



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

# “IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL MEDIANTE UN DISPOSITIVO HÁPTICO PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO”.

**Realizado por:**

Andrés Daniel Acurio Santamaria

**Director:** Ing. Edwin Pruna



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Terapia tradicional común y rutinaria.
- Sistemas de rehabilitación tediosos y poco motivacionales.
- Poca difusión de nuevas tecnologías alrededor del país.
- Discapacidad motora en pacientes con Daño Cerebral Adquirido



# OBJETIVOS

## GENERAL

- Diseñar e implementar un entorno virtual para rehabilitar pacientes con daño cerebral adquirido.

## ESPECÍFICOS

- Investigar el daño cerebral adquirido, así como las causas y síntomas, además la eficiencia del uso de rehabilitación virtual en pacientes de este tipo.
- Diseñar e implementar entornos virtuales con las herramientas de software libre adecuadas para el control del dispositivo háptico Geomagic Touch.



# OBJETIVOS

## ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de funcionamiento de la aplicación con individuos que tienen completas sus funciones motoras para optimizar el desempeño del dispositivo háptico en conjunto con la aplicación virtual.
- Analizar los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento mediante test enfocados a parámetros como repetitividad de éxito, tiempo para concluir las tareas; tomando en cuenta el desempeño del dispositivo háptico en sus 3 ejes para evaluar el correcto funcionamiento de la aplicación.



# HIPÓTESIS

La implementación de una herramienta virtual permitirá la rehabilitación de pacientes con Daño Cerebral Adquirido.



# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- El auge tecnológico está brindando mayores beneficios en cuanto a rehabilitación; permitiendo desarrollar nuevas investigaciones para generar nuevas opciones de tratamiento de enfermedades como el DCA.
- La rehabilitación virtual ha logrado en la mayoría de pacientes un resultado alentador, al momento de recibir el tratamiento y participar en novedosas aplicaciones virtuales.
- Los dispositivos hápticos mediante su característica de realimentación de fuerzas, son los más idóneos al momento de ofrecer una alternativa interactiva y entretenida.



# DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO

El DCA se desarrolla después de haber sufrido una lesión de cualquier etiología que ha afectado de manera aguda a las estructuras cerebrales. Se presentan en personas que no habían tenido ningún tipo de daño previo y les causará un deterioro neurológico permanente de acuerdo a la lesión recibida, lo que compromete su capacidad funcional y su calidad de vida.

El DCA no es un síndrome clínico definido, sus causas son diversas y su afectación a las funciones del cerebro pueden ser una o varias y con distintos grados de gravedad.



# DEFINICIÓN DE DISPOSITIVO HÁPTICO

El dispositivo háptico proporciona una auténtica navegación tridimensional y retroalimentación de fuerzas, integrando así el sentido del tacto a este sistema. Principalmente es utilizado en Diseño 3D en aplicaciones comerciales y de investigación. El dispositivo háptico puede medir de forma precisa la posición espacial 3D en los ejes X, Y, Z y la orientación de su manipulador en forma de lápiz. Este dispositivo utiliza servomotores para crear las fuerzas de retorno hacia la mano del usuario y así simula el tacto y la interacción con objetos virtuales..





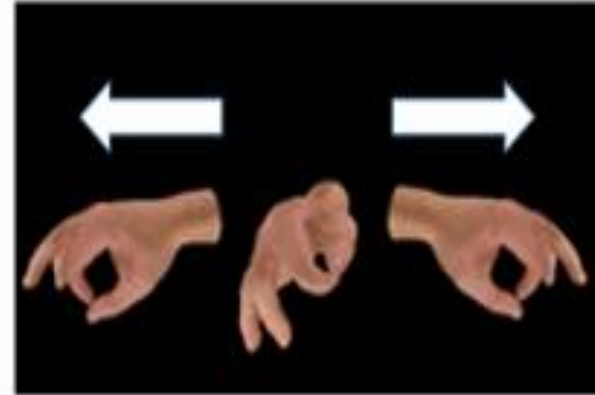
# Movimientos de Rehabilitación



Pinza



Flexion Muñeca



Rotacion Muñeca

# TEST DE USABILIDAD SUS

Este test está conformado por 10 preguntas que permiten determinar si el usuario está totalmente de acuerdo o no con la utilización del nuevo instrumento con una escala del 0 al 100 %

# TEST DE USABILIDAD SUS

1. Pienso que me agradaría usar este sistema con frecuencia.
2. El sistema me pareció innecesariamente complejo.
3. Me pareció que el sistema era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de una persona conocedora para poder usar este sistema.
5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente.
8. He encontrado el sistema muy engorroso de usar.
9. Me sentí muy confiado usando el sistema.
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder seguir adelante con este sistema.



