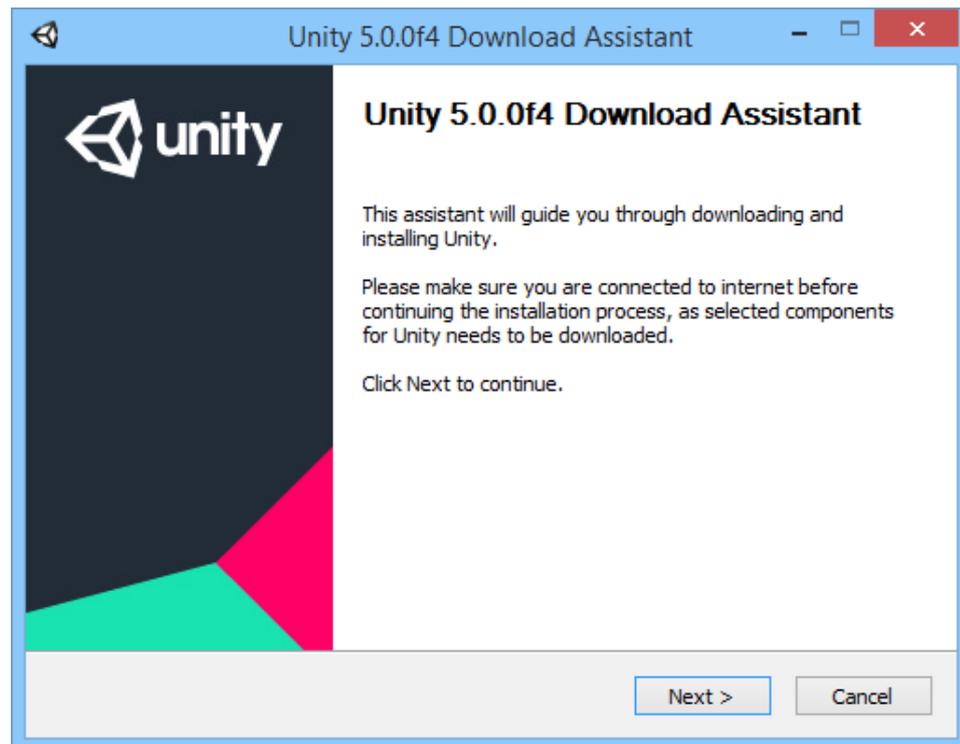
 **Custom Profile**  
This is the profile you created.

**Create a Profile**  
Calibrate a profile based on your movements.

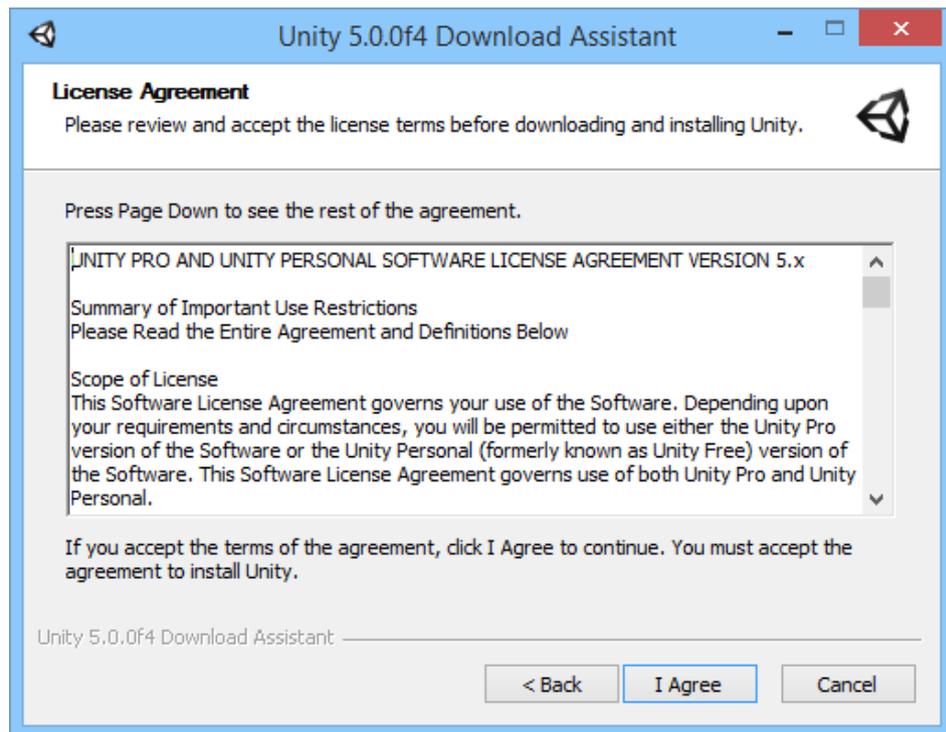
## Instalador Unity

Buscar el archivo instalador desde el enlace <http://unity3d.com/es/unity/download> se sigue los siguientes pasos:

1. Tras pulsar sobre el botón de descarga, se bajará un archivo .exe que será el asistente de descarga del archivo de instalación.

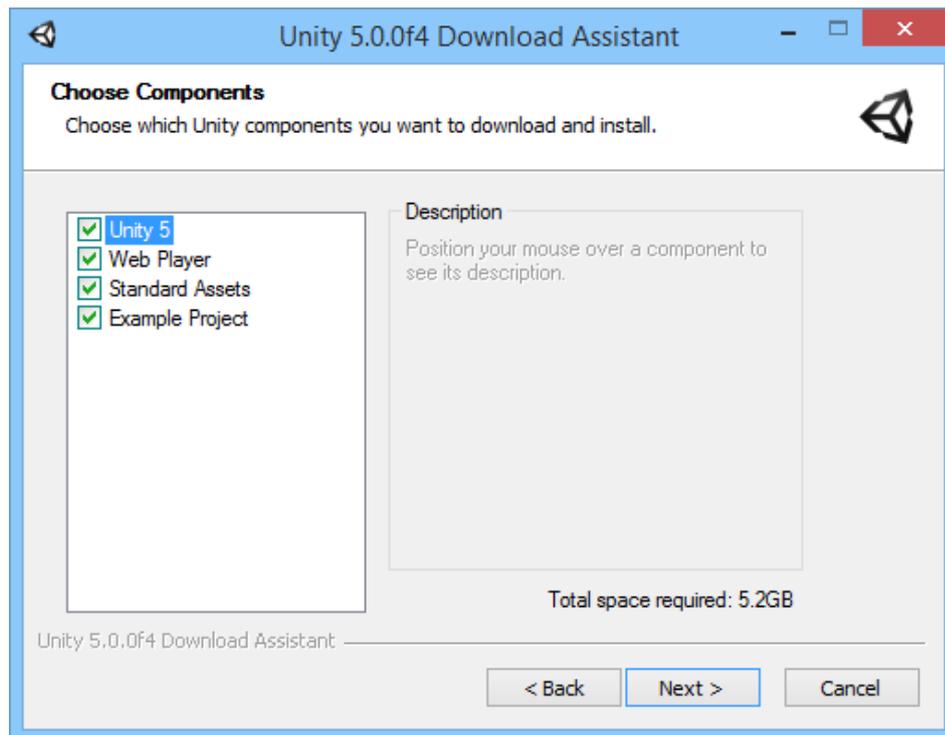


2. Posteriormente, tras ejecutar el archivo, pulsar en siguiente, para continuar con el proceso de descarga e instalación.
3. Aceptar los términos de licencia para la instalación de Unity 5.0 pulsando el botón "I Agree".

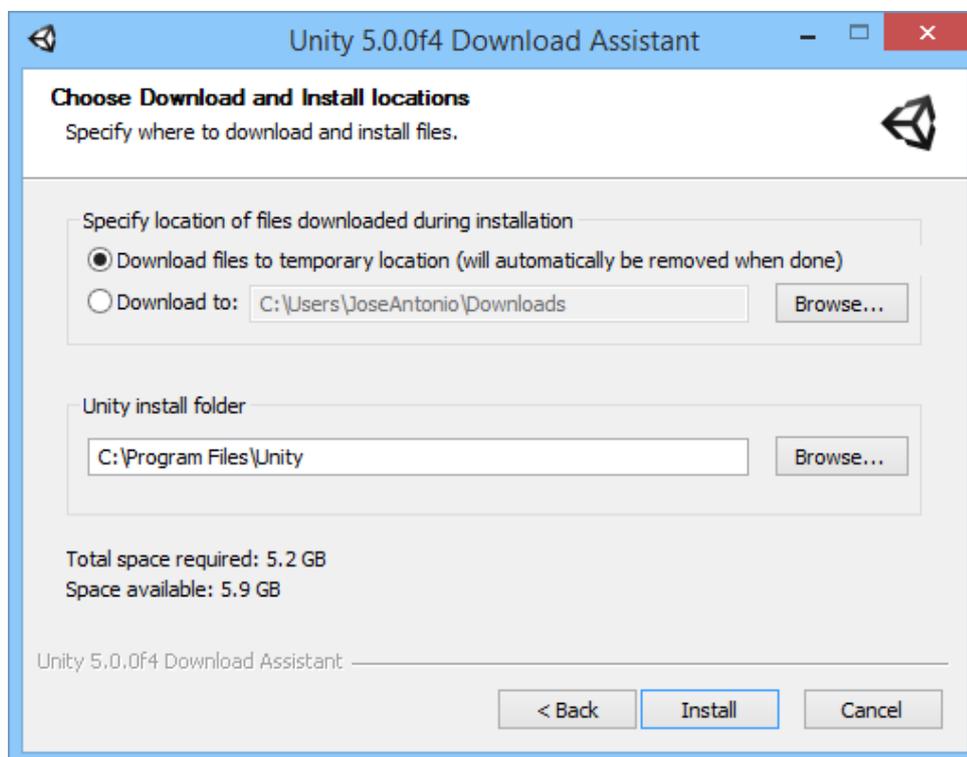


4. Seleccionar los componentes que se desea instalar junto con Unity. En este ejemplo añadir todos los componentes del instalador, y cómo se puede apreciar en la imagen, el espacio requerido para la instalación será de 5.2 GB:

