



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Carrera de Software

Modalidad Presencial

Tema:

“Valoración inicial del nivel de trastorno que se produce por hombro congelado, mediante el uso del sensor de movimiento, utilizando procesamiento de imágenes bajo software libre”

Autores:

BETANCOURT SERRANO, MADELY NASHELY Y CADENA BENAVIDES, PABLO ANDRÉS

Tutor: ING. MARCILLO PARRA, DIEGO MIGUEL, PhD

SANGOLQUÍ, AGOSTO 2023





Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**
- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**
- **RED DE CATEGORIAS**
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**
- **CONCLUSIONES**





Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**
- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**
- **RED DE CATEGORIAS**
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**
- **CONCLUSIONES**



Problemática

Diagnóstico
tardío y difícil



Afecta aprox. al 2% de
la población



Enfermedad
autolimitante y
molesta





Objetivo General

Valorar inicialmente el nivel de trastorno producido por hombro congelado, mediante el uso de recursos tecnológicos como sensores de movimiento para el análisis de imágenes en tiempo real y el procesamiento de radiografías y artrogramas utilizando técnicas de aprendizaje automático, para determinar la viabilidad de implementación de estos módulos en el área de salud mediante la exactitud de los resultados.

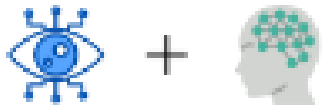


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Objetivos Específicos

Analizar la literatura actual de las soluciones tecnológicas que se están aplicando para ayudar con el diagnóstico.



Diseñar y desarrollar módulos prototipo que utilicen técnicas de inteligencia artificial (red neuronal y visión artificial) para ayudar a la valoración inicial de este trastorno.

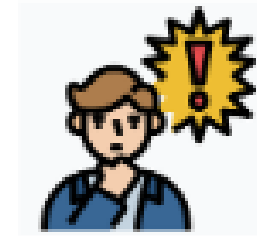
Analizar los resultados de los módulos poniendo a prueba su funcionamiento para determinar su utilidad para los profesionales de la salud.





Hipótesis

Un software de prediagnóstico médico de una enfermedad concreta (en este caso: hombro congelado) puede medir los rangos de movimiento activo de las seis locomociones principales del hombro, además de predecir con precisión aceptable (mayor al 50% de precisión) si un artrograma o radiografía presenta características para considerar que se encuentra frente a un caso de hombro congelado

