



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

TEMA:

**PREDICCIÓN DE LA POSICIÓN CORRECTA DE DISPARO CON UNA PISTOLA
BASADA EN UN MODELO MANFIS**

AUTORES:

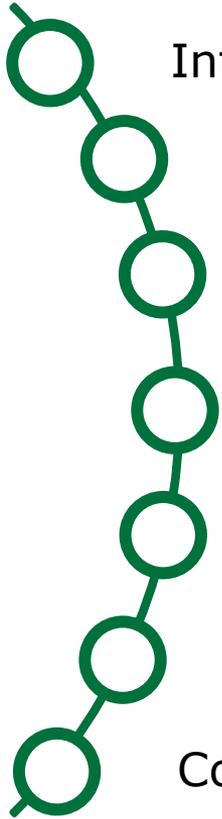
VIQUE ALMEIDA, DAVID ALBERTO
CHICAIZA CONTERON, LUIS ARMANDO

DIRECTORES:

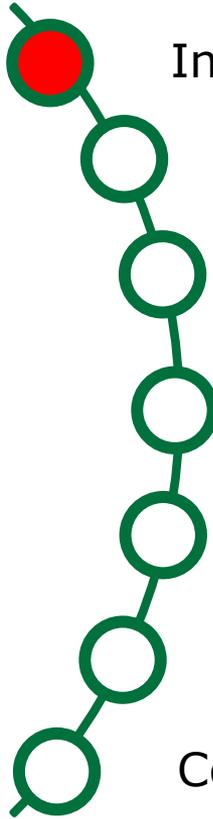
Dr. CARRILLO MEDINA, JOSÉ LUIS, (mCL)
Dr. ESPINOZA GALLARDO, EDISON GONZALO

LATACUNGA AUGUST , 2023





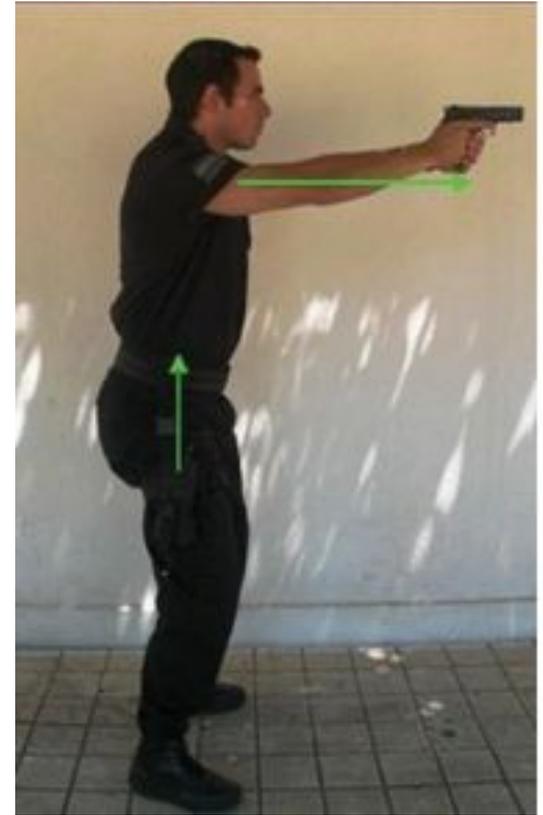
- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro



●	Introducción
○	Diseño del sistema
○	Esquema funcional del simulador de posición
○	Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
○	Ejecución de la práctica
○	Casos de simulación y resultados
○	Conclusiones y trabajo futuro