- Unity 5: editor de Unity para el desarrollo de videojuegos junto con el entorno de desarrollo Mono Develop
- Example Project: proyecto de ejemplo para el aprendizaje de Unity
- Web Player: desarrollo de contenido web interactivo 3D y 2D
- Standard Assets: 'activos estándar', es decir, recursos que nos proporciona Unity para facilitar la creación de juegos



5. Indicar el directorio de instalación de Unity (en este ejemplo se deja la ruta por defecto):



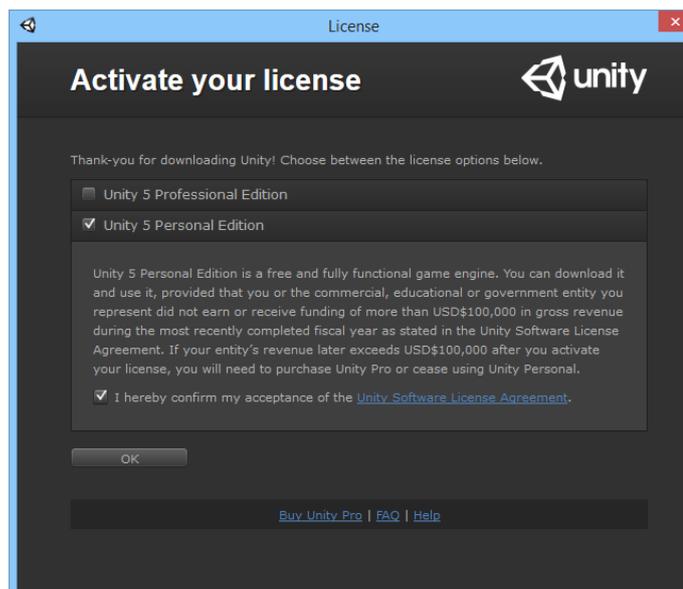
6. A continuación, comenzará el proceso de descarga e instalación de Unity:
7. Una vez finalizada la instalación, simplemente pulsar sobre “Finish” para cerrar la ventana (si se desea iniciar la aplicación nada más finalizar, se debe seleccionar la opción “Launch Unity”):

### Configuración primer acceso a Unity

Tras finalizar la instalación de Unity se mostrará una pantalla previa a la activación de la versión descargada:

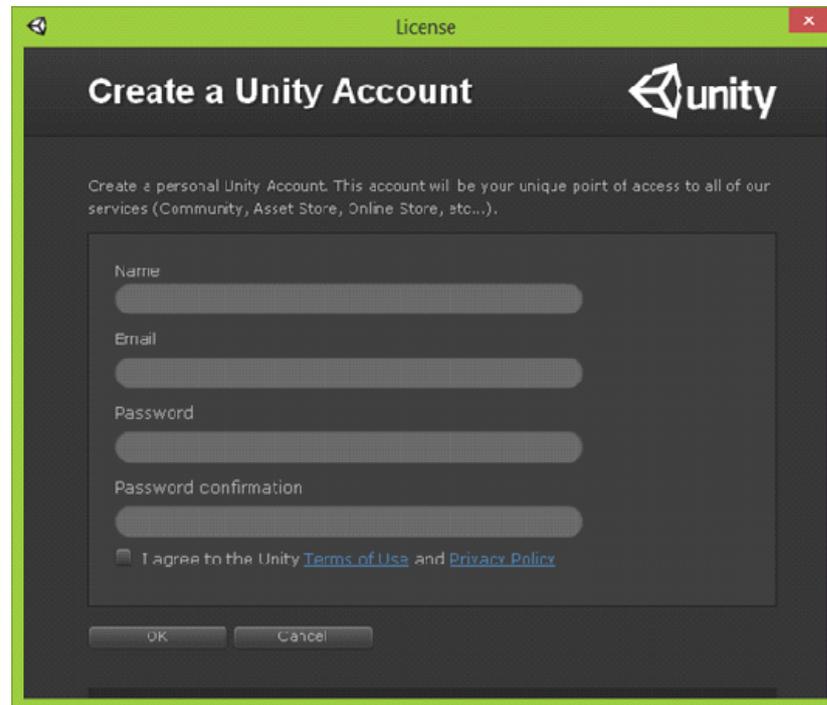


Se debe activar la versión gratuita de Unity, seleccionando la opción “Unity 5 Personal Edition”, marcamos la casilla de aceptar los términos de la licencia y pulsamos en “OK” para continuar:



Posteriormente, será requisito indispensable tener una cuenta de usuario de Unity para el acceso a los diversos servicios que proporciona (acceso a la tienda online, a la comunidad de Unity etc.). En caso de no tener una cuenta

de usuario registrada, simplemente pulsar sobre la opción “Create Account”, y rellenar el formulario que aparecerá (será necesario confirmar la dirección de email a través de un correo que recibiremos):

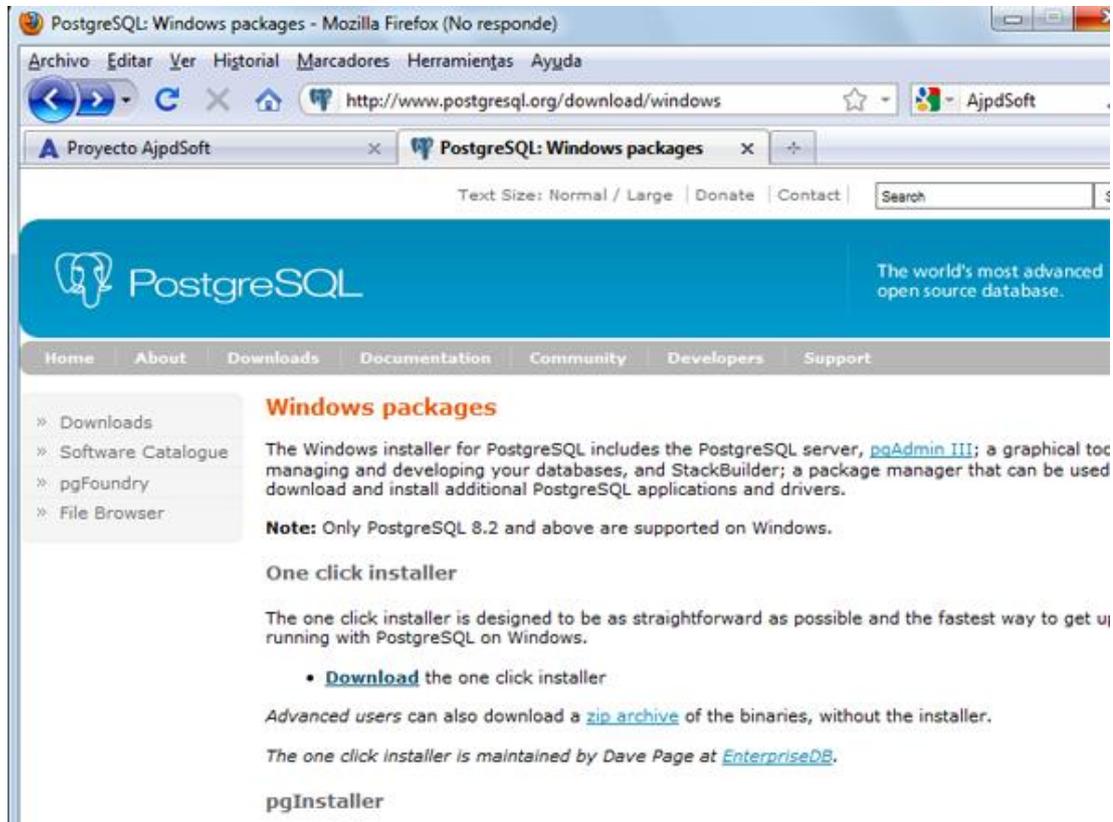


The image shows a software dialog box titled "License" with a green header bar. The main content area is dark gray and features the Unity logo in the top right corner. The title "Create a Unity Account" is prominently displayed. Below the title, a short instruction reads: "Create a personal Unity Account. This account will be your unique point of access to all of our services (Community, Asset Store, Online Store, etc...)." The form contains four text input fields labeled "Name", "Email", "Password", and "Password confirmation". At the bottom of the form, there is a checkbox labeled "I agree to the Unity [Terms of Use](#) and [Privacy Policy](#)". Below the form are two buttons: "OK" and "Cancel".