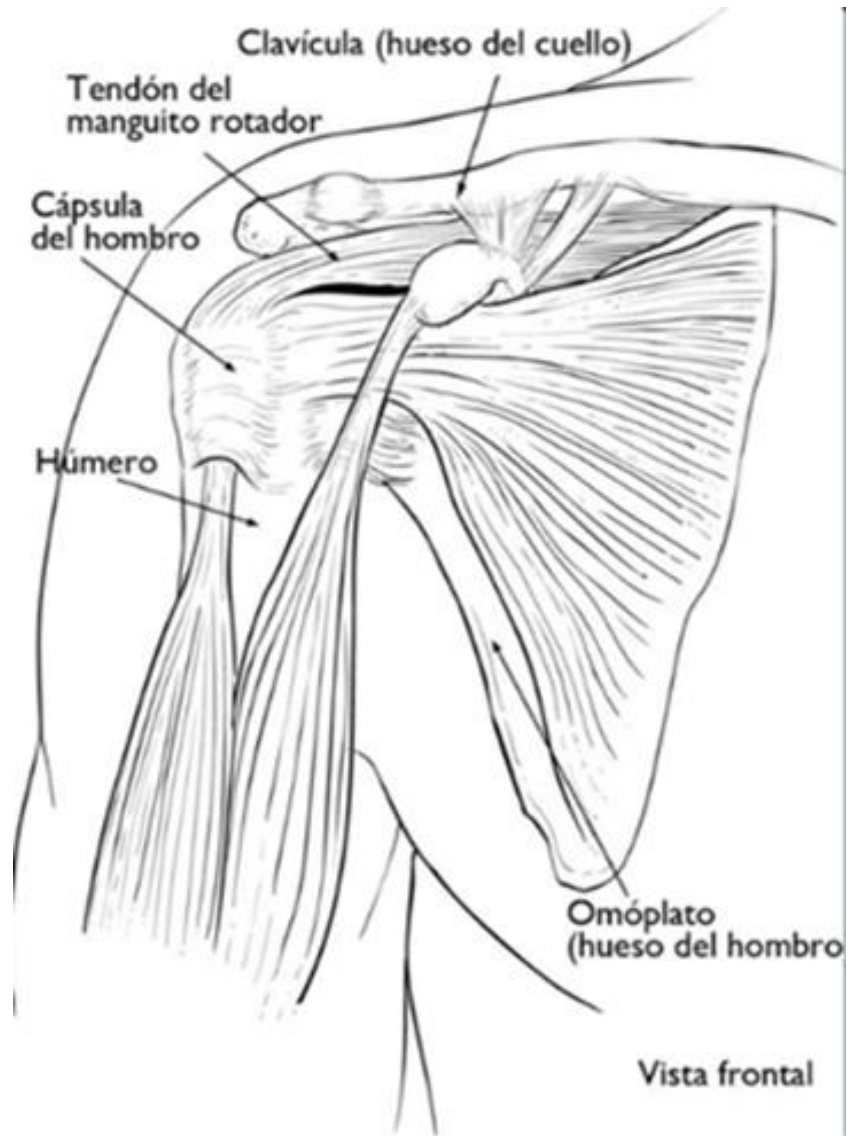




Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**
- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**
- **RED DE CATEGORIAS**
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**
- **CONCLUSIONES**





Hombro Congelado

Anatomía

Movimientos



Flexión y Extensión



Rotación Interna y Externa



Abducción y Aducción

Imágenes médicas



Artrograma



Radiografía



Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**

- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

- **RED DE CATEGORIAS**
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**
- **CONCLUSIONES**



Antecedentes Investigativos



2016 - Estudios de IA en la medicina



Aplicaciones de IA en la radiología



Engrosamiento y acortamiento del ligamento coracohumeral

Task	Side	Angle	Time	Status	Start	End
Abduction	Right	120°	10	Completed	Start	End
Abduction	Left	120°	10	Completed	Start	End
Abduction	Left	120°	10	Completed	Start	End
Abduction	Right	120°	10	Completed	Start	End
Abduction	Left	120°	10	Completed	Start	End

Tele-rehabilitación IA mediante regresión lineal múltiple para el cálculo del ángulo.



Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**
- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

- **RED DE CATEGORIAS**

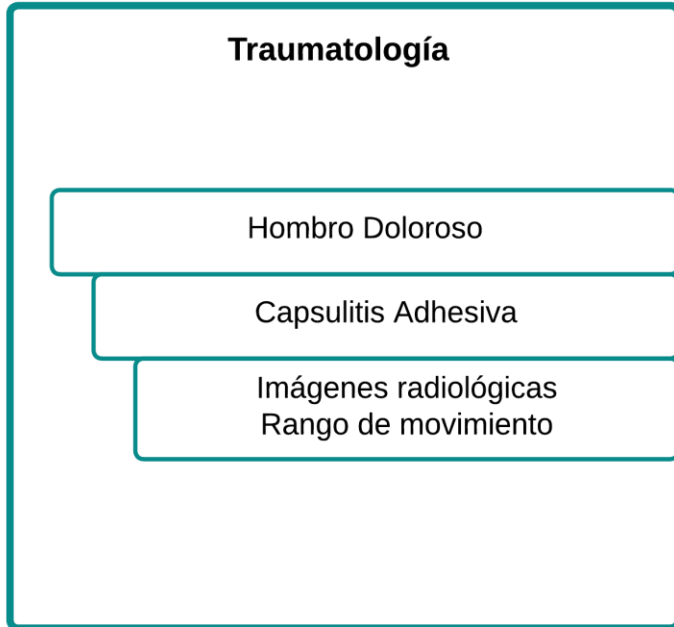
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**
- **CONCLUSIONES**