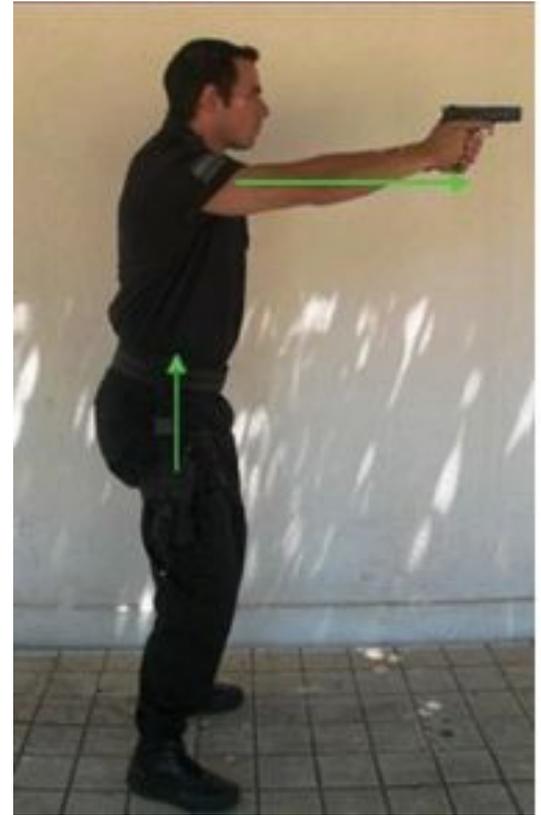
1. Introducción

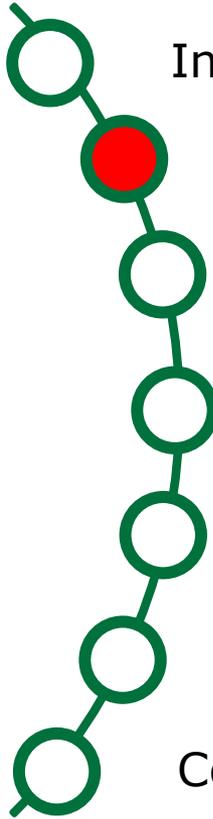
- La biomecánica del disparador explora el movimiento humano en las disciplinas de tiro. Aunque se ha investigado mucho sobre la psicología del tiro y el armamento, los estudios centrados en los aspectos técnicos siguen siendo limitados.
- Una postura correcta es vital para la precisión y la velocidad, evita la fatiga y mejora la concentración.
- Aunque en el entrenamiento se mejora la postura, los ajustes posteriores se convierten en un reto.



1. Introducción

- La incorporación de tecnologías como la realidad virtual intensifica la necesidad de evaluar la postura.
- Por este motivo, este trabajo de investigación propone la implementación de un simulador virtual que tiene como objetivo corregir la posición de disparo, que es un punto clave para la precisión del tiro.





- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro

2. Diseño del sistema

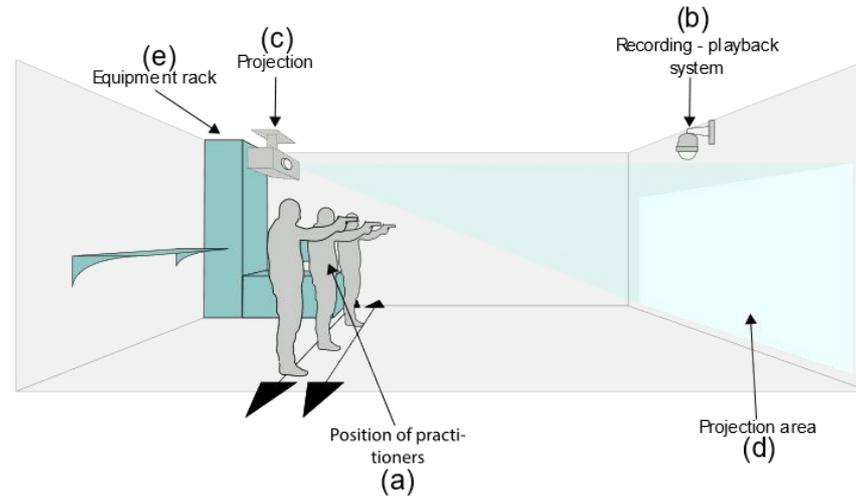
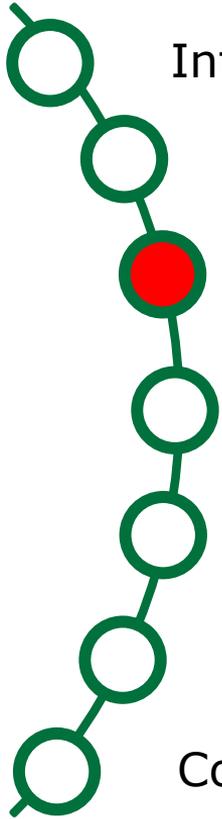


Fig. 1. Main components of system.

La realidad virtual permite la visualización biomecánica en simuladores de tiro, mejorando el entrenamiento; la Fig. 1 esquematiza el sistema con los componentes: a) posicionamiento del aprendiz, b) grabación, c) proyección mostrando, d) representaciones 3D, apoyado por e) equipamiento, i) ordenador, y ii) área de proyección.



- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro

3. Esquema funcional del simulador de polígono de tiro

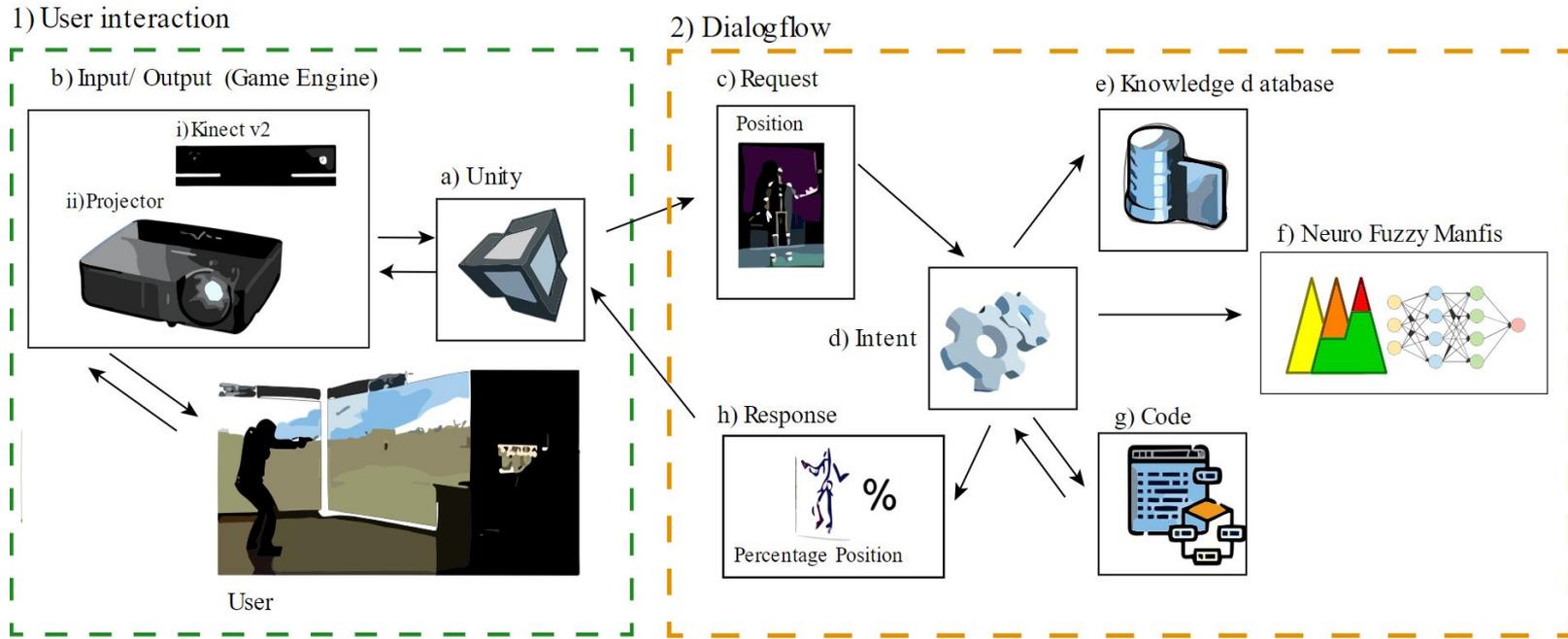
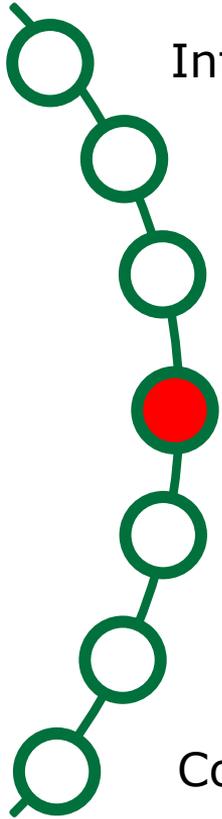


Fig. 2. Esquema funcional de la aplicación propuesta: 1) Interacción con el usuario para la comunicación con el simulador, 2) Flujo de diálogo recibe entradas, las procesa y las devuelve como salidas.



- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro

4. Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)

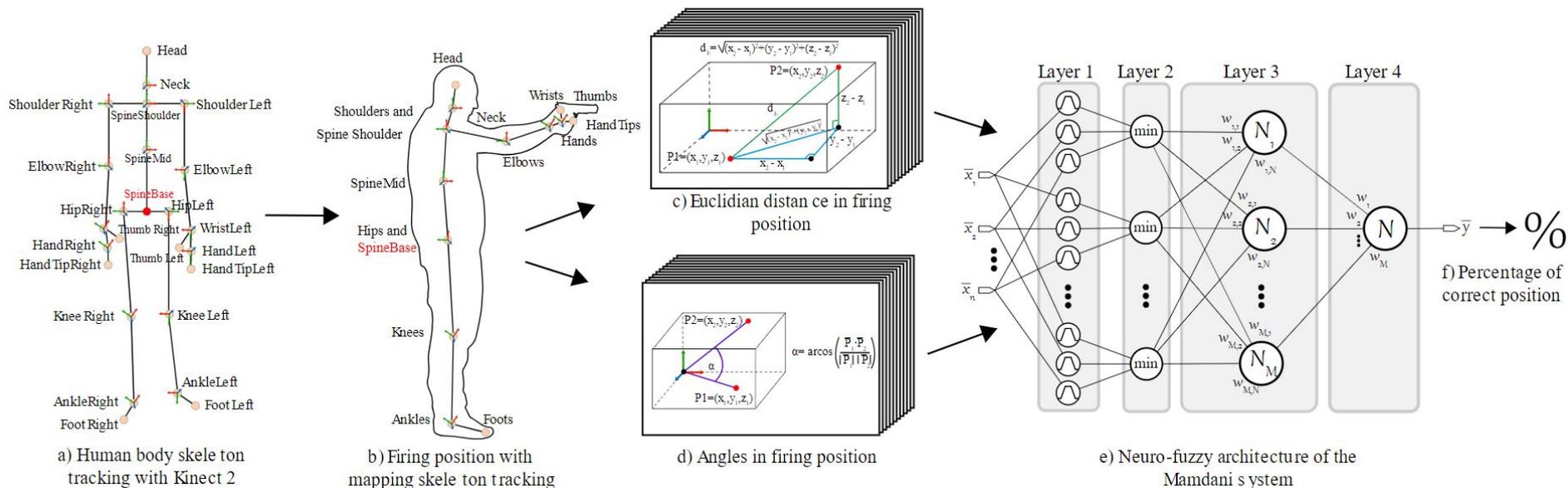


Fig. 3. Seguimiento de agentes biomecánicos del cuerpo humano con Kinect 2 y evaluación de la posición correcta con una arquitectura neuro-fuzzy básica del sistema Mamdani.

4. Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)

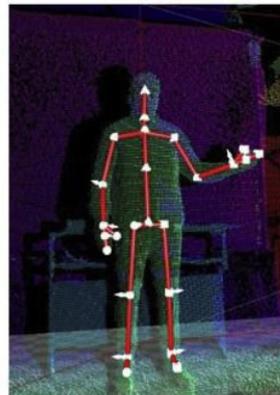
Mide la distancia entre el objeto y la posición del sensor

Matriz de píxeles:
Rojo
Verde
Azul
Valor
Transparente

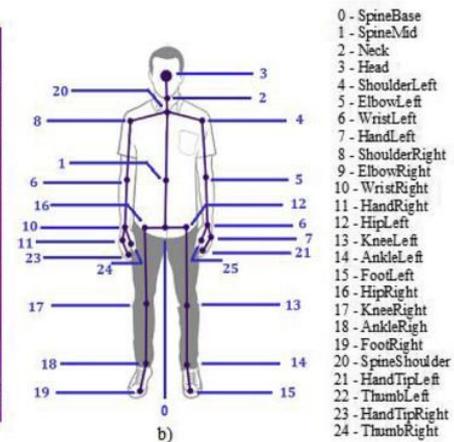
RGB
Camera

2 bytes por píxel de imagen
2 bytes de información adicional sobre la distancia

IR Camera IR Emitter



a)

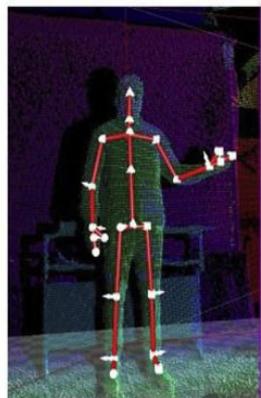


b)

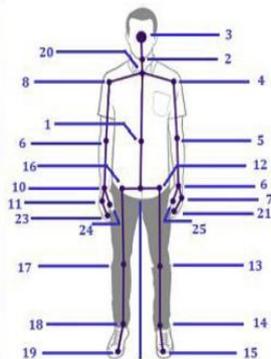
Multi-Array
MIC



4. Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)

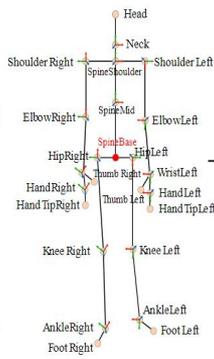


a)

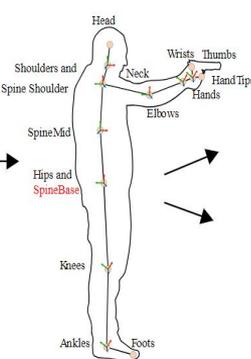


b)

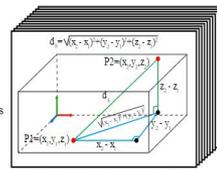
- 0 - SpineBase
- 1 - SpineMid
- 2 - Neck
- 3 - Head
- 4 - ShoulderLeft
- 5 - ElbowLeft
- 6 - WristLeft
- 7 - HandLeft
- 8 - ShoulderRight
- 9 - ElbowRight
- 10 - WristRight
- 11 - HandRight
- 12 - HipLeft
- 13 - KneeLeft
- 14 - AnkleLeft
- 15 - FootLeft
- 16 - HipRight
- 17 - KneeRight
- 18 - AnkleRight
- 19 - FootRight
- 20 - SpineShoulder
- 21 - HandTipLeft
- 22 - ThumbLeft
- 23 - HandTipRight
- 24 - ThumbRight



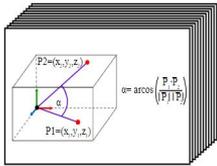
a) Human body skeleton tracking with Kinect 2



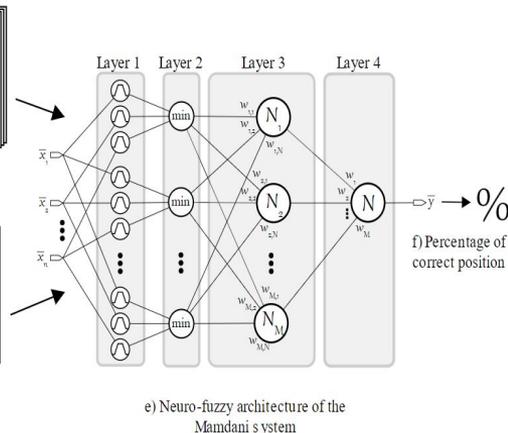
b) Firing position with mapping skeleton tracking