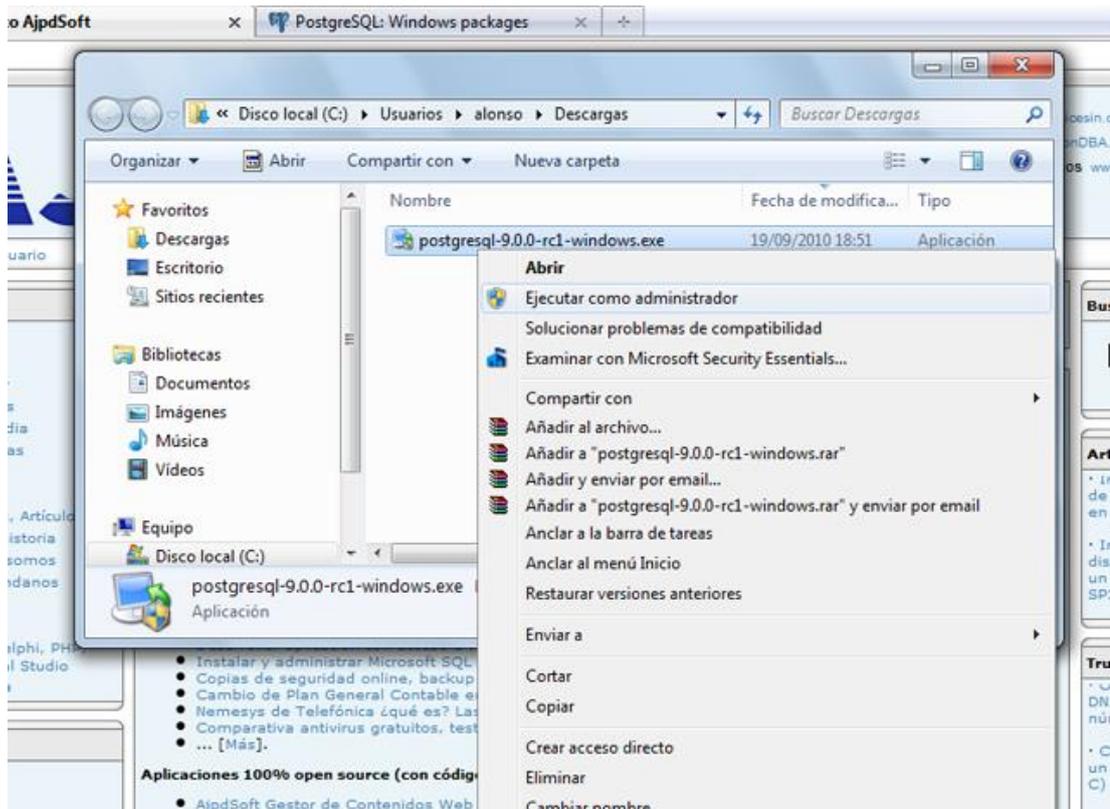
Una vez iniciar sesión con la cuenta de usuario creada, iniciar Unity simplemente pulsando sobre “Start using Unity”:

## Instalador Postgresql 9

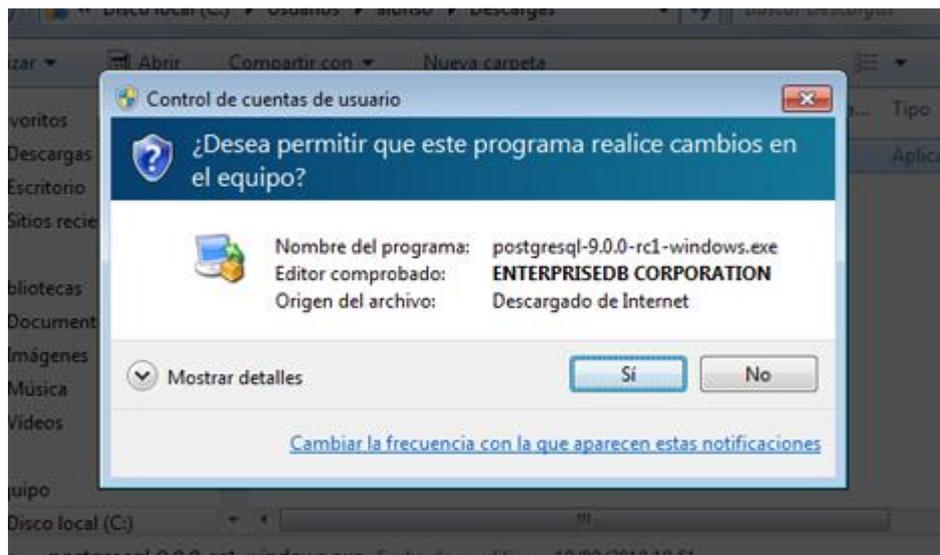
1. Acceder al URL: <http://www.postgresql.org/download/windows>



2. Una vez descargado el archivo de instalación de PostgreSQL (postgresql-9.0.0-rc1-windows.exe de 45,5 MB) pulsar con el botón derecho del ratón sobre él y seleccionar "Ejecutar como administrador":



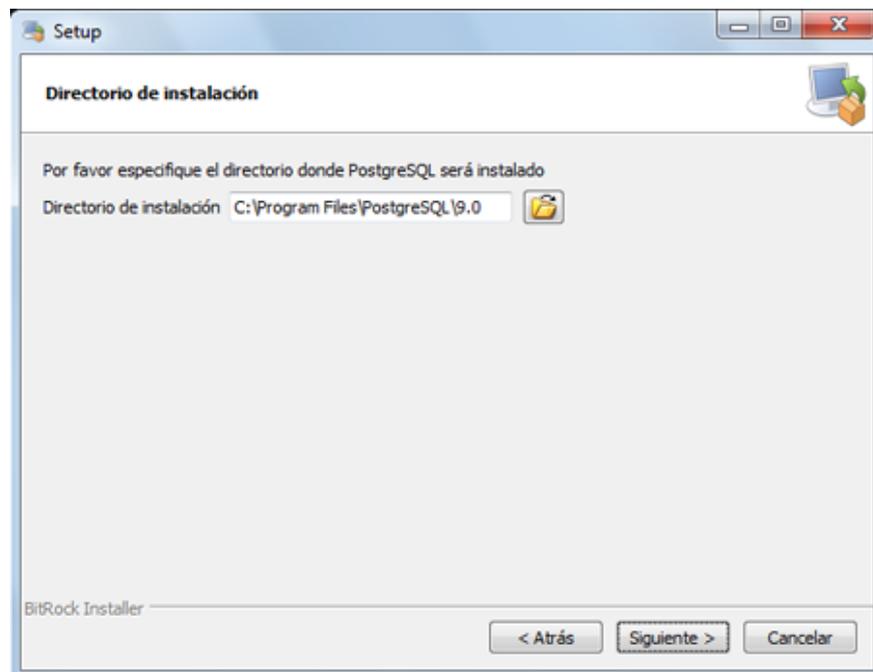
3. Si se tiene activado el control de cuentas de usuario se mostrará una advertencia con el texto "¿Desea permitir que este programa realice cambios en el equipo?", pulsar "Sí" para continuar con la instalación de PostgreSQL:



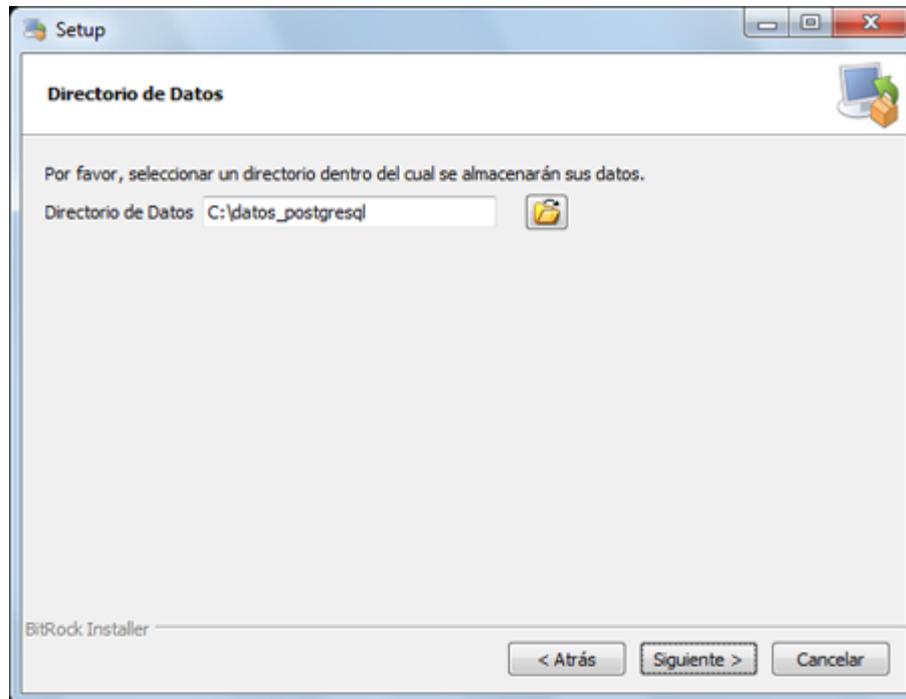
4. Se iniciará el asistente para instalar PostgreSQL, Clic en "Siguiente":