# SOFTWARE DE PROCESAMIENTO



- Software libre (no se cubre gastos por licencia)
- Sintaxis sencillo de aprender
- Múltiples funciones

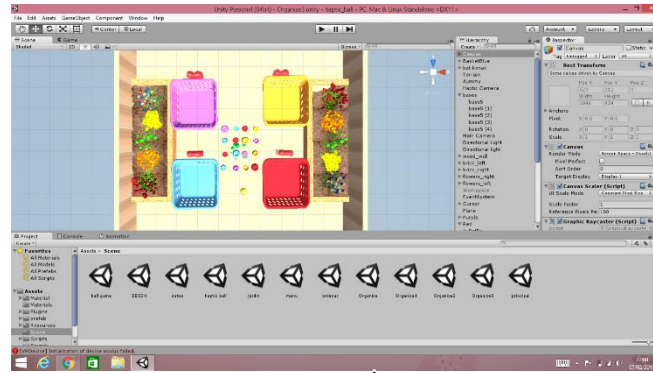


- Aplicaciones en tiempo real
- Intuitivo y fácil de usar
- Multiplataforma



# Pasos para el Desarrollo de una Interfaz Virtual para el Desarrollo

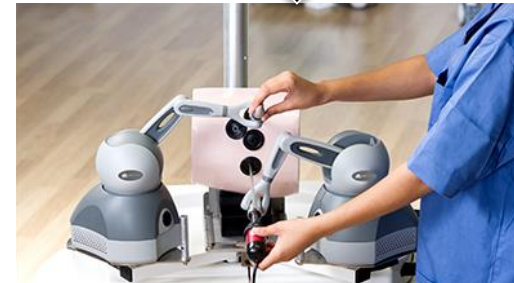
Unity3D



Aplicación