c) Euclidean distance in firing position



d) Angles in firing position

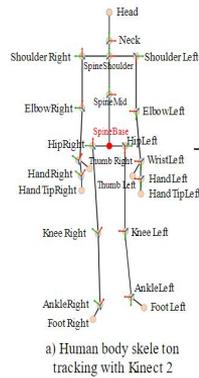
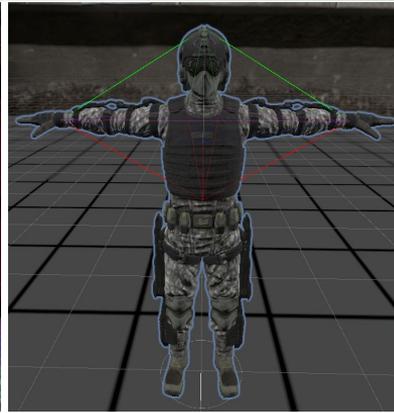
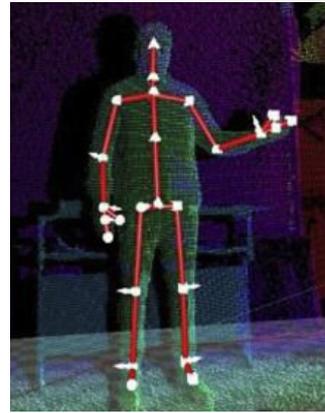


e) Neuro-fuzzy architecture of the Mamdani system

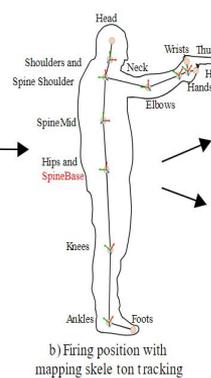
El Kinect a) rastrea hasta seis esqueletos humanos, localizando 25 articulaciones, y b) evalúa la posición del tirador. Emplea la biomecánica del tirador para determinar c) distancias y d) ángulos, que sirven como entradas para e) el sistema neuro-fuzzy Mamdani, una red neuronal integrada con lógica difusa, para predecir f) el porcentaje de posición de disparo correcta, como se visualiza en la Fig. 3.



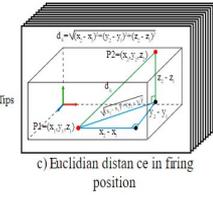
4.1 . Biomecánica del disparador



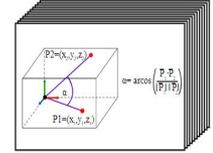
a) Human body skeleton tracking with Kinect 2



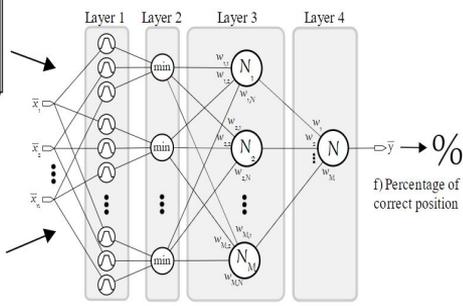
b) Firing position with mapping skeleton tracking



c) Euclidian distance in firing position



d) Angles in firing position



e) Neuro-fuzzy architecture of the Mamdani system

f) Percentage of correct position

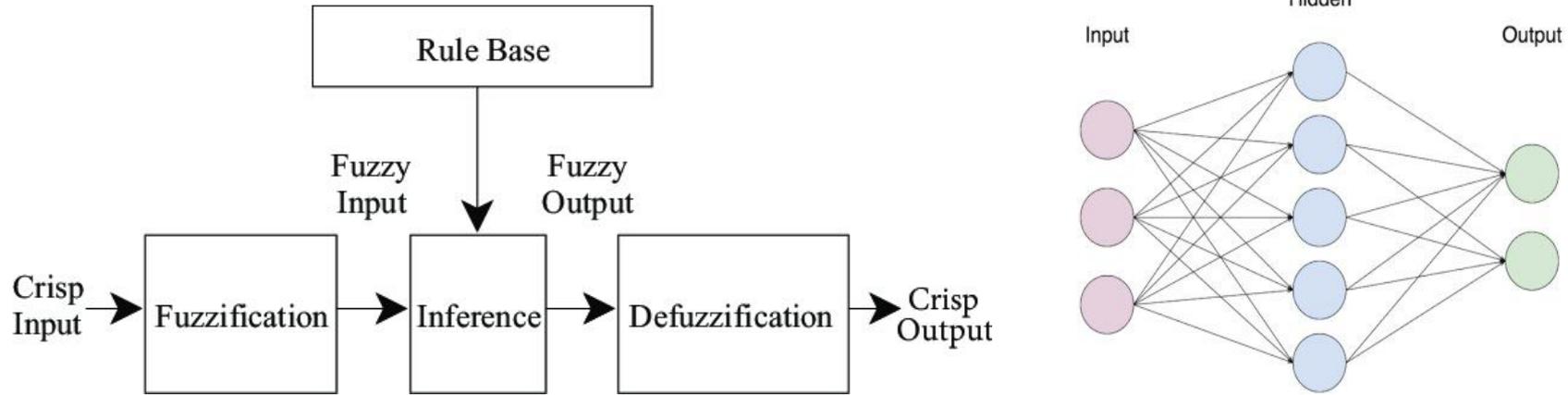
La biomecánica del disparador examina el movimiento humano en el disparo, integrando técnicas de diversas disciplinas.

Dado que la postura influye en el rendimiento y la fatiga, una postura correcta, como el "triángulo isósceles" que se muestra en la Fig. 3, apartado b), es crucial. Aunque existe una posición de tiro estándar, factores individuales como la altura modifican el ángulo de los brazos.