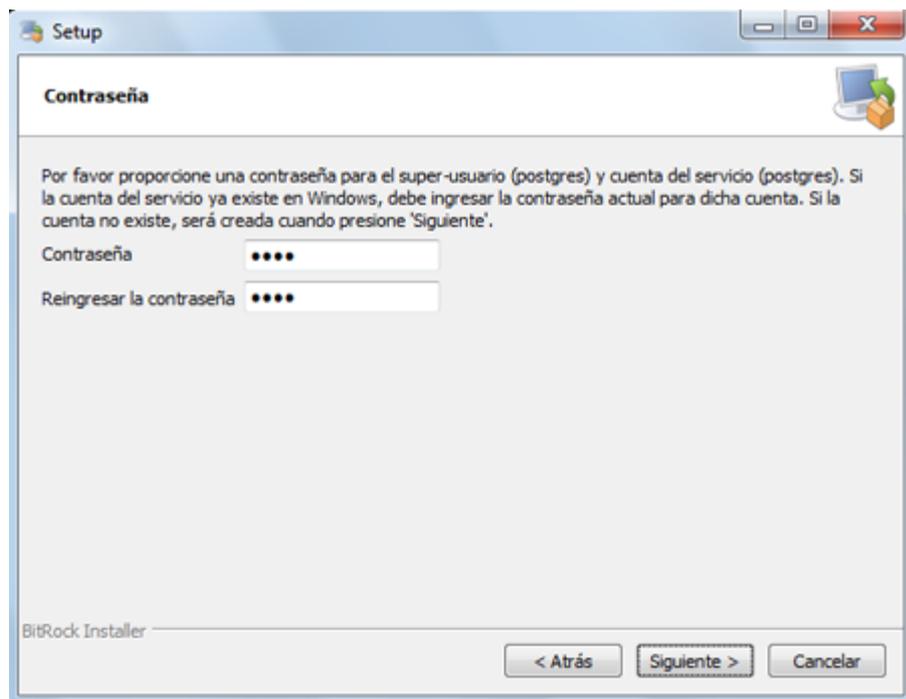
5. Indicar la carpeta de instalación de PostgreSQL, donde se guardarán los ejecutables, librerías y ficheros de configuración de PostgreSQL:



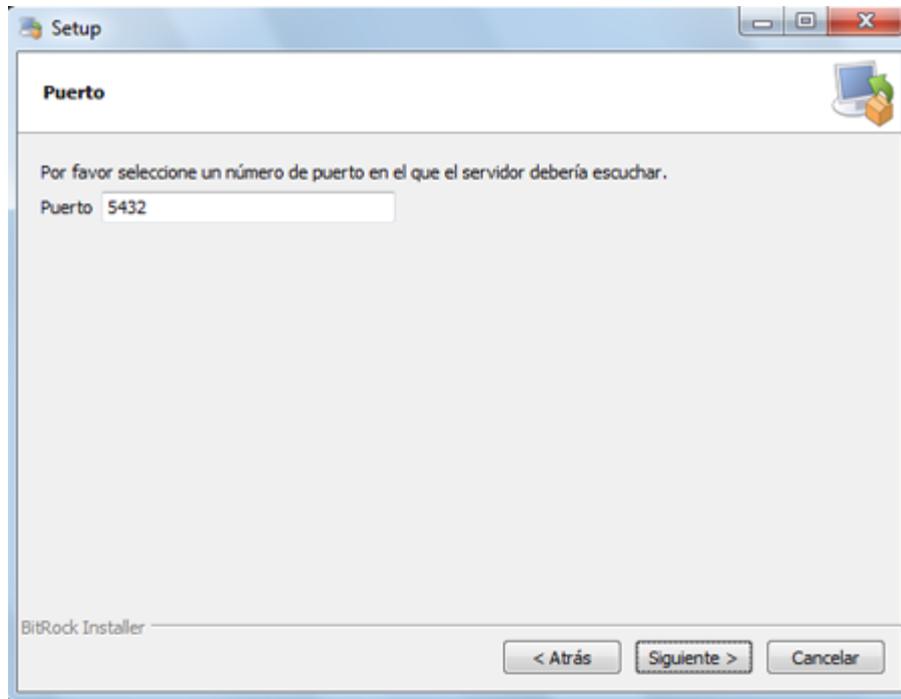
- Indicar también la carpeta donde se guardarán los datos por defecto de PostgreSQL:



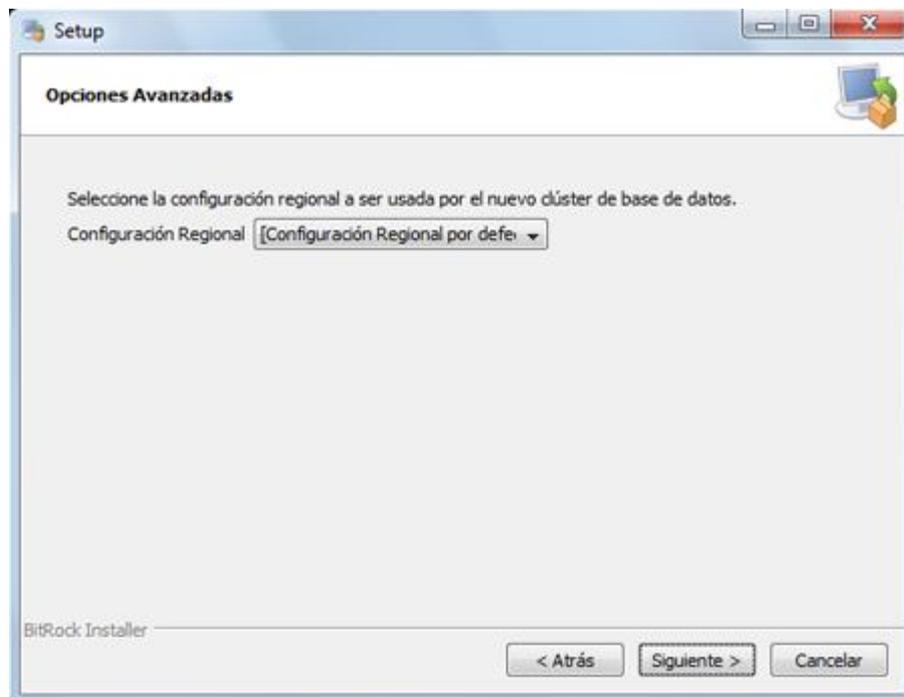
- Introducir la contraseña para el super usuario "postgres" que será con el que inicie sesión para administrar la base de datos:



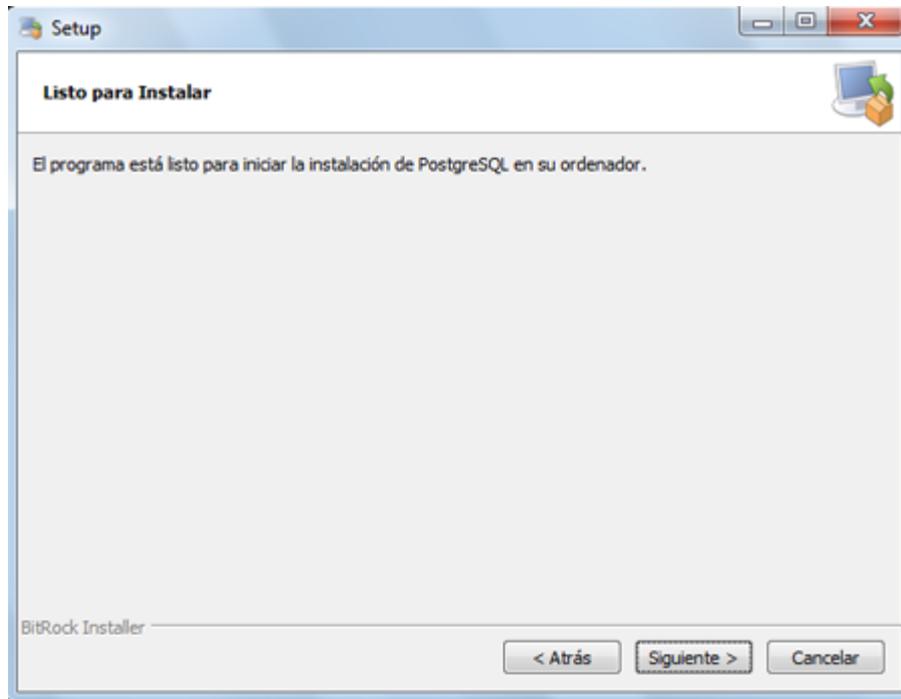
8. Introducir el puerto de escucha para la conexión con el servidor PostgreSQL, por defecto el 5432:



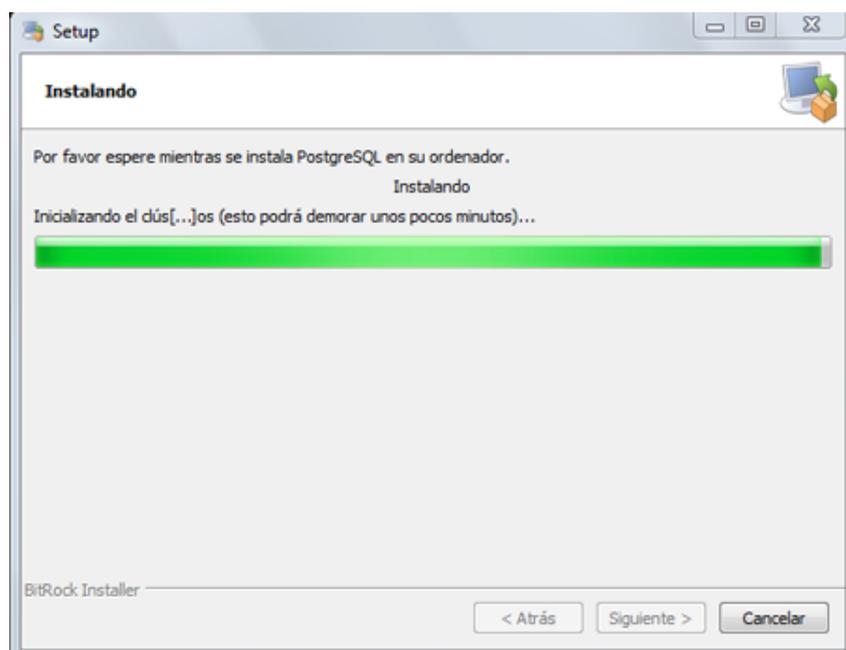
9. Seleccionar la configuración regional:



10. Pulsar "Siguiente" para iniciar la instalación definitiva del servidor PostgreSQL en Microsoft Windows 7:



11. Se iniciará el asistente para instalar el motor de base de datos PostgreSQL, que creará las carpetas oportunas, copiará los ficheros necesarios y creará el servicio Windows para iniciar de forma automática el motor de base de datos:



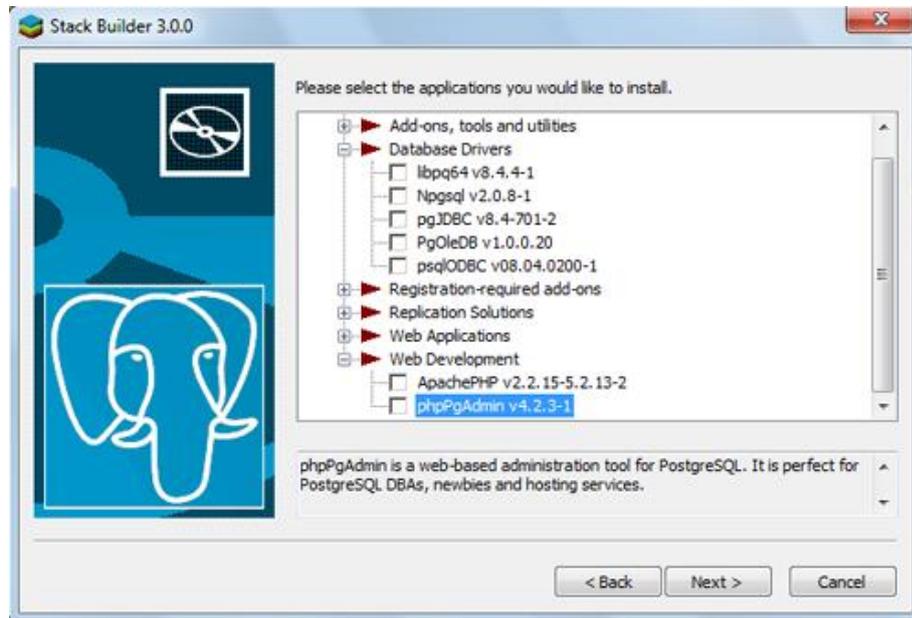
12. Una vez finalizada la instalación el asistente nos dará la posibilidad de ejecutar Stack Builder, aplicación que nos permitirá instalar otros componentes y herramientas para PostgreSQL:



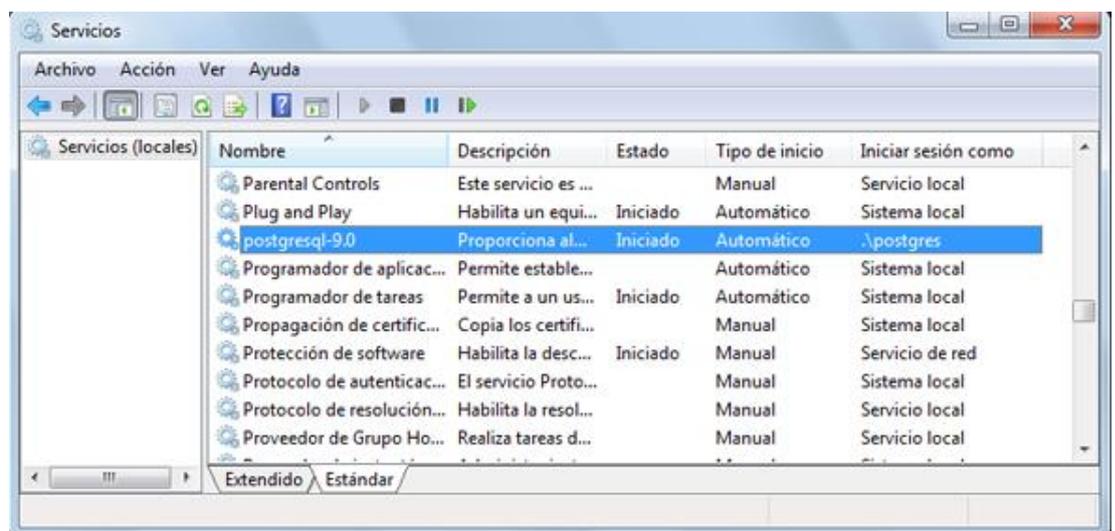
13. Si se ha marcado la opción de Stack Builder, se iniciará, seleccionar "PostgreSQL 9.0 on port 5432" y pulsar "Next":



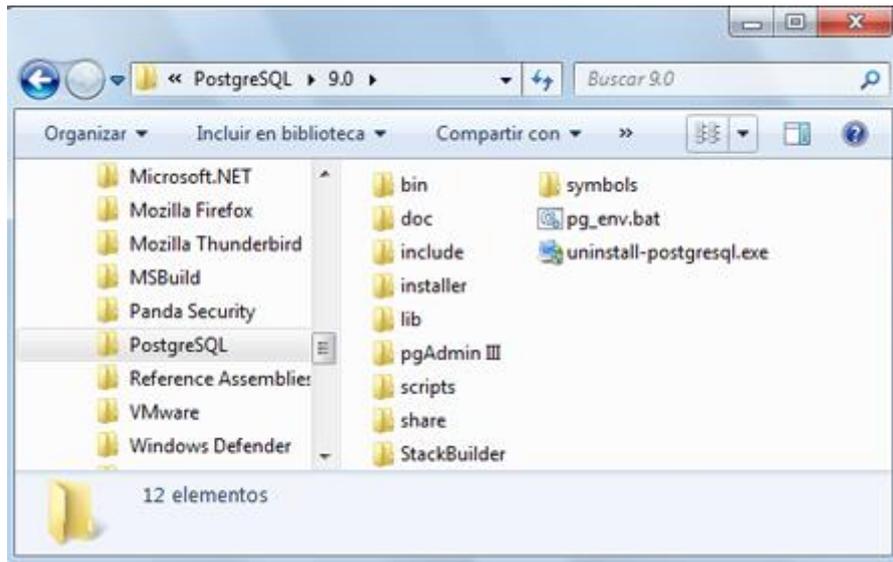
14. Seleccionar las aplicaciones, componentes y herramientas a instalar y pulsar "Next"



15. El asistente para instalar el servidor PostgreSQL habrá creado un servicio que estará iniciado y en tipo de inicio automático llamado "postgresql-9.0":



16. Y habrá creado la carpeta en archivos de programa "PosgreSQL" con las subcarpetas:

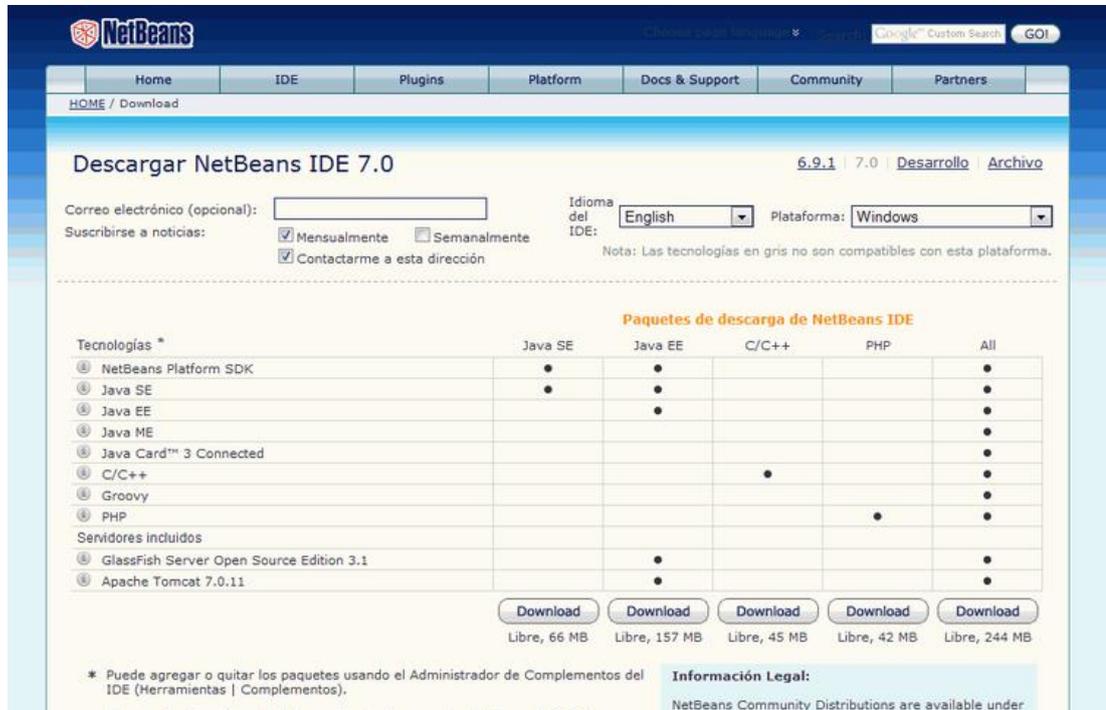


17. Con esto se ha convertido el equipo Microsoft Windows 7 en un servidor de base de datos PostgreSQL.

Si se quiere que los equipos de la red tengan acceso al servidor PostgreSQL y se tiene algún cortafuegos (firewall), se debe abrir el puerto 5432.