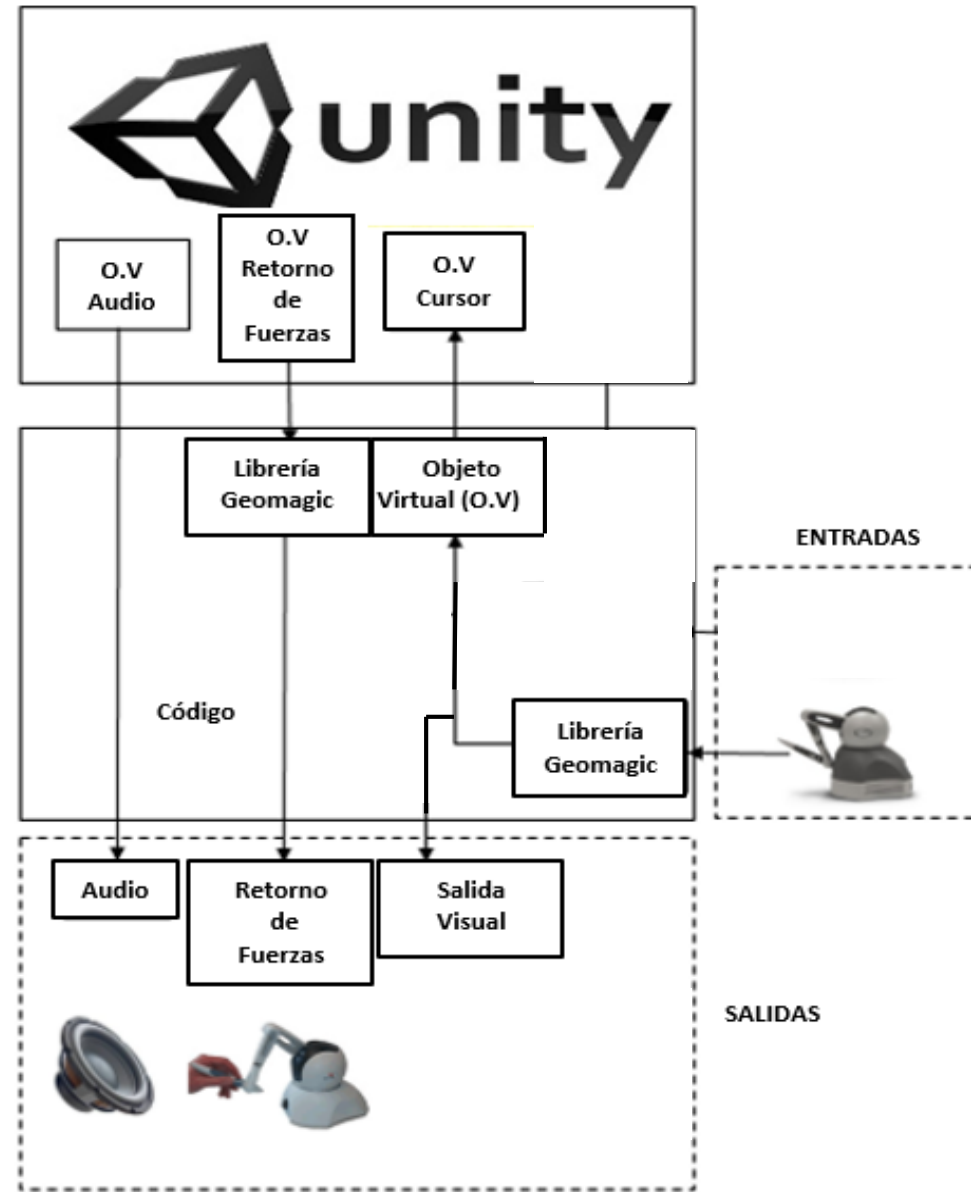
Blender



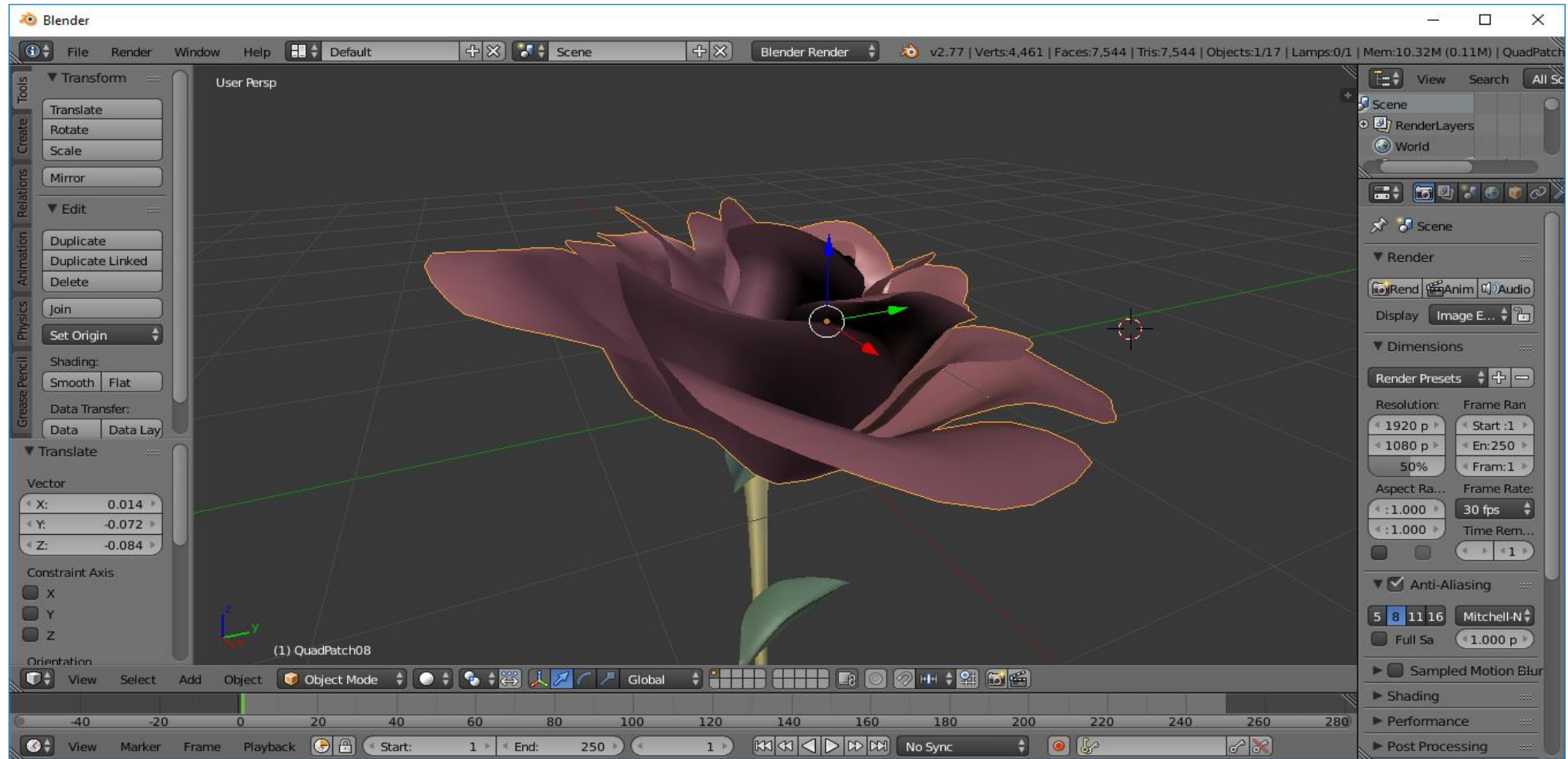
Rehabilitación



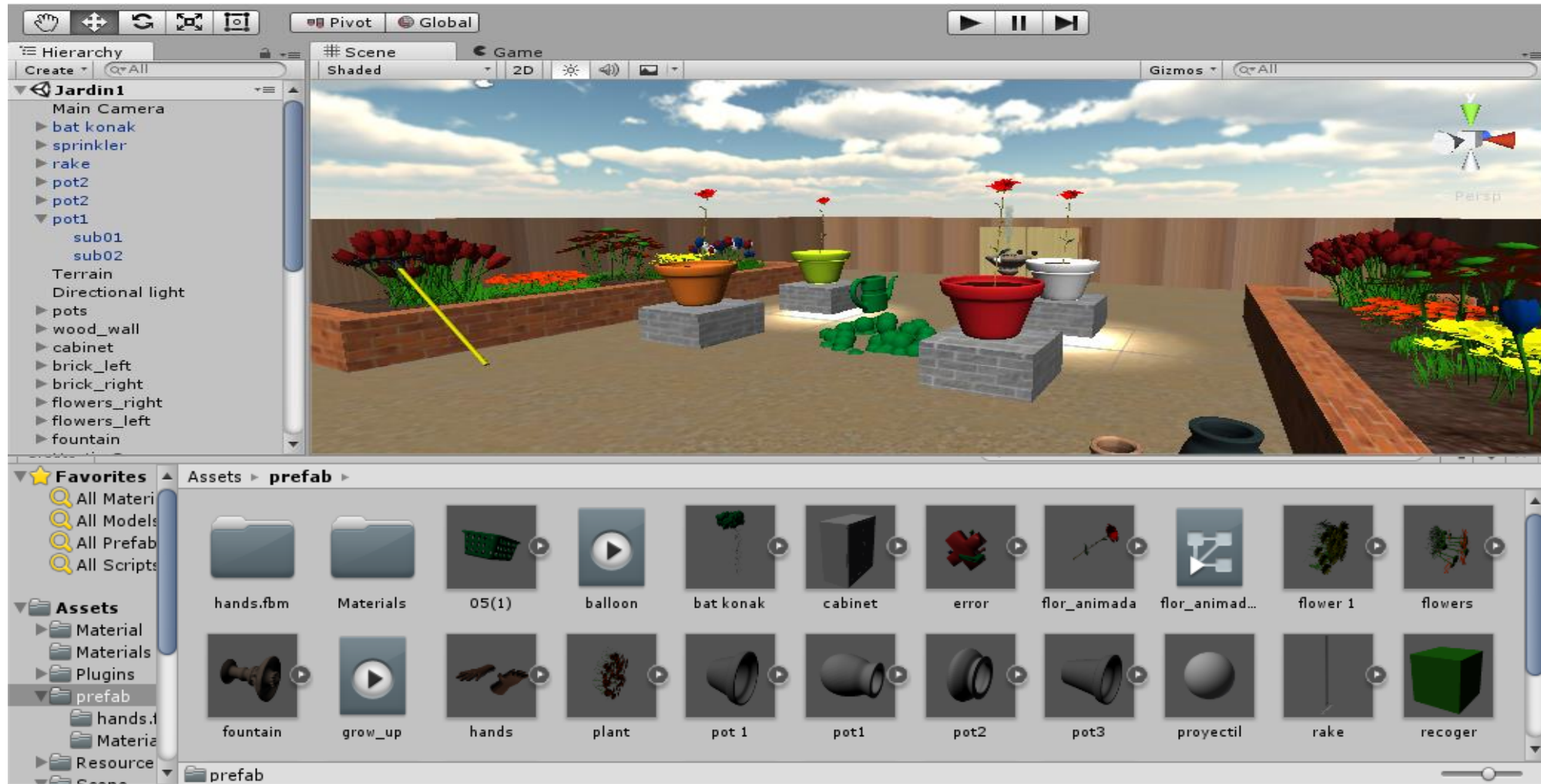
# DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA



# Modelado de Objetos Virtuales

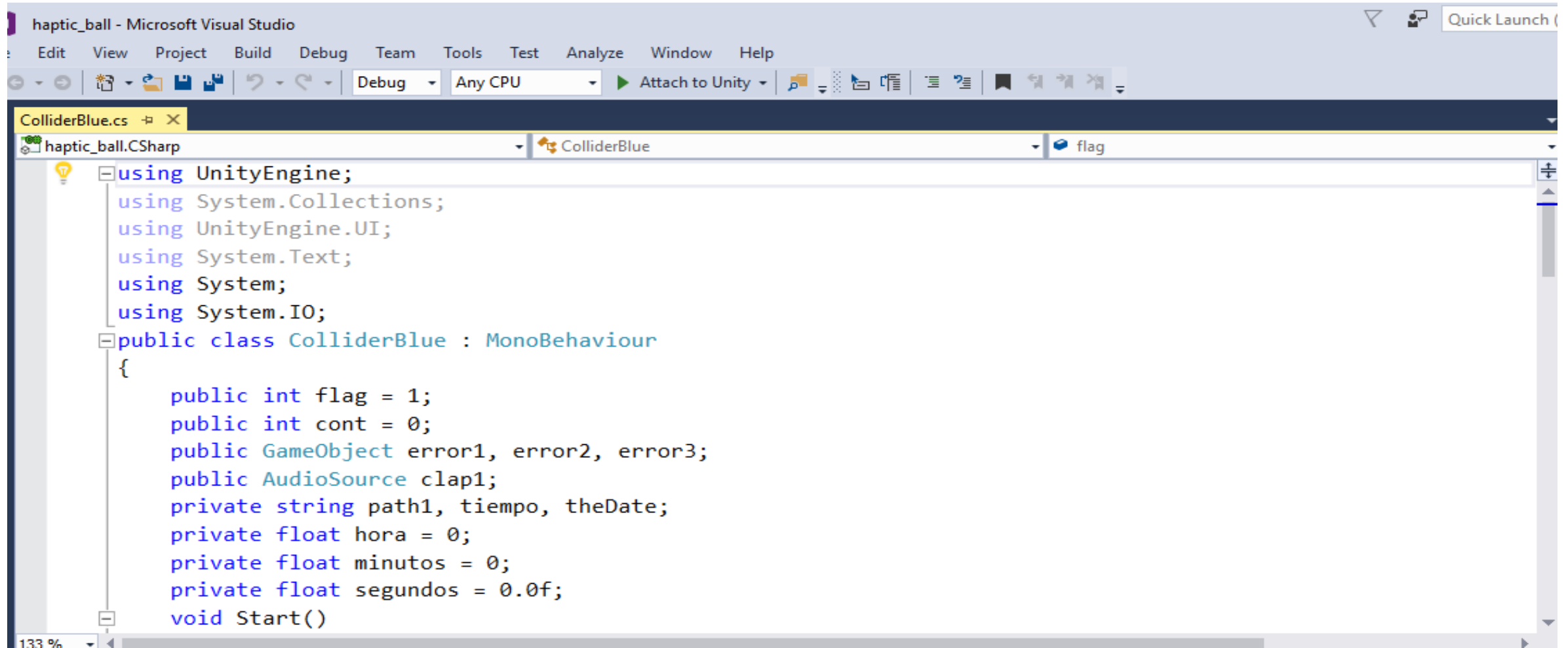


# Integración de Objetos Virtuales en Unity3D





# Diseño de Dinámica



```
haptic_ball - Microsoft Visual Studio
Quick Launch (
Edit View Project Build Debug Team Tools Test Analyze Window Help
Debug Any CPU Attach to Unity
ColliderBlue.cs
haptic_ball.CSharp ColliderBlue flag
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.UI;
using System.Text;
using System;
using System.IO;
public class ColliderBlue : MonoBehaviour
{
    public int flag = 1;
    public int cont = 0;
    public GameObject error1, error2, error3;
    public AudioSource clap1;
    private string path1, tiempo, theDate;
    private float hora = 0;
    private float minutos = 0;
    private float segundos = 0.0f;
    void Start()
```

# INTERFAZ USUARIO



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

# ELABORACIÓN DE MENÚS



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

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL  
MEDIANTE UN DISPOSITIVO HÁPTICO PARA LA  
REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL  
ADQUIRIDO”.