Esta investigación evalúa los indicadores biomecánicos en el tiro midiendo los ángulos y las distancias entre las partes del cuerpo, con el objetivo de perfeccionar las técnicas de las armas de fuego mediante análisis comparativos



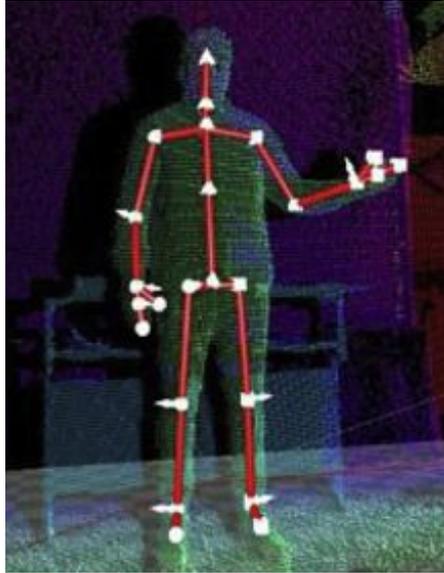
4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis de Mamdani)



Los sistemas difusos de tipo Mamdani, parecidos a las redes neuronales, utilizan ángulos entre vectores y distancias euclidianas en un entorno tridimensional para evaluar a los agentes biomecánicos, lo que ayuda a perfeccionar las posiciones de tiro; estos cálculos se introducen en una arquitectura multicapa que concluye con la defuzzificación mediante una red neuronal con aprendizaje por retropropagación, lo que ofrece un enfoque global para identificar las posturas de tiro óptimas.



4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis of Mamdani)



El Universo del Discurso especifica que los ángulos van de -180 a +180 grados, mientras que las distancias abarcan de 0 a 2 metros

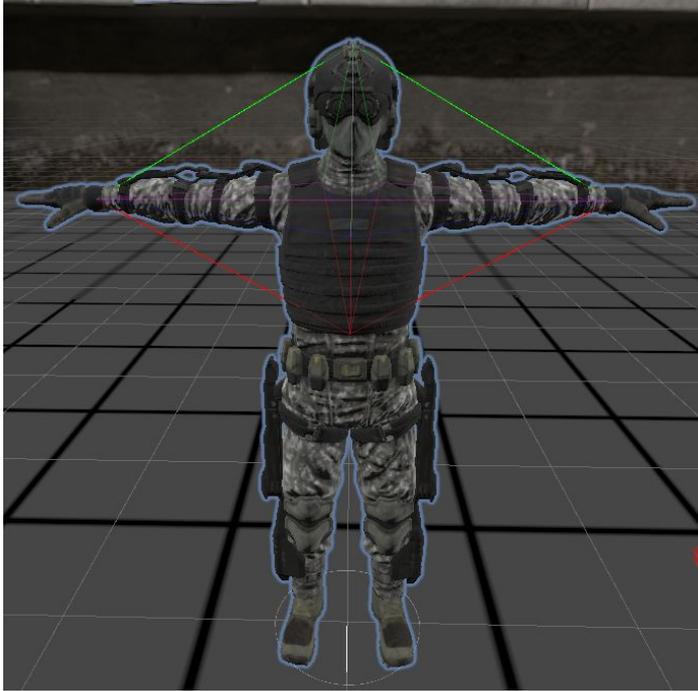
El conjunto Crisp evalúa la posición correcta del tirador comparando los ángulos entre el centro de masa del cuerpo y las extremidades, considerados precisos cuando están alineados con la biomecánica del tirador (véase el apartado 4.1).

$$\alpha = \arccos\left(\frac{P_1 \cdot P_2}{|P_1| \cdot |P_2|}\right) \quad d_E(P_1 \cdot P_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

```
//Rays
//All to Center of Mass
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[6].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[5].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[4].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[3].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[2].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
Debug.DrawRay(ts[0].transform.position, (ts[1].transform.position - ts[0].transform.position), Color.red);
```



4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis of Mamdani)



El **conjunto difuso** estipula que cuando los ángulos de la cabeza y el tronco están a 90° , y los brazos a 40° , se sugieren modificaciones al conjunto difuso de la Tabla 1, teniendo en cuenta la retroalimentación del instructor y el ruido del sensor Kinect 2



4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis of Mamdani)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{si } a < x < m \\ 1 & \text{si } x \geq m \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{si } m < x \leq b \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{si } a < x \leq b \\ 1 & \text{si } a < x \leq c \\ \frac{d-x}{b-c} & \text{si } c < x \leq d \\ 0 & \text{si } x > d \end{cases}$$

Las **funciones de pertenencia** identifican los rangos apropiados en el conjunto difuso utilizando funciones específicas como Gamma (Γ), Lambda (Λ) (ver Ecuación 4) para formas triangulares, y Pi (Π) (ver Ecuación 5) para formas trapezoidales, con la Tabla 1 designando una función de pertenencia para cada agente biomecánico dentro de un conjunto difuso basado en categorías.



4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis of Mamdani)

Tabla 1. Funciones de pertenencia en los conjuntos difusos de la posición de tiro con pistola.

Element	Membership function in the fuzzy set														
	Bad					Regular					Good				
	a	b	c	d	F	a	b	c	d	F	a	b	c	d	F
H (°)	105	120	-	-	Γ	115	130	145	155	Π	150	180	-	-	Λ
T (°)	105	120	-	-	Γ	115	130	145	155	Π	150	180	-	-	Λ
LA (°)	0	40	-	-	Λ	30	35	40	55	Π	40	65	85	105	Π
RA (°)	0	40	-	-	Λ	30	35	40	55	Π	40	65	85	105	Π
LK (°)	85	100	-	-	Γ	95	110	125	135	Π	130	180	-	-	Λ
RK (°)	85	100	-	-	Γ	95	110	125	135	Π	130	180	-	-	Λ
DAR (cm)	50	100	-	-	Γ	20	40	50	70	Π	0	25	-	-	Λ
DK (cm)	75	150	-	-	Γ	40	55	65	80	Π	0	50	-	-	Λ
DAN (cm)	30	100	-	-	Γ	25	30	40	55	Π	0	40	-	-	Λ

Las medidas de ángulos, como la cabeza (H), el tronco (T) y los brazos (LA, RA), junto con métricas de distancia como entre los brazos (DAR) y las rodillas (DK), facilitan la categorización al representar las posiciones de las articulaciones y las relaciones espaciales, respectivamente.



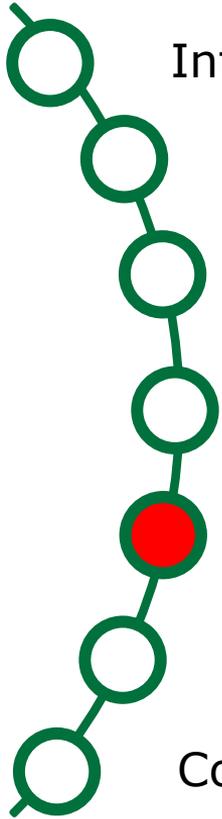
4.2. Entrenamiento de MANFIS (Anfis of Mamdani)

Tabla 2. El conjunto de datos de entrenamiento utilizado en este estudio para la posición correcta del fuego obtenido por el sensor Kinect 2 y el instructor.

#	0	1	2	3	4	...	6	...	299	300
H (°)	167	116	159	151	122	...	174	...	141	114
T (°)	160	106	168	154	149	...	173	...	140	119
LA (°)	43	16	99	42	47	...	104	...	120	142
RA (°)	72	27	48	39	36	...	101	...	54	33
LK (°)	166	119	169	146	150	...	156	...	146	112
RK (°)	157	111	151	132	135	...	154	...	137	112
DAR (cm)	9	66	5	30	32	...	22	...	21	126
DK (cm)	49	81	44	54	78	...	20	...	77	100
DAN (cm)	28	107	37	45	29	...	31	...	26	141
Percentage	71	27	75	73	51	...	96	...	55	21

Esta tabla detalla cada agente biomecánico en unidades (como en la sección 4.1) y sus porcentajes de posición correcta (véase la Fig. 3). El modelo entrenado resultante predice con exactitud la calidad de la postura de tiro con pistola, lo que facilita el control postural, la orientación virtual del ejercicio y la corrección de la postura, promoviendo así la salud y mitigando los riesgos de lesiones.





- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro

5. Ejecución de la práctica

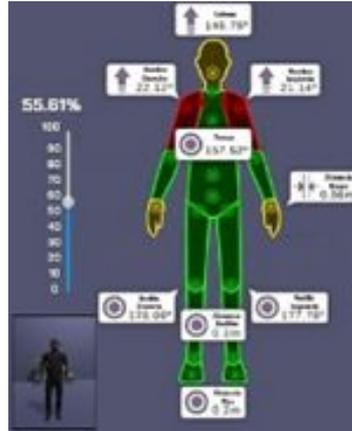
- El simulador muestra un entorno virtual en 3D que ilustra la posición correcta de un personaje.
- Para mejorar los resultados del entrenamiento, los profesionales deben identificar y corregir los errores de posición.
- El sistema evalúa en tiempo real los datos biométricos del usuario.
- Se asigna una puntuación de 0 a 100 en función de las distancias y los ángulos de los agentes biomecánicos.
- Una puntuación superior a 70 indica una posición óptima.
- Esta posición óptima influye directamente en la precisión del tiro.



5. Ejecución de la práctica



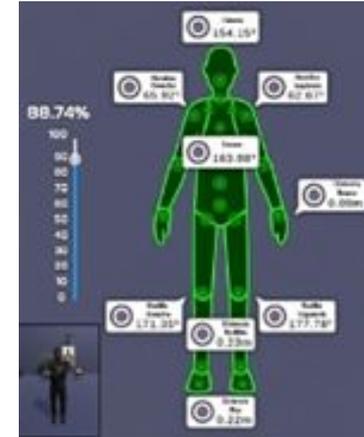
a)
Posicionamiento
Inicial



b)
Representación
inicial

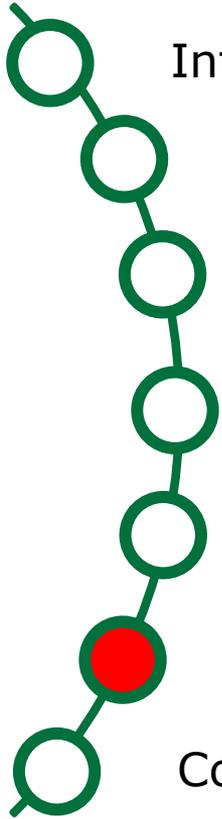


c)
Posición de
disparo



d)
Calificación
final





- Introducción
- Diseño del sistema
- Esquema funcional del simulador de posición
- Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)
- Ejecución de la práctica
- Casos de simulación y resultados
- Conclusiones y trabajo futuro

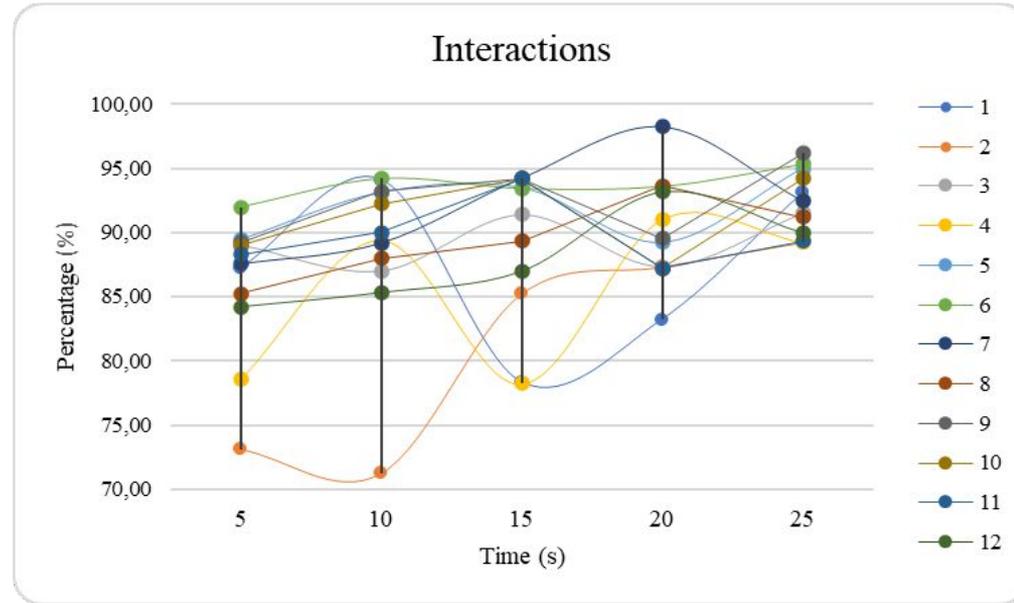
6. Casos de simulación y resultados

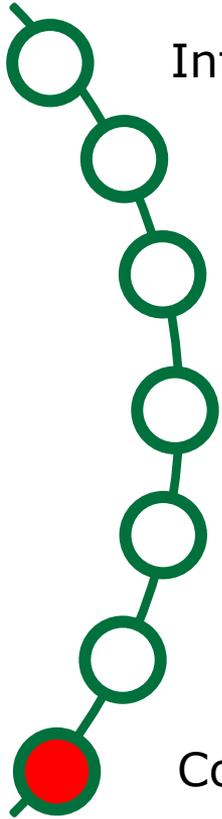
- Los resultados proceden de 12 casos de simulación realizados por agentes de seguridad en prácticas utilizando el simulador del campo de tiro.
- Los participantes proceden de la CIA Taurhus. LTDA de formación en seguridad, con edades comprendidas entre los 18 y los 48 años.
- El objetivo es evaluar la importancia de una postura de tiro adecuada.
- Las puntuaciones superiores al 70% se consideran buenas, mientras que las puntuaciones superiores al 90% indican una postura de tiro correcta.



6. Casos de simulación y resultados

- Los participantes suelen obtener puntuaciones superiores al 70
- Las trayectorias se perfeccionan a lo largo de 5 interacciones en un lapso de 25 segundos
- La participación constante en el sistema mejora el rendimiento
- El sistema proporciona información en tiempo real para ajustar la puntuación al instante





Introducción

Diseño del sistema

Esquema funcional del simulador de posición

Sistema de Inferencia Neuro-Fuzzy Adaptativo de Mamdani (Manfis)

Ejecución de la práctica

Casos de simulación y resultados

Conclusiones y trabajo futuro

7. Conclusiones

El simulador de posición es una herramienta fundamental para el entrenamiento de tiro, ya que combina una visualización 3D envolvente con siluetas 2D esclarecedoras. Con el apoyo de 300 registros posturales, ofrece evaluaciones fiables e índices de eficacia que rivalizan con los de los tiradores experimentados. Su respuesta en tiempo real permite correcciones rápidas. Alineado con el entrenamiento tradicional y beneficioso para los tiradores noveles, el simulador tiene el potencial de transformar los métodos de entrenamiento de tiro.



7. Trabajo futuro

Las investigaciones futuras ampliarán el estudio de las posturas de tiro para abarcar la biomecánica de todo el cuerpo y diferentes armas. Los planes incluyen la creación de programas de entrenamiento virtual que evalúen la reacción y precisión del tirador, y que culminen en un informe de aptitud para validar la eficacia del entrenamiento con simuladores.



¡Gracias por su
tiempo!