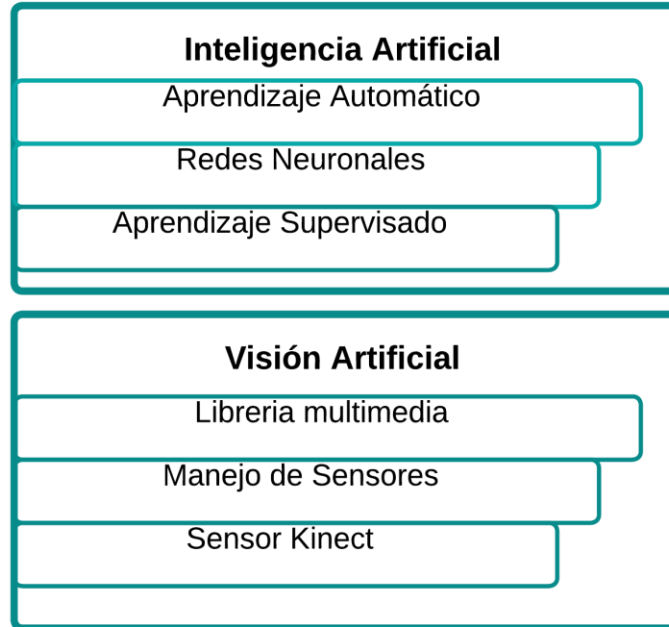
Soporte de investigación

Variable Independiente



Tipos de imágenes radiológicas
Tipos de movimiento del hombro
Límites de ángulos de movimiento

Variables Dependientes



Evaluación porcentual del grado de posibilidad de que