## Instalador de NetBeans

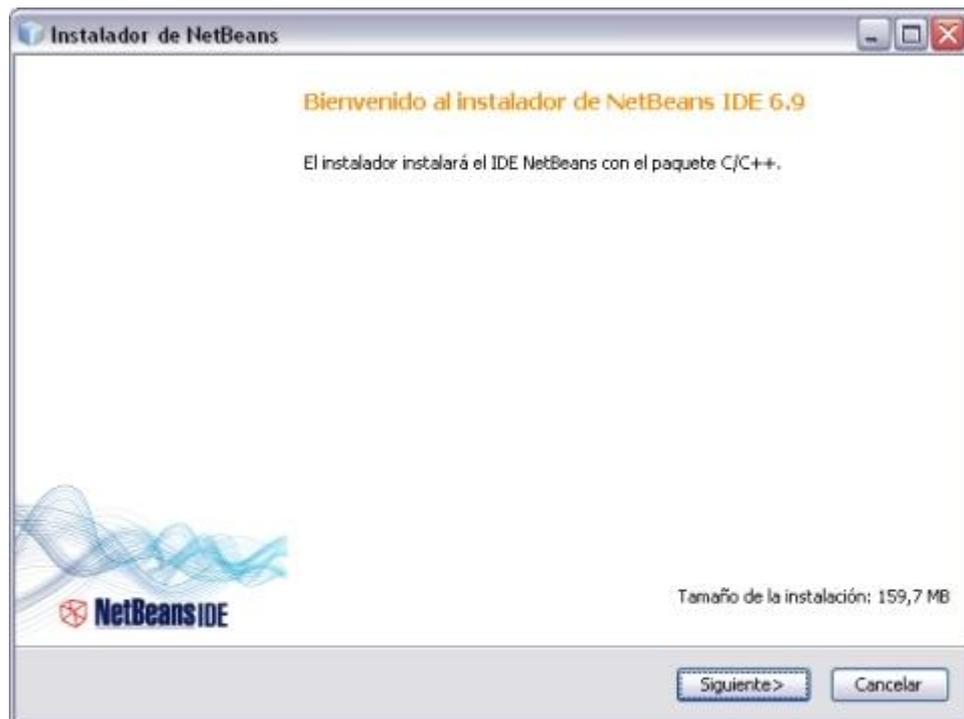
1. Ir a la página de descarga de NetBeans
2. Seleccionar el idioma y el sistema operativo. Luego, pulse el botón Download



3. En el cuadro que surge pulsa el botón Guardar archivo para guardar el archivo ejecutable. Acuérdate de la carpeta en la que lo guardas



4. Una vez terminada la descarga, ir a la carpeta donde se ha descargado y ejecutar el archivo pulsando dos veces (o una) sobre su nombre (**netbeans-6.9-ml-cpp-windows.exe**; puede que el número de versión 6.9 sea distinto).



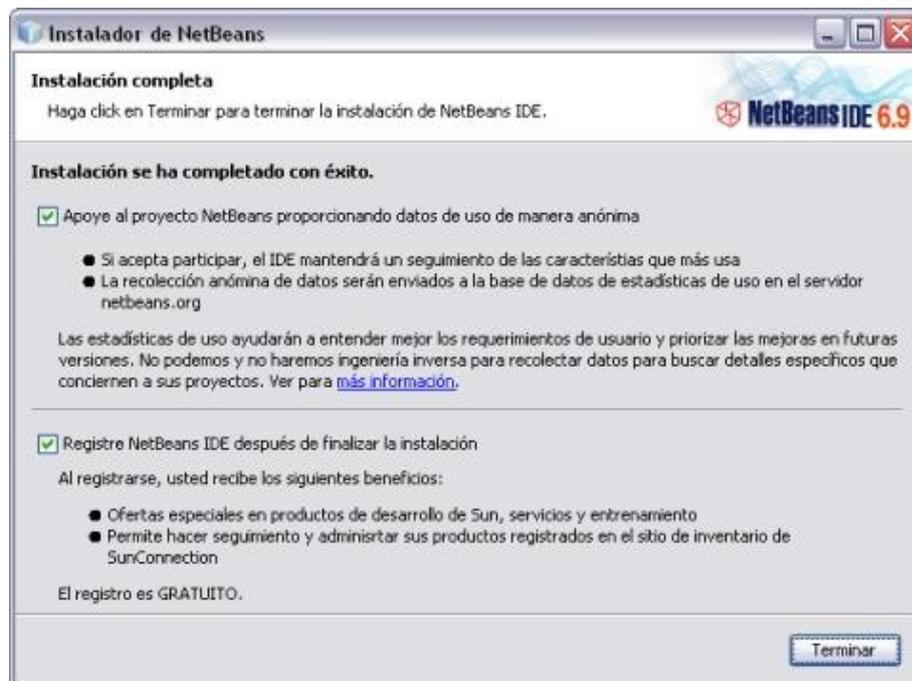
5. Pulsar el botón Siguiete. Leer los términos de licencia y pulsar el botón de radio Aceptar los términos del acuerdo de licencia. Luego, pulsar el botón Siguiete. Llegará al siguiente cuadro:



6. Aceptar las carpetas de instalación que propone y pulsar el botón Siguiente. En el cuadro que aparece tan sólo pulsar el botón Instalar. Comenzará la instalación de NetBeans:



6. El último cuadro con el que termina la instalación es este:



Al pulsar el botón Terminar se cerrará y ya tendrás instalado NetBeans en el equipo.

# **ANEXOS D: Scripts de Programación**

## #1 Conexion entre Unity y la base de datos Postgres (myo)

```
Clase LoadUser
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using System.Collections;
using System;
using System.Data;
using UnityNpgsql;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class LoadUser : MonoBehaviour {

    void Start() {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

    }

    public void Testear(){
        NpgsqlConnection conn = new NpgsqlConnection ("Server=127.0.0.1;U
ser Id=postgres;Password=123456;Database=db_myo;");
        conn.Open ();

        NpgsqlCommand command = new NpgsqlCommand ("Select COUNT(*)
from sesion where estado = true;", conn);
        Int64 count = (Int64)command.ExecuteScalar ();

        if (count == 1) {
            SceneManager.LoadScene ("Bienvenida");
        } else {
            SceneManager.LoadScene ("Verificar");
        }
        conn.Close ();
    }

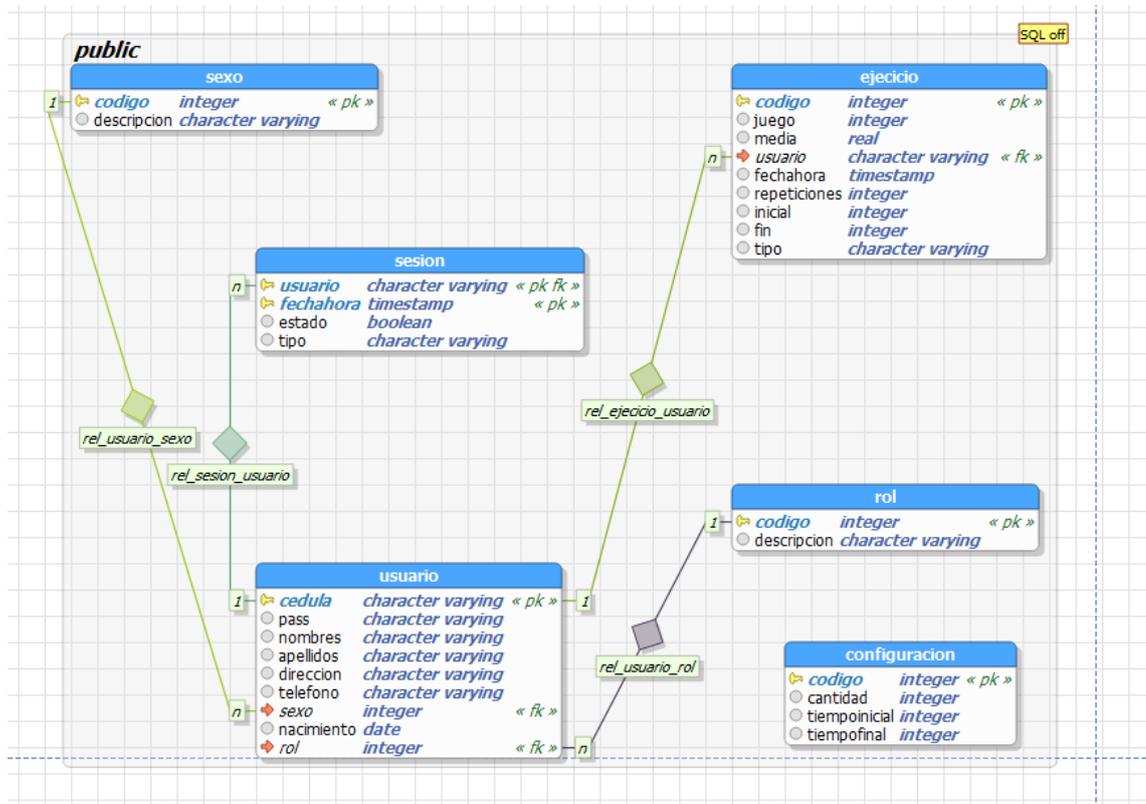
    public void NavJ1(){
        SceneManager.LoadScene ("Test");
    }

    public void NavJ2(){
        SceneManager.LoadScene ("TestJ2");
    }

    public void NavJ3(){
        SceneManager.LoadScene ("TestJ3");
    }
}
```

```
}  
  
public void NavJ4(){  
    SceneManager.LoadScene ("TestJ4");  
}  
  
public void NavR(){  
    SceneManager.LoadScene ("Verificar");  
}  
  
public void NavP(){  
    SceneManager.LoadScene ("Bienvenida");  
}  
  
public void NavM(){  
    SceneManager.LoadScene ("Menu");  
}  
}
```