JARDINERIA



JARDIN

ORGANIZAR



DATOS

ORDENAR

SALIR



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

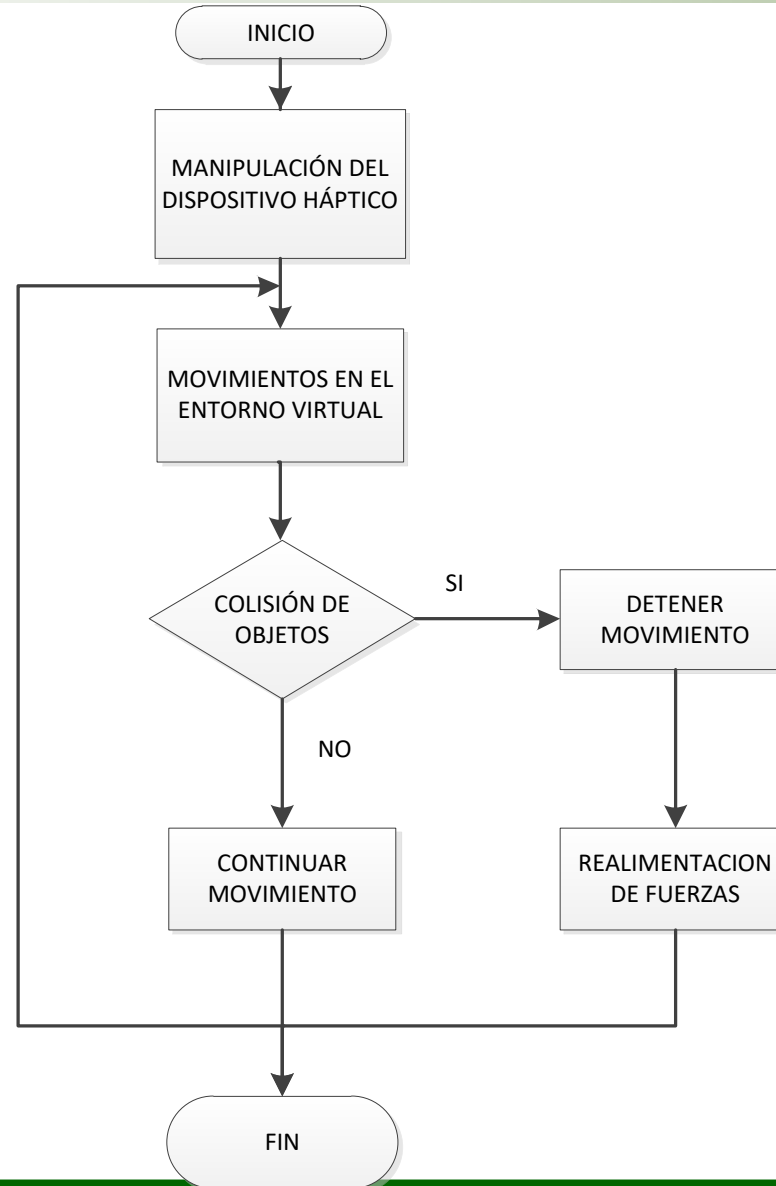
# REGISTRO DE DATOS

```
Alejandro_Datos.txt - Notepad
File Edit Format View Help
JUEGO 1
Nombre: Alejandro
Edad: 45
04/04/2017
Tiempo1:0:0:21
Tiempo2:0:0:27
Tiempo3:0:0:39
Tiempo4:0:1:15
COMPLETADO
Total:0:1:15

JUEGO 2
Nombre: Alejandro
Edad: 45
04/04/2017
Tiempo1:0:0:5
Tiempo2:0:0:23
Tiempo3:0:0:37
Tiempo4:0:0:50
COMPLETADO
Total:0:0:50
```



# DIAGRAMA DE FLUJO DE FUNCIONAMIENTO



# PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

- Validación de Movimientos del Dispositivo Háptico
- Validación de los movimientos para Rehabilitación
- Aplicación de Test SUS

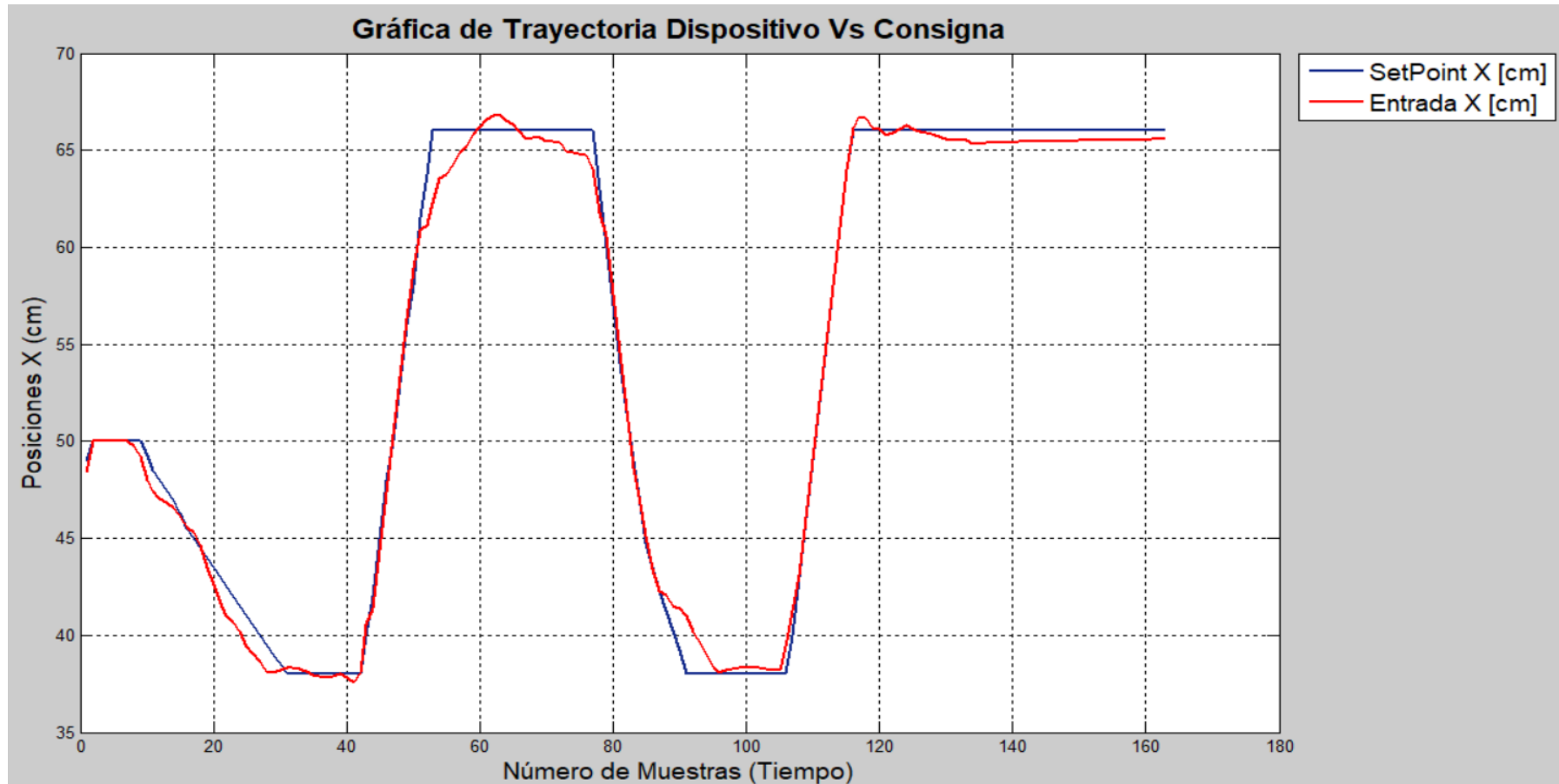


# VALIDACIÓN DE MOVIMIENTOS DEL DISPOSITIVO HÁPTICO

- **Referencia** – Se genera una trayectoria automática sobre la ejecución completa de la aplicación de jardinería, de esta señal se toma el movimiento completo de los vectores de posición en los ejes x, y, z.
- **Entrada** – Esta señal de muestra se toma del movimiento que realiza el usuario al manipular el dispositivo háptico para completar la tarea de jardinería.



# VALIDACIÓN DE MOVIMIENTOS DEL DISPOSITIVO HÁPTICO





# Validación de los movimientos para Rehabilitación



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

# APLICACIÓN DE TEST SUS

	PACIENTE 1	PACIENTE 2	PACIENTE 3	PACIENTE 4	PACIENTE 5
PREGUNTA 1	5	5	4	5	4
CÁLCULO 1	4	4	3	4	3
PREGUNTA 2	3	2	4	1	2
CÁLCULO 2	2	3	1	4	3
PREGUNTA 3	4	3	5	4	5
CÁLCULO 3	3	2	4	3	4
PREGUNTA 4	3	2	3	3	2
CÁLCULO 4	2	3	2	2	3
PREGUNTA 5	5	4	3	5	4
CÁLCULO 5	4	3	2	4	3
PREGUNTA 6	2	2	1	1	3
CÁLCULO 6	3	3	4	4	2
PREGUNTA 7	5	4	4	3	4
CÁLCULO 7	4	3	3	2	3
PREGUNTA 8	2	2	1	1	3
CÁLCULO 8	3	3	4	4	2
PREGUNTA 9	5	5	5	5	5
CÁLCULO 9	4	4	4	4	4
PREGUNTA 10	3	1	1	2	1
CÁLCULO 10	2	4	4	3	4
SUMATORIA	31	32	31	34	31
TOTAL INDIVIDUAL	77.5	80	77.5	85	77.5
TOTAL GLOBAL	79.5				



# APLICACIÓN DE TEST SUS

	USUARIO 1	USUARIO 2	USUARIO 3	USUARIO 4	USUARIO 5
PREGUNTA 1	4	5	5	5	5
CÁLCULO 1	3	4	4	4	4
PREGUNTA 2	2	2	1	3	2
CÁLCULO 2	3	3	4	2	3
PREGUNTA 3	5	4	4	4	3
CÁLCULO 3	4	3	3	3	2
PREGUNTA 4	2	2	2	3	2
CÁLCULO 4	3	3	3	2	3
PREGUNTA 5	5	5	5	3	3
CÁLCULO 5	4	4	4	2	2
PREGUNTA 6	2	2	2	1	1
CÁLCULO 6	3	3	3	4	4
PREGUNTA 7	5	5	3	4	3
CÁLCULO 7	4	4	2	3	2
PREGUNTA 8	3	2	2	2	1
CÁLCULO 8	2	3	3	3	4
PREGUNTA 9	5	4	5	5	5
CÁLCULO 9	4	3	4	4	4
PREGUNTA 10	1	1	2	1	2
CÁLCULO 10	4	4	3	4	3
SUMATORIA	34	34	33	31	31
TOTAL INDIVIDUAL	85	85	82,5	77,5	77,5
TOTAL GLOBAL	81.5				



# COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- En el experimento, el sistema es puesto a prueba con pacientes entre las edades de 50 y 85 años y con la patología DCA. Para validar que mediante la interacción con el sistema el usuario ejecuta movimientos útiles en rehabilitación motora fina.
- Mediante la supervisión de un especialista en el área de rehabilitación se determina que el sistema provee específicamente los siguientes movimientos útiles para rehabilitación: flexión y extensión de muñeca y pinza bidigital.
- Además el sistema genera un histórico de la última sesión realizada con datos relevantes sobre el usuario y tiempos la ejecución de las tareas virtuales. Estos archivos le servirán al terapeuta para dar seguimiento al paciente y evaluar su evolución.



# CONCLUSIONES

- De acuerdo a la literatura científica revisada, la rehabilitación virtual mediante dispositivos hápticos ha proporcionada una ayuda en la rehabilitación en pacientes con Daño Cerebral Adquirido (ACV).
- El sistema permite realizar ejercicios como: flexión y extensión de muñeca y pinza bidigital.
- Se desarrolló un registro de usuarios, que ayudará al rehabilitador en el seguimiento de la evolución de los pacientes.



# CONCLUSIONES

- Realizada las pruebas de seguimiento de trayectoria (En la ejecución de una tarea), se verifica que existe un error de 0.5% entre la consigna y el movimiento realizado por el usuario, lo que permite al paciente cumplir los objetivos propuestos en las tareas de rehabilitación.
- El test de usabilidad (SUS), fue aplicado a 5 pacientes con DCA leve o moderado y edades entre 50 y 85 años; como resultado se obtiene una puntuación de 79.5, puntaje que está dentro del rango aceptable (superior a 68) e indica que el sistema tiene una aceptación por parte de los pacientes para ser utilizado en rehabilitación.



# RECOMENDACIONES

- Se debe verificar que el paciente este colocado de forma ergonómica en relación al sistema para que no sea un procesos casado la aplicación de esta herramienta.
- Se recomienda instalar la versión 5.x de Unity para no tener problemas de incompatibilidad con los Plugin del Geomagic Touch.
- Es recomendable realizar una calibración del dispositivo háptico en el software de diagnóstico que provee esta herramienta, para asegurar que la respuesta del dispositivo sea de alta fiabilidad.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el sistema de forma sutil dejándose guiar por el mismo, para no desgastar la herramienta de hardware que se utiliza en este.
- Para abaratar costos en la replicación futura de este trabajo, se puede adquirir dispositivos hápticos de menor costo como Falcon Nonvint.





# GRACIAS



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