se trate de un caso positivo de capsulitis adhesiva



Pantallas visuales

Identificación y seguimiento de movimientos corporales

Recopilación de información visual en tiempo real



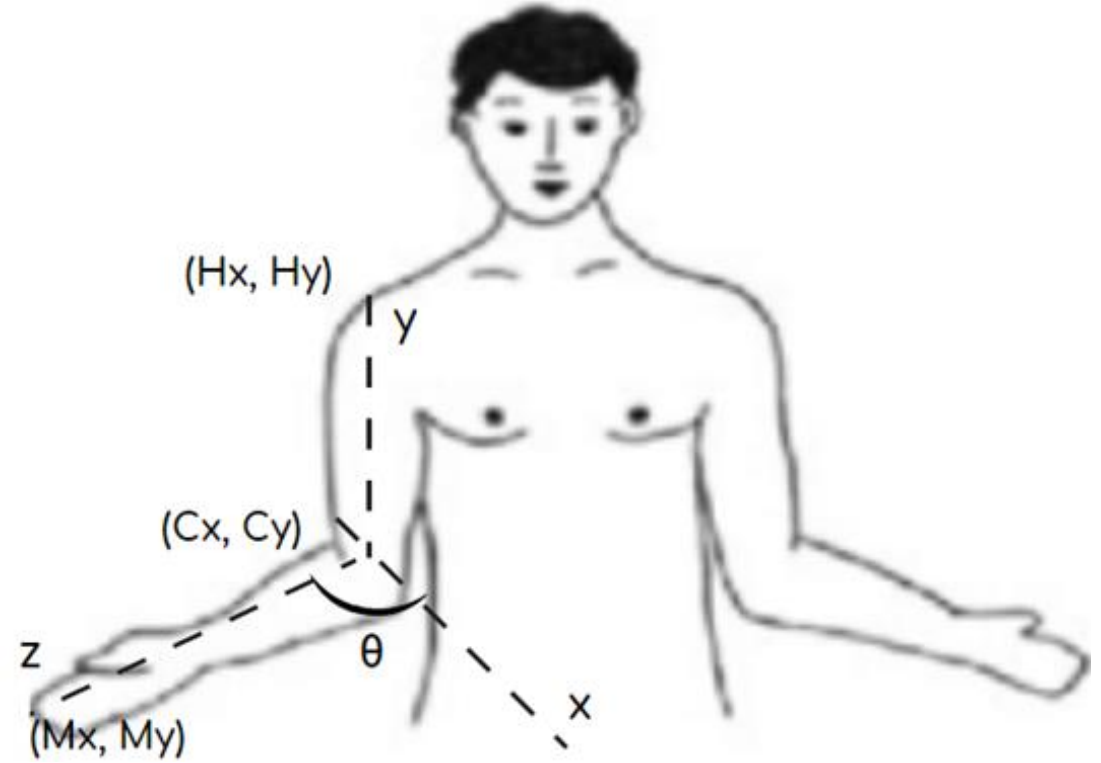
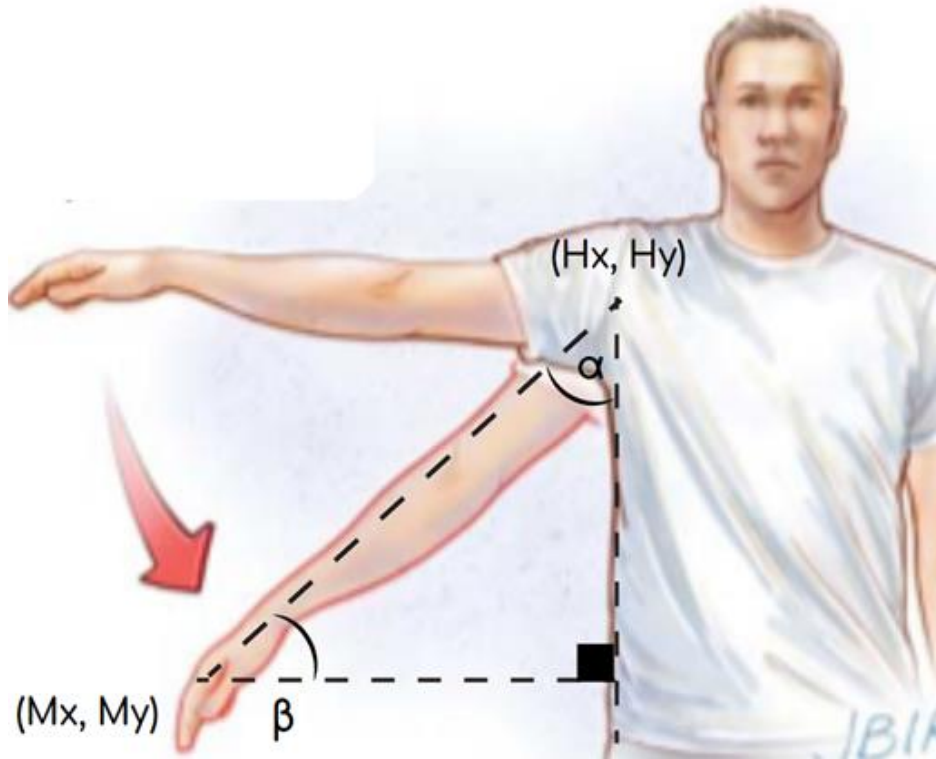