## #2 Diagrama Entidad Relación de la Base de Datos



### #3 Acceso a datos

```
/*
 * To change this template, choose Tools |
 * Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package accesodatos;

import java.sql.*;
import java.util.ArrayList;

/**
 *
 * @author Javier Mena
 */
public class AccesoDatos {
    ///para obtener filas afectadas

    public static boolean ejecutaComando1(String comando, ArrayList<Parametro> parametros) throws Exception {
        boolean respuesta = false;
        PreparedStatement ptrs = null;
        Connection con = null;

        try {
            Global global = new Global();
            Class.forName(global.getDRIVER());
            try {
                con =
                DriverManager.getConnection(global.getURL(),
                global.getUser(), global.getPASS());
                ptrs = con.prepareStatement(comando);
                for (Parametro parametro : parametros) {
                    ptrs.setObject(parametro.getPosicion(),
                    parametro.getValor());
                }
                int i = ptrs.executeUpdate();
                if (i > 0) {
                    respuesta = true;
                }

                ptrs.close();
                ptrs = null;

            } catch (SQLException exConec) {
                throw exConec;
            } finally {
                try {
                    if (con != null) {
                        if (!con.isClosed()) {
                            con.close();
                        }
                        con = null;
                    }
                } catch (Exception ex) {
                    throw ex;
                }
            }
        } catch (ClassNotFoundException exCarga) {
            throw exCarga;
        }

        return respuesta;
    }

    public static boolean ejecutaComando(String comando, ArrayList<Parametro> parametros) throws Exception {
        boolean respuesta = false;
        PreparedStatement ptrs = null;
        Connection con = null;

        try {
            Global global = new Global();
            Class.forName(global.getDRIVER());
            try {
                con =
                DriverManager.getConnection(global.getURL(),
                global.getUser(), global.getPASS());
                ptrs = con.prepareStatement(comando);
                for (Parametro parametro : parametros) {
                    ptrs.setObject(parametro.getPosicion(),
                    parametro.getValor());
                }
                int i = ptrs.executeUpdate();
                if (i > 0) {
                    respuesta = true;
                }

                ptrs.close();
                ptrs = null;

            } catch (SQLException exConec) {
                throw exConec;
            } finally {
                try {
                    if (con != null) {
                        if (!con.isClosed()) {
                            con.close();
                        }
                        con = null;
                    }
                } catch (Exception ex) {
                    throw ex;
                }
            }
        } catch (ClassNotFoundException exCarga) {
            throw exCarga;
        }

        return respuesta;
    }

    public static ConjuntoResultado ejecutaQuery(String query) throws Exception {
        ResultSet rs = null;
        PreparedStatement pst = null;
        ConjuntoResultado conj = new
        ConjuntoResultado();
        Connection con = null;
        try {
            Global global = new Global();
            Class.forName(global.getDRIVER());
            try {
                con =
                DriverManager.getConnection(global.getURL(),
                global.getUser(), global.getPASS());
                pst = con.prepareStatement(query);
                rs = pst.executeQuery();
                conj.Fill(rs);
                rs.close();
                pst.close();
                rs = null;
                pst = null;
            } catch (SQLException exConec) {
                throw exConec;
            } finally {
                try {
                    if (con != null) {
                        if (!con.isClosed()) {
                            con.close();
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        }
        con = null;
    }
    } catch (Exception ex) {
        throw ex;
    }
} catch (ClassNotFoundException exCarga) {
    throw exCarga;
}
return conj;
}

public static ConjuntoResultado
ejecutaQuery(String query, ArrayList<Parametro>
parametros) throws Exception {

    ResultSet rs = null;
    PreparedStatement ptrs = null;
    ConjuntoResultado conj = new
ConjuntoResultado();
    Connection con = null;
    try {
        Global global = new Global();
        Class.forName(global.getDRIVER());
        try {
            String url = global.getURL();
            con = DriverManager.getConnection(url,
global.getUSER(), global.getPASS());
            ptrs = con.prepareStatement(query);
            for (Parametro parametro : parametros) {
                // if (parametro.getTipo() == 0) {
                ptrs.setObject(parametro.getPosicion(),
parametro.getValor());
                // } else {
                //
                ptrs.setObject(parametro.getPosicion(),
parametro.getValor(), parametro.getTipo());
                //
            }
            // System.out.println(ptrs.toString());
            rs = ptrs.executeQuery();
            conj.Fill(rs);
            rs.close();
            ptrs.close();
            rs = null;
            ptrs = null;
        } catch (SQLException exConec) {
            throw exConec;
        } finally {
            try {
                if (con != null) {
                    if (!(con.isClosed())) {
                        con.close();
                    }
                    con = null;
                }
            } catch (Exception ex) {
                throw ex;
            }
        }
    } catch (ClassNotFoundException exCarga) {
        throw exCarga;
    }
    return conj;
}
}

```

Conexión.java

```

/*
 * To change this template, choose Tools |
 * Templates
 * and open the template in the editor.
 */

```

package accesodatos;

```

import java.sql.*;

/**
 *
 * @author Javier Mena
 */
public class Conexion {

    private String driver;
    private String url;
    public String user;
    private String pass;
    private Connection con;
    private PreparedStatement prStm;
    private ResultSet rs;

    public String getDriver() {
        return this.driver;
    }

    public String getUrl() {
        return this.url;
    }

    public String getUser() {
        return this.user;
    }

    public void setUser(String user) {
        this.user = user;
    }

    public void setPassword(String pass) {
        this.setPass(pass);
    }

    public Conexion() throws Exception {
        Global global = new Global();
        this.driver = global.getDRIVER();
        this.url = global.getURL();
        this.user = global.getUSER();
        this.pass = global.getPASS();
        try {
            Class.forName(this.driver);
            con = DriverManager.getConnection(this.url,
this.user, this.pass);
        } catch (ClassNotFoundException |
SQLException e) {
            throw e;
        }
    }

    public ResultSet ejecutaQuery(String sql) throws
SQLException, ClassNotFoundException {
        setRs(null);
        try {
            Statement st = getCon().createStatement();
            setRs(st.executeQuery(sql));
        } catch (SQLException exConec) {
            throw exConec;
        }
    }

    return getRs();
}

    public int ejecutaQueryEscalar(String sql) throws
Exception {
        int res = 0;
        try {
            Statement st = getCon().createStatement();
            res = st.executeUpdate(sql);
        } catch (SQLException exConec) {
            throw exConec;
        }
        return res;
    }
}

```

```

    public boolean
ejecutaPreparedComando(PreparedStatement
prStm) throws Exception {
    int i = -1;
    try {
        i = prStm.executeUpdate();
    } catch (SQLException exConec) {
        throw exConec;
    }
    return i > 0;
}

    public int ejecutaPreparedInt(PreparedStatement
prStm) throws Exception {
    int i = -1;
    try {
        setRs(prStm.executeQuery());
        while (getRs().next()) {
            i = getRs().getInt(1);
        }
    } catch (SQLException exConec) {
        throw exConec;
    }
    return i;
}

    public ResultSet
ejecutaPrepared(PreparedStatement prStm) throws
Exception {
    setRs(null);
    try {
        setRs(prStm.executeQuery());
    } catch (SQLException exConec) {
        throw exConec;
    }
    return getRs();
}

    public PreparedStatement
creaPreparedSmt(String sql) throws Exception {
    setPrStm(null);
    try {
        setPrStm(getCon().prepareStatement(sql));
    } catch (SQLException exConec) {
        throw exConec;
    }

    return getPrStm();
}

    public void desconectar() throws Exception {
    try {
        getCon().close();
        setCon(null);
    } catch (Exception ex) {
        throw ex;
    }
}

/**
 * @param driver the driver to set
 */
public void setDriver(String driver) {
    this.driver = driver;
}

/**
 * @param url the url to set
 */
public void setUrl(String url) {
    this.url = url;
}

/**
 * @return the pass
 */
public String getPass() {
    return pass;
}

/**
 * @param pass the pass to set
 */
public void setPass(String pass) {
    this.pass = pass;
}

/**
 * @return the con
 */
public Connection getCon() {
    return con;
}

/**
 * @param con the con to set
 */
public void setCon(Connection con) {
    this.con = con;
}

/**
 * @return the prStm
 */
public PreparedStatement getPrStm() {
    return prStm;
}

/**
 * @param prStm the prStm to set
 */
public void setPrStm(PreparedStatement prStm) {
    this.prStm = prStm;
}

/**
 * @return the rs
 */
public ResultSet getRs() {
    return rs;
}

/**
 * @param rs the rs to set
 */
public void setRs(ResultSet rs) {
    this.rs = rs;
}

/*
 * To change this template, choose Tools |
Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package accesodatos;

import java.io.BufferedOutputStream;
import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.io.ObjectOutputStream;
import java.math.BigInteger;
import java.util.ArrayList;
import java.sql.*;

/**
 *
 * @author Javier Mena
 */
public class ConjuntoResultado {

    private String[] cabecera;

```

```

private ArrayList<Object[]> Datos;
private int indCol;
private int indFil;
private int tamCol;
private int tamFil;

public ConjuntoResultado() throws SQLException,
Exception {
    tamFil = 0;
    tamCol = 0;
    indCol = -1;
    indFil = -1;
}

public boolean Fill(ResultSet rs) throws
SQLException, Exception {
    boolean res = false;
    try {
        ResultSetMetaData metaData =
rs.getMetaData();
        tamCol = metaData.getColumnCount();
        cabecera = new String[getTamCol()];
        for (int i = 1; i <= getTamCol(); i++) {
            cabecera[i - 1] =
metaData.getColumnName(i);
        }
        Datos = new ArrayList<Object[]>();
        try {
            //Ingreso de los Datos en el
ConjuntoResultado
            while (rs.next()) {
                Object[] fila = null;
                fila = new Object[getTamCol()];
                for (int i = 1; i <= getTamCol(); i++) {
                    fila[i - 1] = rs.getObject(i);
                }
                Datos.add(fila);
                tamFil += 1;
            }
        } catch (Exception exx) {
            throw exx;
        }
    } catch (SQLException e) {
        throw e;
    } catch (Exception ex) {
        throw ex;
    }
    return res;
}

public boolean next() {
    boolean res = false;
    indFil += 1;
    if (indFil < getTamFil()) {
        res = true;
    }
    return res;
}

public String getString(int nCol) throws Exception {
    try {
        return this.Datos.get(indFil)[nCol].toString();
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public String getString(String nomCol) throws
Exception {
    try {
        int col = Find(nomCol);
        return this.Datos.get(indFil)[col].toString();
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

}

}

public short getShort(int nCol) throws Exception {
    try {
        return new
Short(this.Datos.get(indFil)[nCol].toString());
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public short getShort(String nomCol) throws
Exception {
    try {
        return new
Short(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)].toString());
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public byte[] getBytes(int nCol) throws Exception {
    try {
        return toBytes(this.Datos.get(indFil)[nCol]);
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public byte[] getBytes(String nomCol) throws
Exception {
    try {
        return
toBytes(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public int getInt(int nCol) throws Exception {
    try {
        int val =
Integer.parseInt(this.Datos.get(indFil)[nCol].toString(
));
        return val;
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public BigInteger getBigInt(int nCol) throws
Exception {
    try {
        BigInteger val =
BigInteger.valueOf(Long.valueOf(this.Datos.get(indF
il)[nCol].toString()));
        return val;
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

public BigInteger getBigInt(String nomCol) throws
Exception {
    try {
        BigInteger val =
BigInteger.valueOf(Long.valueOf(this.Datos.get(indF
il)[Find(nomCol)].toString()));
        return val;
    } catch (Exception e) {
        throw e;
    }
}

```

```

    public int getInt(String nomCol) throws Exception {
        try {
            return
Integer.parseInt(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)].
toString());
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public long getLong(int nCol) throws Exception {
        try {
            return (Long) (this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public long getLong(String nomCol) throws
Exception {
        try {
            return (Long)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public double getDouble(int nCol) throws
Exception {
        try {
            return (Double) (this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public double getDouble(String nomCol) throws
Exception {
        try {
            return (Double)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public Date getDate(int nCol) throws Exception {
        try {
            return (Date) (this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public Date getDate(String nomCol) throws
Exception {
        try {
            return (Date)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public java.util.Date getUtilDate(int nCol) throws
Exception {
        try {
            return (java.util.Date)
(this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public java.util.Date getUtilDate(String nomCol)
throws Exception {
        try {
            return (java.util.Date)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public java.sql.Time getTime(int nCol) throws
Exception {
        try {
            return (java.sql.Time)
(this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public java.sql.Timestamp getTimeStamp(int nCol)
throws Exception {
        try {
            return (java.sql.Timestamp)
(this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public java.sql.Time getTime(String nomCol)
throws Exception {
        try {
            return (java.sql.Time)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public boolean getBoolean(int nCol) throws
Exception {
        try {
            return (Boolean)
(this.Datos.get(indFil)[nCol]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public boolean getBoolean(String nomCol) throws
Exception {
        try {
            return (Boolean)
(this.Datos.get(indFil)[Find(nomCol)]);
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public Object getObject(int nCol) throws Exception
{
        try {
            return this.Datos.get(indFil)[nCol];
        } catch (Exception e) {
            throw e;
        }
    }

```

```

    public Object getObject(String nomCol) throws
Exception {
        try {
            int col = Find(nomCol);
            return this.Datos.get(indFil)[col];
        } catch (Exception e) {

```

```

        throw e;
    }
}

//Metodo para encontrar la columna segun el
nombre
private int Find(String nomCol) throws Exception {
    nomCol = nomCol.toLowerCase();
    int index = -1;
    indCol = 0;
    while ((index < 0) && (indCol < getTamCol())) {
        if
(cabecera[indCol].toLowerCase().equals(nomCol)) {
            index = indCol;
        }
        indCol += 1;
    }
    if (index < 0) {
        throw new Exception("No existe la columna "
+ nomCol);
    }
    return index;
}

private static byte[] toBytes(Object obj) throws
java.io.IOException {
    ObjectOutputStream os = null;

    ByteArrayOutputStream byteStream = new
ByteArrayOutputStream(5000);
    os = new ObjectOutputStream(new
BufferedOutputStream(byteStream));
    os.flush();
    os.writeObject(obj);
    os.flush();
    byte[] sendBuf = byteStream.toByteArray();
    os.close();
    return sendBuf;
}

/**
 * @return the tamCol
 */
public int getTamCol() {
    return tamCol;
}

/**
 * @return the tamFil
 */
public int getTamFil() {
    return tamFil;
}
}

/*
 * To change this template, choose Tools |
Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package accesodatos;

/**
 *
 * @author Javier Mena
 */
public final class Global {

    java.util.ResourceBundle Configuracion =
java.util.ResourceBundle.getBundle("accesodatos.d
atabase");
    private String URL =
Configuracion.getString("url");
    private String DRIVER =
Configuracion.getString("driver");

```

```

    private String USER =
Configuracion.getString("user");
    private String PASS =
Configuracion.getString("password");

    //Mails
    public final static String SISEPECMasterMail =
"sisepec@epoch.edu.ec";
    public final static String
BUZONSECRETARIAMail =
"epec@epoch.edu.ec";

    //Mensajes de error
    public final static String MENSAJEERRORDATOS
= "Error al procesar la solicitud, revise los datos";
    public final static String
MENSAJEERRORSESION = "Su sesi&oacute;n ha
caducado, reinicie sesi&oacute;n ";
    public final static String
MENSAJEERRORCLAVES = "Las claves no
coinciden";

    //Direcciones
    public final static String DOMINIO =
"http://sisepec.epoch.edu.ec";

    //PublicacionesNoticias
    public final static int
CANTIDADNOTICIASPAGINACION = 10;

    /**
     * @return the URL
     */
    public String getURL() {
        return URL;
    }

    /**
     * @param URL the URL to set
     */
    public void setURL(String URL) {
        this.URL = URL;
    }

    /**
     * @return the DRIVER
     */
    public String getDRIVER() {
        return DRIVER;
    }

    /**
     * @param DRIVER the DRIVER to set
     */
    public void setDRIVER(String DRIVER) {
        this.DRIVER = DRIVER;
    }

    /**
     * @return the USER
     */
    public String getUser() {
        return USER;
    }

    /**
     * @param USER the USER to set
     */
    public void setUser(String USER) {
        this.USER = USER;
    }

    /**
     * @return the PASS
     */
    public String getPASS() {

```

```

        return PASS;
    }

    /**
     * @param PASS the PASS to set
     */
    public void setPASS(String PASS) {
        this.PASS = PASS;
    }
}

/**
 * To change this template, choose Tools |
 * Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package accesodatos;

/**
 *
 * @author Javier Mena
 */
public class Parametro {

    private int posicion;
    private Object valor;
    private int tipo;

    public int getTipo() {
        return tipo;
    }

    public void setTipo(int tipo) {
        this.tipo = tipo;
    }

    public Parametro() {
        posicion = 0;
        valor = null;
    }

    public Parametro(int posicion, Object valor) {
        this.posicion = posicion;
        this.valor = valor;
    }

    public Parametro(int posicion, Object valor, int
tipo) {
        this.posicion = posicion;
        this.valor = valor;
        this.tipo = tipo;
    }

    /**
     * @return the posicion
     */
    public int getPosicion() {
        return posicion;
    }

    /**
     * @param posicion the posicion to set
     */
    public void setPosicion(int posicion) {
        this.posicion = posicion;
    }

    /**
     * @return the valor
     */
    public Object getValor() {
        return valor;
    }

    /**
     * @param valor the valor to set
     */
    public void setValor(Object valor) {
        this.valor = valor;
    }
}

```



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

#### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **EDWIN JAVIER MENA CAJAS**.

En la ciudad de Latacunga, a los **13 días del mes de febrero de 2017**.

Ing. Ivón Escobar Anchaguano  
Directora del Proyecto

Aprobado por:

Ing. Franklin Silva Monteros  
Director de Carrera

Dr. Rodrigo Vaca Corrales  
Secretario Académico