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Módulo de Análisis Físico



Cálculo de ángulos





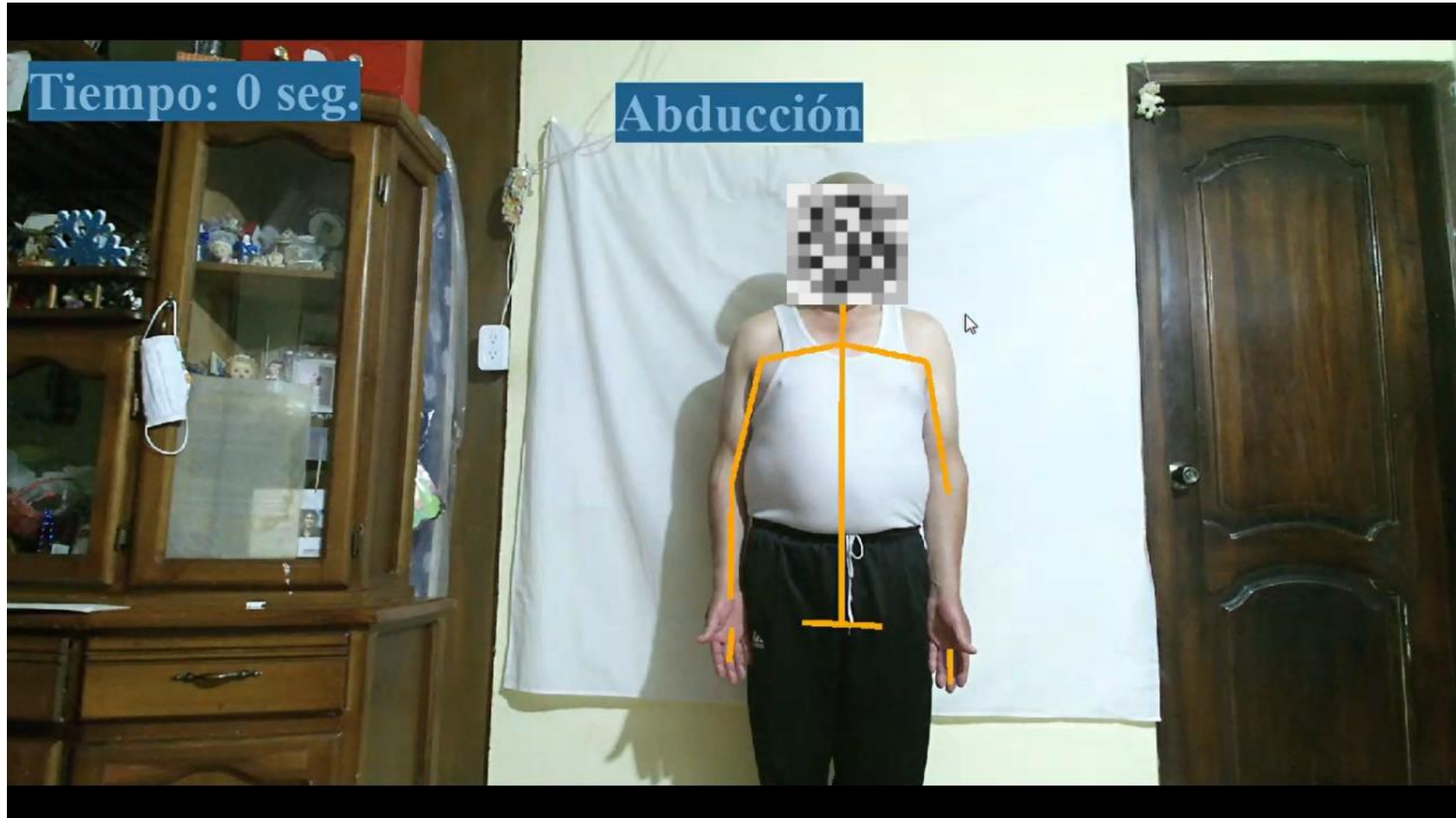
Kinect

USB 3.0

Computador Personal



Funcionamiento





Cálculo de Errores

ÁNGULO DE 90°	ÁNGULO DE 45°	ÁNGULO DE 0°
89.18592455336811	37.0824600438974	8.43791734135483
88.18394408250043	46.63479657773615	7.555119146471286
88.6961661977426	46.77905489364281	7.96054318538074
89.38417132640505	49.80394089360418	7.182253045696977
89.05302284127517	45.99249200963371	7.954120856598915
89.14707573690849	47.1440483414281	7.350851660528927
85.54433355625775	47.46881887541504	9.684680744055592
85.7608292986235	46.973282775504344	10.540059965960344
88.35451851509774	47.02424537180129	9.880328983344375
87.87414520197488	42.934325887039456	10.197625981395463

PRIMERA CATEGORÍA:

Promedio de errores absolutos
 $EA \approx 4.738^\circ$

SEGUNDA CATEGORÍA:

Promedio de errores absolutos
 $EA \approx 6.639^\circ$



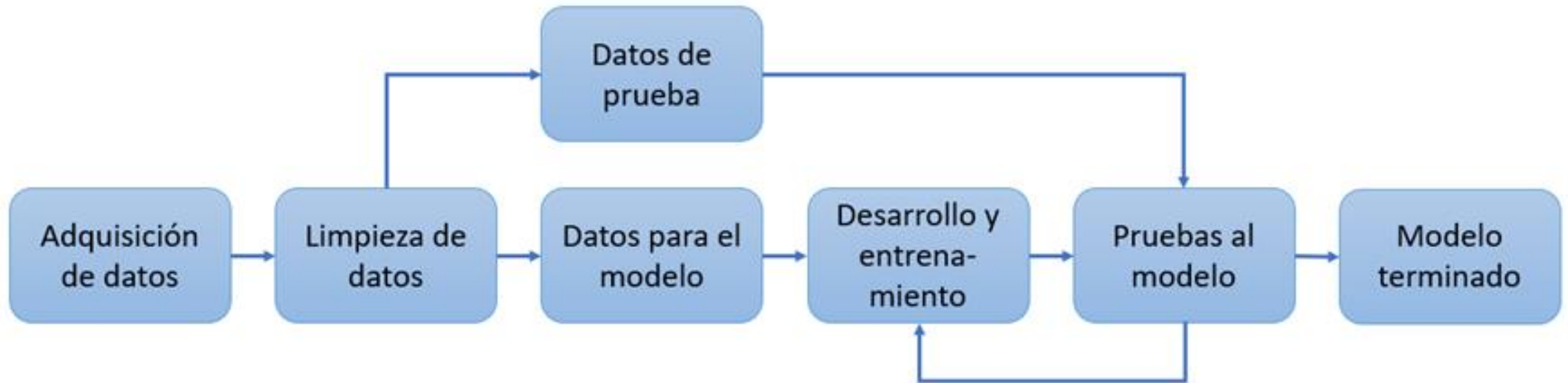


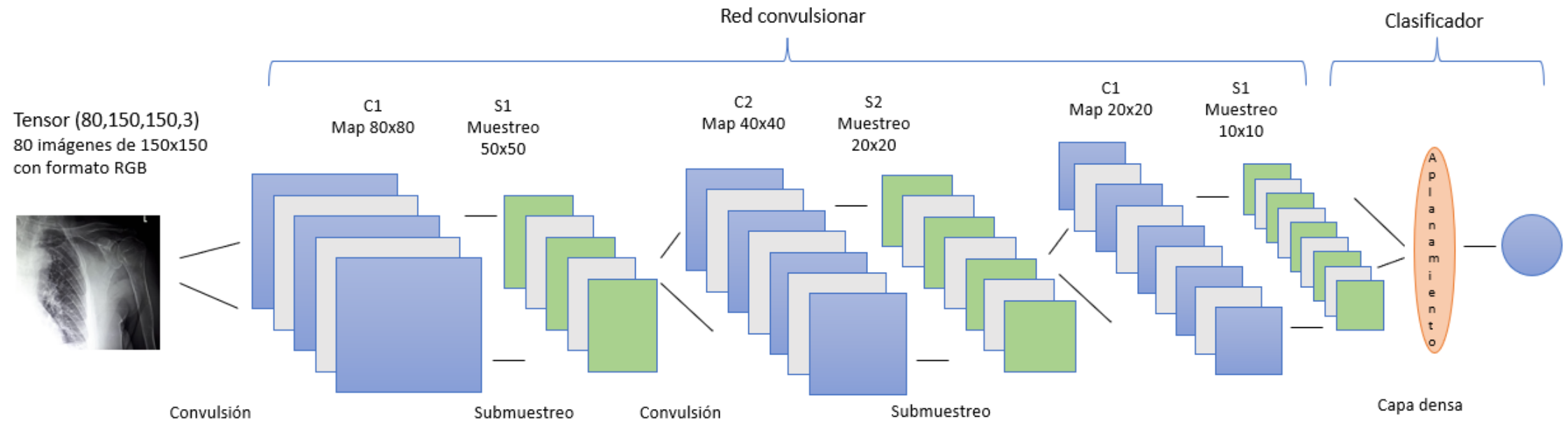
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Módulo de Análisis de Imágenes Radiológicas



Flujo de datos







Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 148, 148, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 74, 74, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 72, 72, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 36, 36, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 34, 34, 64)	36928
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 17, 17, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 18496)	0
dense (Dense)	(None, 128)	2367616
activation (Activation)	(None, 128)	0

Parámetros tomados

Parámetros totales: 2 424 065

Entrenables: 2 424 065

No entrenables: 0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Funcionamiento



Agenda

- **INTRODUCCIÓN**
- **CAPSULITIS ADHESIVA**
- **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**
- **RED DE CATEGORIAS**
- **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS**

- **CONCLUSIONES**



Conclusiones



Se verifica la hipótesis.



Evalua los rangos de movilidad
con un error absoluto
promedio de 5.688^º



Precisión de 83% aun con un
conjuntos de datos de 82 imágenes



Viabile implementación pero no
reemplaza a un diagnóstico



*Gracias por su
atención*



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA