

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**SISTEMA INTELIGENTE CON VISIÓN COMPUTACIONAL PARA
MEJORAR LA POSTURA EN LA FASE DE SALIDA DE LOS ATLETAS
CON DISCAPACIDAD FÍSICA, MENTAL E INTELECTUAL DEL CLUB
OSWEN, CHICLAYO-PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

DENIS JOEL TORRES FARRO

ASESOR

MARÍA YSABEL ARANGURÍ GARCÍA

<https://orcid.org/0000-0001-9220-5801>

Chiclayo, 2021

**SISTEMA INTELIGENTE CON VISIÓN COMPUTACIONAL
PARA MEJORAR LA POSTURA EN LA FASE DE SALIDA DE
LOS ATLETAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA, MENTAL E
INTELECTUAL DEL CLUB OSWEN, CHICLAYO-PERÚ**

PRESENTADA POR:

DENIS JOEL TORRES FARRO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

Huiler Juanito Mera Montengro
PRESIDENTE

Marlon Eugenio Vilchez Rivas
SECRETARIO

María Ysabel Arangurí García
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, por haberme guiado en cada paso que daba en mi vida universitaria, y a la vez por haberme brindado la salud mental y física para poder cumplir mis objetivos.

A mis padres, por haberme brindado su paciencia y dedicación durante mi proceso universitario.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por haberme guiado en el proceso de la vida universitaria, tanto de manera económica y psicológica.

A mi asesor de tesis, Mag. María Ysabel Arangurí García, y a mi asesora metodológica, Ing. Guadalupe Lip Curo por haberme apoyado durante el proceso de elaboración de la presente tesis.

Al señor Walter Alejandro Torres Dávila (presidente del club deportivo Oswen Chiclayo) y la señorita Ingrid Inga Herrera (Entrenadora del IPD Chiclayo), por haber permitido aplicar el sistema inteligente con visión computacional en el club de Oswen en la ciudad de Chiclayo.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	16
4.1. ANTECEDENTES	16
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	16
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	18
4.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS	19
2.2.1. SISTEMA EXPERTO	19
2.2.2. VISIÓN COMPUTACIONAL	23
2.2.3. BIOMECÁNICA	29
2.2.4. OPENCV	31
III. METODOLOGÍA	32
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	32
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	32
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	33
3.3.1. POBLACIÓN	33
3.3.2. MUESTRA	33
3.3.3. MUESTREO	33
3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN	33
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.5.1. VARIABLES	33
3.5.2. INDICADORES (OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES)	34
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.7. PROCEDIMIENTOS	35
3.7.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	35
3.7.2. ANÁLISIS DE RIESGOS	36

3.7.3.	PRODUCTO ACREDITABLE	36
3.7.4.	MANUAL DE USUARIO	37
3.8.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
3.9.	MATRIZ DE CONSISTENCIA	38
3.10.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	39
IV.	RESULTADOS	39
4.1.	EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA	39
4.1.1.	ITERACIÓN BUCHANAN #1: IDENTIFICACIÓN	39
4.1.2.	ITERACIÓN BUCHANAN #2: CONCEPTUALIZACIÓN.....	39
4.1.3.	ITERACIÓN BUCHANAN #3: FORMALIZACIÓN	40
4.1.4.	ITERACIÓN NILSON #1: REPRESENTACIÓN DE LAS IMÁGENES	41
4.1.5.	ITERACIÓN NILSON #2: PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN	44
4.1.6.	ITERACIÓN NILSON #3: ANÁLISIS DE LA IMAGEN	48
4.1.7.	ITERACIÓN RUP #5: DISEÑO	52
4.1.8.	ITERACIÓN RUP #6: PRUEBA.....	55
4.2.	EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	56
4.2.1.	OBJETIVO 1: DISEÑAR UNA BASE DE CONOCIMIENTO BASADA EN LA INFORMACIÓN DE UNO O MÁS EXPERTOS EN PREPARACIÓN FÍSICA DE ATLETAS DEL CLUB OSWEN, CHICLAYO – PERÚ	56
4.2.2.	OBJETIVO 2: DETERMINAR LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA INTELIGENTE CON VISIÓN COMPUTACIONAL BASADO EN VARIABLES, HECHOS Y REGLAS PARA LA DETECCIÓN DE ERRORES EN LAS POSTURAS DEPORTIVAS.	56
4.2.3.	OBJETIVO 3: DESARROLLAR LOS MÓDULOS DEL SISTEMA INTELIGENTE CON VISIÓN COMPUTACIONAL CONSIDERANDO LA ARQUITECTURA PROPUESTA.	56
4.2.4.	OBJETIVO 4: VALIDAR EL SISTEMA INTELIGENTE CON VISIÓN COMPUTACIONAL A TRAVÉS DE JUICIOS EXPERTOS.....	56
4.3.	IMPACTOS ESPERADOS	58
4.3.1.	IMPACTOS ECONÓMICOS.....	58
4.3.2.	IMPACTOS SOCIALES	58
4.3.3.	IMPACTOS EN TECNOLOGÍA.....	58
4.3.4.	IMPACTOS AMBIENTALES	58
4.3.5.	IMPACTOS EN LA FORMACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS	58

V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
VIII. LISTA DE REFERENCIAS	62
IX. ANEXOS.....	65

Lista de Anexos

ANEXO 1 – CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS	65
ANEXO 2 – ANÁLISIS DE RIESGOS.....	66
ANEXO 3 – INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	75
ANEXO 4 – MANUAL DE USUARIO	76

Lista de tablas

TABLA I.....	19
TABLA II	20
TABLA III.....	22
TABLA IV	28
TABLA V	34
TABLA VI.....	35
TABLA VII	38
TABLA VIII.....	39
TABLA IX.....	41
TABLA X	41
TABLA XI.....	60
TABLA XII	66
TABLA XIII.....	66
TABLA XIV.....	67
TABLA XV	68
TABLA XVI.....	68
TABLA XVII.....	69
TABLA XVIII	69
TABLA XIX.....	70
TABLA XX	70
TABLA XXI.....	71
TABLA XXII.....	72
TABLA XXIII	72
TABLA XXIV	73
TABLA XXV	74

Lista de figuras

FIG. 1. COMPONENTES DE UNA REGLA	21
FIG. 2. MODELO SUSTRACTIVO CIAN, MAGENTA Y AMARILLO	25
FIG. 3. EL ESPACIO DE COLOR YIQ	26
FIG. 4. UNA IMAGEN DE COLOR Y SUS COMPONENTES YIQ	26
FIG. 5. GRADUACIONES DE SATURACIÓN EN EL MODELO HSL	26
FIG. 6. BICONO DEL MODELO HSL	27
FIG. 7. CONO DE COLORES DEL ESPACIO HSV	27
FIG. 8. GRADUACIÓN DE SATURACIÓN HSV	27
FIG. 9. FUNCIONES DE PUNTO Y VECINDAD	28
<i>FIG. 10. CONFIGURACIÓN DE MARCADORES EN EL ESTUDIO DEL CAMINAR</i>	<i>30</i>
FIG. 11. CORRIENDO UN EJEMPLO DE OPENCV	31
<i>FIG. 12. ENTREVISTA REALIZADA AL ENTRENADOR</i>	<i>40</i>
FIG. 13. ARQUITECTURA DEL MOTOR DE INFERENCIA	40
FIG. 14. PISTA DE ATLETISMO DEL IPD CHICLAYO	42
FIG. 15. MARCADORES RECIBIENDO ILUMINACIÓN DIRECTA	42
FIG. 16. MARCADORES RECIBIENDO ILUMINACIÓN INDIRECTA	43
FIG. 17. ILUMINACIÓN ADECUADA PARA CAPTURAR SECUENCIAS DE ALTA CALIDAD	43
FIG. 18. CONJUNTO DEPORTIVO DE COLOR NEGRO	43
FIG. 19. MARCADORES ROJOS	44
FIG. 20. FUNCIÓN RESIZE CON INTERPOLACIÓN BICÚBICA	45
FIG. 21. IMAGEN ORIGINAL	45
FIG. 22. FUNCIÓN GAUSSIANBLUR	45
<i>FIG. 23. IMAGEN CON FILTRO GAUSSIANBLUR APLICADO</i>	<i>46</i>
FIG. 24. IMAGEN CON MODELO DE COLOR HSV	46
FIG. 25. VARIABLES DE LA FUNCIÓN BITWISE Y SUS RESULTADOS	47
FIG. 26. FILTRADO DE PÍXELES POR COLOR ROJO	47
FIG. 27. PÍXELES ROJOS FILTRADOS	47
FIG. 28. PÍXELES DILATADOS POR LA FUNCIÓN DILATE	48
FIG. 29. PUNTOS DE INTERÉS DETECTADOS Y RESALTADOS EN EL ATLETA	48
FIG. 30. PUNTOS DE INTERÉS CONECTADOS MEDIANTE LÍNEAS	49
FIG. 31. FUNCIÓN PUTTEXT UTILIZADA PARA ESCRIBIR EN LA IMAGEN	49
FIG. 32. ORDEN DE CADA CÍRCULO ENCONTRADO	49
FIG. 33. CÍRCULOS ORDENADOS EN BASE AL EJE Y	50

FIG. 34. CÍRCULOS ORDENADOS EN BASE AL EJE X	50
FIG. 35. TRIANGULO CON ÁNGULOS INTERNOS	51
FIG. 36. ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DE LA FASE DE SALIDA	51
FIG. 37. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE DISEÑO	52
FIG. 38. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE CASO DE USO	52
FIG. 39. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE CASO DE USO	52
FIG. 40. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE CASO DE USO DE DISEÑO	52
FIG. 41. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE SECUENCIA	53
FIG. 42. DISEÑO DE BASE DE DATOS	53
FIG. 43. ARQUITECTURA DE SISTEMA DE VISIÓN COMPUTACIONAL	53
FIG. 44. DISEÑO DE INTERFAZ 1	54
FIG. 45. DISEÑO DE INTERFAZ 2	54
FIG. 46. ANÁLISIS BIOMECÁNICO CON INTERFERENCIA	55
FIG. 47. ANÁLISIS BIOMECÁNICO SIN INTERFERENCIA	55
FIG. 48. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO	65
FIG. 49. ENTREVISTA REALIZADA AL EXPERTO	75
FIG. 50. APLICACIÓN PORTABLE CLSBIOMECHANIC	76
FIG. 51. OPCIÓN CARGAR VIDEO DEL MENÚ FILE	77
FIG. 52. CARGANDO VIDEO A ANALIZAR	77
FIG. 53. INICIO DEL ANÁLISIS	78
FIG. 54. CONTROL DE VELOCIDAD	78
FIG. 55. CONTROL DE VELOCIDAD	79
FIG. 56. PAUSAR VIDEO	79
FIG. 57. CONTROL DE VELOCIDAD	80
FIG. 58. CONFIRMAR GUARDADO DE ANÁLISIS	80
FIG. 59. GUARDADO DEL ANÁLISIS	81
FIG. 60. VISUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS GUARDADO	81

RESUMEN

En la presente tesis se plantea el problema de ¿Cómo se puede mejorar la postura en la fase salida de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual del club Oswen, Chiclayo - Perú?, teniendo como objetivo principal mejorar la postura en la fase de salida de los atletas con habilidades especiales y dificultades motoras del club Oswen, Chiclayo – Perú y como objetivos específicos: “Diseñar una base de conocimiento basada en la información de uno o más expertos en preparación física de atletas especiales del club Oswen, Chiclayo – Perú”, “Determinar la arquitectura del sistema inteligente con visión computacional basado en variables, hechos y reglas para la detección de errores en las técnicas deportivas”, “Desarrollar los módulos del sistema inteligente con visión computacional considerando la arquitectura propuesta” y “Validar el sistema inteligente con visión computacional a través de juicios expertos”.

Como resultado, se obtuvo que la implementación de un sistema inteligente con visión computacional ayudo a mejorar la postura de los atletas con habilidades especiales y dificultades motoras en la fase de salida.

PALABRAS CLAVE: Atleta, biomecánica, discapacidad, inteligencia artificial.

ABSTRACT

In this thesis, the problem arises: How can you improve the posture in the exit phase of athletes with physical, mental and intellectual disabilities of the Oswen club, Chiclayo - Peru?, With the main objective of improving posture in the phase for the departure of athletes with special abilities and motor difficulties of the Oswen club, Chiclayo - Peru and as specific objectives: “Design a knowledge base based on the information of one or more experts in the physical preparation of special athletes of the Oswen club, Chiclayo - Peru ”, " Determine the architecture of the intelligent system with computational vision based on variables, facts and rules for the detection of errors in sports techniques ", " Develop the modules of the intelligent system with computational vision determined the proposed architecture "and" Validate the intelligent system with computational vision through expert judgments ”.

As a result, the implementation of an intelligent system with computational vision helped to improve the position of athletes with special abilities and motor difficulties in the start phase is obtained.

KEYWORDS: Athlete, biomechanics, disability, artificial intelligence

I. INTRODUCCIÓN

Las competencias deportivas tienen una rica historia cultural, encontrándose registros de competencias deportivas en los restos históricos de China, Egipto, Grecia, Roma entre otras, estas competencias eran un tipo de ritual para estas culturas donde los ganadores podían obtener dinero, fama y respeto social. Las competencias deportivas fueron evolucionando con el paso del tiempo, siendo la época del Renacimiento donde el interés por el deporte crece notoriamente y se desarrollan nuevos deportes, así como también se asientan sus reglas. Cuando llegó la revolución industrial, sus desarrollos técnicos y científicos también se aplicaron al deporte; Los implementos deportivos se perfeccionan, los atletas entrenaban con sistemas estructurados para alcanzar su máximo potencial, organizaciones nacionales empezaron a crear reglas estandarizadas que convirtieron los encuentros deportivos esporádicos en ligas sistematizadas donde se registraban los resultados para crear clasificaciones continuadas. La masificación de los medios de comunicación que se dio a inicios del siglo XX ayudó a que el deporte se convirtiera en un fenómeno de masas, permitiendo que algunas personas puedan seguir el deporte como una profesión, creándose así un sector económico a su alrededor [1]. A pesar de los grandes progresos que había tenido el deporte en varios aspectos, los sistemas de educación pública no sabían qué hacer con los niños con necesidades especiales, y no les importaba ofrecerles actividades deportivas, en el año 1946 se establece la fundación Joseph P. Kennedy Jr. la cual tenía en sus inicios como meta el hacer buenas obras, y luego se centraría en como la sociedad se preocupa por las personas con discapacidad intelectual, siendo la primera de su tipo en centrar los esfuerzos en esta población abandonada, en posteriores años se comienzan a reclutar expertos en el campo de personas con discapacidades intelectuales en un esfuerzo por lograr un progreso más rápido en la ayuda que brindaban, se fundan instituciones especializadas en el estudio de personas con discapacidades intelectuales, en 1962 se publica un informe que tiene como objetivo el proporcionar una guía para el desarrollo de programas federales de educación especial; establece objetivos, directrices y parámetros para la investigación ampliada .

En esta época también se crea Camp Shriver, apoyándose de consejeros reclutados de secundarias y universidades. El 20 de julio de 1968 se celebran los primeros juegos internacionales de verano de olimpiadas especiales en Chicago. A pesar de los grandes progresos que ha tenido la inclusión de personas con discapacidades

intelectuales, no todas las instalaciones deportivas cuentan con personas capacitadas darles un entrenamiento adecuado [2]. Más aun cuando la retroalimentación que se da entre los atletas y los entrenadores se ve afectada en gran medida, esto se debe a que en los entrenamientos hay pequeños detalles que no pueden ser observados a simple vista, esto limitaba la capacidad del entrenador para establecer cuáles son las variables que determinan un mejor rendimiento, así como también la capacidad para poder prevenir y tratar lesiones [3].

En el Perú la inclusión de personas con habilidades especiales aún tiene mucho por mejorar, nuestro país solo cuenta con una federación deportiva de personas con discapacidad, en los colegios especiales no se cuenta con profesores de educación física, no hay muy pocos entrenadores que creen que puedan dedicarse al deporte adaptado y las únicas personas capacitadas para entrenar a atletas con habilidades especiales se encuentran centralizadas, dificultando a los atletas el llegar a los centros de entrenamiento [4].

Los atletas con habilidades especiales del Club Oswen, Chiclayo - Perú como muchos otros atletas de diferentes sedes del Perú tienen dificultades para mejorar su rendimiento, debido a las siguientes causas:

No se cuenta con entrenadores capacitados en entrenar a personas con habilidades especiales a tiempo completo, ocasionando que sean entrenados por personas que no están capacitados, los cuales en repetidos casos los dejan de lado y se rinden con ellos.

Las técnicas deportivas que su entrenador les asigna no son las correctas o no están debidamente implementadas, una técnica defectuosa impide al atleta con habilidades especiales usar sus capacidades máximas, impidiendo la mejora de su desempeño.

El grado de dificultad para descubrir las posibles fallas existentes en la ejecución de la técnica es alto, afectando en gran medida las mejoras del desempeño atlético que se podrían lograr a través de la corrección y/o adaptación de la técnica. Esto es debido a que las descripciones subjetivas que el entrenador realiza de los entrenamientos no pueden ser rechazadas o confirmadas debido a que los datos cualitativos no están sustentados con datos cuantitativos. Así como también no se tiene una descripción

de los movimientos del cuerpo o sus partes en términos numéricos debido a que no se realizan análisis cuantitativos [5].

No se puede realizar un seguimiento de los entrenamientos, la determinación de factores claves en la mejora de rendimiento, ni la creación de modelos biomecánicos de los atletas con habilidades especiales que permitan realizar predicciones sobre el comportamiento, resistencia, fatiga, etc. de diferentes partes del cuerpo, cuando estas están sometido a condiciones determinadas. Debido a que no se realiza un registro de datos cuantitativos y cualitativos de los entrenamientos de los atletas con habilidades especiales aplicando principios y técnicas biomecánicas, lo que ocasiona la falta de una base de datos detallada y precisa con información de los entrenamientos, para un posterior análisis [6].

Los problemas mencionados anteriormente dan como resultado que el entrenador de los atletas con habilidades especiales no pueda hacer una retroalimentación adecuada al entrenamiento de los atletas con habilidades especiales y así mejorar notoriamente su desempeño.

II. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Para Guerrero, el problema implica en hacer análisis biomecánicos precisos a bajo costo, mediante la metodología de visión computacional de Nils Nilsson, por lo cual se le organizo con un desarrollo de un sistema que permite realizar análisis biomecánicos precisos a costos accesibles. El valor agregado de esta investigación es que la visión computacional permite usar hardware menos especializado para realizar análisis biomecánicos sin afectar la calidad de los análisis. Finalmente, el autor concluyo que mediante la visión computacional se pueden desarrollar un sistema que realiza análisis biomecánicos precisos a bajo costo. La razón por la que se consideró esta tesis es porque es un claro antecedente de cómo desarrollar un sistema de análisis biomecánico, el cual servirá de guía en mi investigación [7]

Aimacaña y Montero, en su investigación sobre la carencia de especialistas que ayuden en la rehabilitación de pacientes con fracturas en la mano, realizada con el método perfetti o ejercicio terapéutico cognoscitivo (ETC) la visión computacional y la mecatrónica, desarrollaron un equipo de neurorehabilitación el cual ayudará a los pacientes con deficiencias motrices en las manos. El valor agregado es que, mediante el uso de la visión computacional y la mecatrónica se pueden realizar rehabilitaciones con el método perfetti sin la necesidad de un especialista. Finalmente, los autores concluyeron que el resultado de trabajo del prototipo de neurorehabilitación es el adecuado. La razón por la que se consideró esta tesis es por la investigación realizada sobre el seguimiento de objetos de colores mediante la visión computacional [8].

Según Ortiz, para poder validar empíricamente los conocimientos adquiridos sobre el uso de la tecnología 3D en la salida de velocidad, se tuvo que aplicar el modelo de grabación de cuerpo completo, obteniendo datos claros y significativos para poder validar los conocimientos adquiridos. El valor agregado de esta investigación son los datos precisos

de la fase de salida de atletas. Finalmente, el autor concluyo que ciertos factores tienen una mayor influencia en la velocidad con la que sale el atleta. La razón por la que se consideró esta tesis es por el análisis biomecánico realizado a atletas de velocidad en la fase de salida [9].

2.1.2. Antecedentes nacionales

Castillo, nos narra sobre la necesidad de desarrollar e implementar un sistema de visión artificial para automatizar procesos emulando las percepciones humanas, es por ello que en la presente investigación se decidió aplicar el uso de la visión computacional y redes neuronales logrando desarrollar e implementar un sistema que realiza de manera efectiva el reconocimiento de formas y patrones. Llegando a concluir, que el autor acepta a ambas hipótesis específicas para el desarrollo del sistema de visión computacional. La razón por la que se consideró esta tesis es por la investigación realizada sobre el filtrado de imágenes, investigación necesaria para el desarrollo de mí tesis [10]

Pezo, nos plasma en su investigación sobre la necesidad de determinar con veracidad el flujo de congestión vehicular mediante el uso de sistemas de visión artificial. En la cual el autor llega a concluir que se logró obtener resultados óptimos para demostrar la hipótesis usando el sistema de visión computacional [11].

Gutiérrez, describió en su trabajo de investigación sobre la influencia negativa que tienen los factores externos en la fiabilidad de la detección de vehículos mediante visión computacional, mediante el contexto de iluminación variada, haciendo uso de las redes neuronales convulsionales, logrando obtener buenos porcentajes de clasificación de vehículos. Finalmente, el autor concluyó que con las redes neuronales convulsionales se obtienen mejores resultados que con la técnica tradicional como es Adaboost en cascada con características de Haar. La razón por la que se consideró esta tesis es por la investigación realizada sobre la influencia externa en los sistemas de visión computacional [12].

2.1.3. Antecedentes locales

Polo, nos narra sobre la dificultad que tienen los pacientes con síndrome de Guillain Barré para poder comunicarse. En dicha investigación se aplicó como metodología a la visión computacional propuesta por Kong y Nilson, logrando desarrollar un sistema de visión computacional que facilita la comunicación de pacientes con síndrome de Guillain Barré. Finalmente, el autor concluyó en que se mejoró en un 75% la comunicación del paciente con respecto al tiempo anterior a la implementación del sistema de visión computacional. La razón por la cual se consideró esta tesis es porque la metodología usada por el autor de esta tesis es la misma que la aplicada a la investigación realizada [13].

Campos y Mundaca, abordaron la problemática sobre la necesidad de encontrar un método de visión computacional que permita la detección del melanoma humano de forma más efectiva. Mediante la identificación de las características para detectar el melanoma humano y el análisis de distintas técnicas de visión computacional, se logró determinar el porcentaje de fiabilidad de cada una de éstas. Finalmente, el autor concluyó que las técnicas que brindan mayor efectividad son: conversión a escala de grises junto a la extracción de características usando GLCM. La razón por la que se consideró esta tesis es por la investigación realizada para mejorar la efectividad del sistema con visión computacional [14].

4.2. Bases teórico-científicas

2.2.1. Sistema experto

a. Definición

“Un sistema experto también conocido como sistema basado en conocimientos, captura y utiliza el conocimiento de un experto para solucionar un problema específico en una organización” [15]. El cuál beneficia a las personas no expertas en un tema determinado.

b. Componentes

El sistema experto cuenta con tres componentes, como es la base de conocimientos, el motor de inferencia que conecte al usuario con el sistema, e interfaz de usuario.

c. Características

Posee cinco características importantes, siendo la primera un amplio conocimiento específico del área de especialización, la segunda característica que aplica las técnicas de búsqueda, la tercera el soporte para análisis heurístico, la cuarta a las habilidades para inferir nuevos conocimientos ya existentes, la quinta característica a la capacidad de procesar símbolos y como última la capacidad para explicar su propio razonamiento.

d. Ventajas

TABLA I
VENTAJAS DEL SISTEMA EXPERTO

<i>Características</i>	<i>Definición</i>
<i>Permanencia</i>	El sistema experto no pierde facultades con el paso del tiempo, como lo haría un experto humano.
<i>Duplicación</i>	Una vez programado un sistema experto se le puede duplicar las veces deseadas.
<i>Rapidez</i>	Un sistema experto permite realizar operaciones y obtener resultados de forma rápida.

<i>Bajo Costo</i>	Aunque el costo inicial de programar un sistema experto es elevado, el costo de duplicarlo es bajo.
<i>Entornos peligrosos</i>	Un sistema experto puede realizar labores en entornos que son peligrosos para el ser humano.
<i>Fiabilidad</i>	Los resultados que se obtienen en un sistema experto no se ven afectados por condiciones que sí afectan al ser humano.

e. Limitaciones

Las limitaciones se muestran en el siguiente recuadro:

TABLA II
INDICADORES DEL SISTEMA EXPERTO

<i>Limitaciones</i>	<i>Definición</i>
<i>Sentido común</i>	Un sistema experto no posee sentido común.
<i>Lenguaje natural</i>	Un sistema experto no puede mantener una conversación informal.
<i>Capacidad de aprendizaje</i>	Un ser humano puede aprender con relativa facilidad de los errores que este u otro cometan, que un sistema experto haga esto es muy complicado.
<i>Perspectiva global</i>	Un sistema experto no es capaz de separar las cuestiones secundarias de las cuestiones relevantes.
<i>Capacidad sensorial</i>	Un sistema experto no posee sentidos propios.
<i>Flexibilidad</i>	Un sistema experto carece de la flexibilidad que poseen los humanos en cuanto a la aceptación de datos para la resolución de problemas.
<i>Conocimiento no estructurado</i>	Un sistema experto carece de la capacidad de manejar conocimiento poco estructurado.

f. **Tipos de sistemas expertos:** Se puede clasificar desde muchos puntos de vistas, como pueden ser:

- ✓ Por la **forma de almacenar conocimiento**, en este punto se tiene a dos tipos de sistemas:

Los sistemas basados en reglas, los cuales trabajan mediante la aplicación de reglas previamente establecidas, comparando resultados y aplicando nuevas reglas basadas en situaciones modificadas [15].

Donde dichos sistemas basados en reglas almacenan su conocimiento en forma de hechos y reglas, dando posibilidad de encadenar reglas a través de su motor de inferencia, el cual nos permite realizar operaciones más complejas, teniendo como resultado explicaciones sencillas.

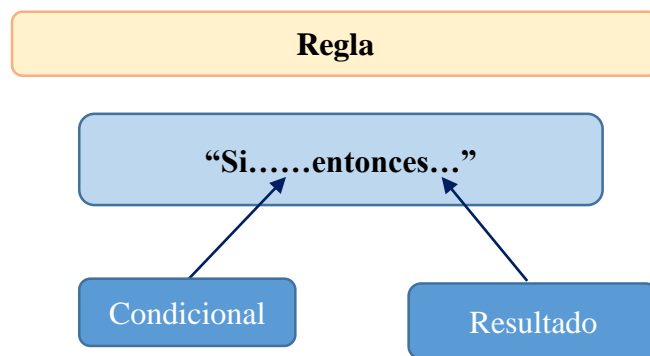


Fig. 1. Componentes de una regla [Elaboración Propia]

Y los sistemas basados en probabilidad, están conformados por hechos dependencias probabilísticas en base de su conocimiento, donde su motor de inferencia opera mediante la evaluación de probabilidades condicionales, siendo este más rápido que el motor de inferencia de los sistemas basados en reglas [15]

- ✓ Por la **naturaleza de la tarea a realizar**, se puede generar tres posibilidades, las cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

TABLA III
NATURALEZA DE LAS TAREAS

Por diagnostico o clasificación	Se trata de clasificar o diagnosticar las soluciones que se conocen en función de una serie de datos.
Por monitorización	Se busca posibles fallos mediante el análisis del comportamiento, se debe monitorear la evolución del sistema pues no siempre los mismos datos dan lugar a resultados idénticos.
Por diseño	Se busca la construcción de la solución a un problema, que en principio es desconocida, a partir de datos y restricciones a satisfacer [15].

g. Metodología de desarrollo, para el desarrollo de la base de conocimiento se hizo uso de las dos primeras etapas de la metodología Buchanan:

Donde etapa de identificación, es la etapa I, en la cual se identifican a los participantes, roles, fuentes de conocimientos y recursos del entorno.

La etapa de conceptualización, es la etapa II, en donde los conocimientos brindados por el experto, se procede a analizar los conceptos que este nos dé.

Y la etapa de formalización, es la etapa III, en la cual se utilizan los conceptos obtenidos de los conocimientos para definir la arquitectura del sistema, la base de conocimiento y las reglas a usar en el sistema experto.

2.2.2. Visión computacional

La visión computacional consiste en la percepción de las propiedades y estructuras de un mundo tridimensional, posiblemente dinámico, a partir de una o más imágenes bidimensionales de ese mundo [16]. En esta área de conocimiento se unen conceptos tales como geometría, sistemas de computación, algoritmia, física de color, etc.

Los conceptos básicos sobre los dispositivos y tecnologías que forman parte de un sistema de visión computacional son los siguiente:

a. Iluminación

La luz es uno de los principales determinantes al momento de capturar imágenes o secuencias con una cámara, ya que esta determinara la calidad de las capturas [16]. Aunque la luz es una variable compleja con numerosas características físicas como polarización, difracción, reflexión, dispersión, interferencia, solo tomaremos en cuenta cuatro propiedades de la luz, las cuales son primordiales para la captura de imágenes o secuencias con una cámara:

✓ La **cantidad** (1° propiedad)

La luz es algo de lo cual dependen las cámaras para capturar imágenes o secuencias, si se carece completamente de esta en algún momento de capturar una imagen o secuencia, solo aparecerá una imagen negra, por el contrario, si se tiene un exceso de esta la imagen lucirá un color blanco [16].

✓ La **calidad** (2° propiedad)

La calidad determina el impacto que tiene un haz luminoso, ya sea uno concentrado o uno difundido [16], donde la luz cuando se encuentra concentrada es fácilmente identificable por una clara definición de sombras. Mientras una la luz difusa es identificable porque es mucho más suave y uniforme, sin embargo, es difícil de identificar el origen direccional de esta.

✓ La **dirección** (3° propiedad)

La dirección es una propiedad que influye directamente sobre la ilusión del volumen [16], donde algunas direcciones de luces son: luz frontal, contraluz, luz lateral, luz central.

✓ El **color** (4° propiedad)

Es el impacto de la luz en la fotografía monocromática puede ser relativo, pero en la fotografía a color es de gran importancia [16]

b. Cámaras

Es una pieza fundamental en el desarrollo del software, ya que estas proporcionan las imágenes o secuencias a procesar [16]. Es por ello que se debe de tomar en cuenta que la cámara que se utilizará debe de tener las siguientes características:

- ✓ Su resolución, para lo cual se debe tener en cuenta el número de píxeles activos que posee cada sensor de la cámara. Se corresponden aproximadamente con el número de puntos de la imagen o secuencia una vez capturada [16]
- ✓ El tamaño del sensor, ya que esta característica afecta directamente al rendimiento de la sensibilidad y calidad de la imagen o secuencia [16].
- ✓ La sensibilidad (ISO), esta característica de la cámara está relacionada con la capacidad de esta para capturar fotos con escasa luz [16].
- ✓ La profundidad de color, es la característica le permite a la cámara el distinguir tonos o colores. Su unidad de medida son los bits [16]
- ✓ El rango dinámico, es el que permite guardar la información de las zonas iluminadas y sombreadas en una imagen. Si el rango dinámico es alto guardara la información de ambas zonas, por el contrario, si es bajo, una de las zonas perderá detalle [16]
- ✓ El enfoque automático (AF), esto permite que al tener un mayor enfoque permite que el proceso de enfocar cualquier elemento en la escena sea más fácil y rápido[16]

- ✓ La velocidad de obturación, es el elemento más importante en el momento de capturar escenas con movimientos muy rápidos [16]

c. Fundamentos de color

Se realiza dentro de la etapa de digitalización, el uso de color puede ser usado en el análisis de las imágenes o secuencia como un potente descriptor, que a menudo ayuda a identificar y extraer objetos de una escena [16].

El modelo color, es un método usado para definir los colores, cada método define los colores desde diferentes colores específicos [16].

En este caso describiremos a cuatro modelos de colores como son:

- ✓ El modelo CMY, suele usarse en impresiones, para definir los colores se basa en los componentes cyan, magenta y yellow. Los valores para estos componentes varían de 0 a 100 y representan porcentajes. Nos muestra la luz en base al color, la luz reflejada y la absorbida [16]

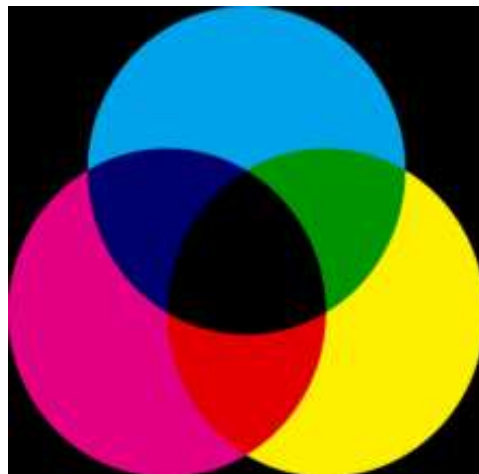


Fig. 2. Modelo sustractivo cian, magenta y amarillo [17]

- ✓ El modelo YIQ, fue diseñada para ser más sensible a los cambios en la reflectancia que a cambios en la matiz o saturación, el componente Y representa la información de luminancia, I y Q representan la crominancia [16].

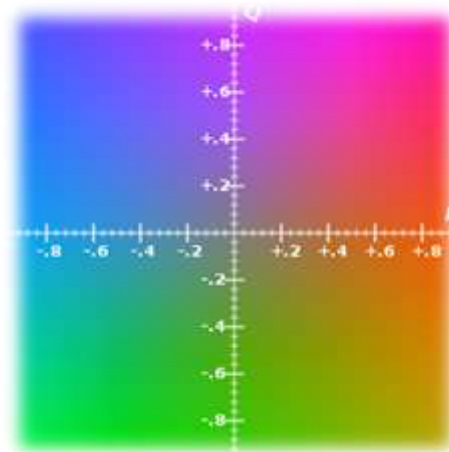


Fig. 3. El espacio de color YIQ [18]



Fig. 4. Una imagen de color y sus componentes YIQ [18]

- ✓ El modelo HSI, es representado gráficamente como un Bicono o un doble hexágono. Sus vértices se corresponden con el blanco y el negro, el Angulo se corresponde con el matiz [16].

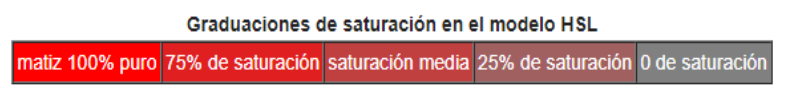


Fig. 5. Graduaciones de saturación en el modelo HSL [19]

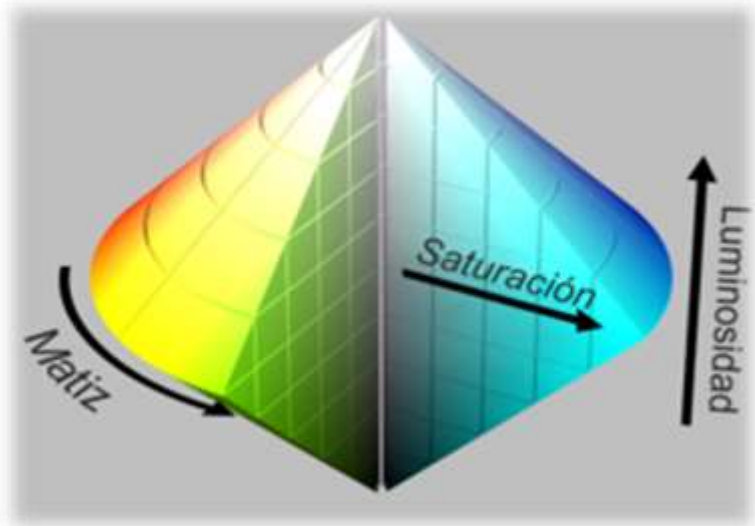


Fig. 6. Bicono del modelo HSL [19]

- ✓ El modelo de color HSV, es representado por un cono invertido, en el cual el matiz representa el color, la saturación representa la pureza del color [16].

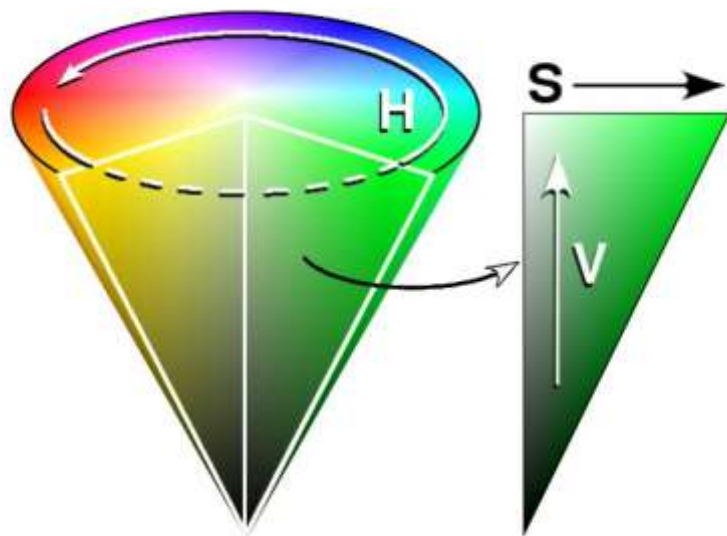


Fig. 7. Cono de colores del espacio HSV [19]

Graduaciones de saturación en el modelo HSV

matiz 100% puro	75% de saturación	saturación media	25% de saturación	0 de saturación
-----------------	-------------------	------------------	-------------------	-----------------

Fig. 8. Graduación de saturación HSV [19]

d. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de visión computacional existe una metodología propuesta por Nils Nilsson en la que se utiliza etapas de un sistema de visión computacional [16].

- ✓ En la etapa de **representación de las imágenes**, se hace uso de las dos fases, como es la fase de la captura y digitalización, en el cual se encuentran todos aquellos métodos que existen para capturar y digitalizar las imágenes.
- ✓ En el **procesamiento de imágenes**, se realiza dos actividades: El procesamiento básico de las imágenes, es la etapa donde se busca procesar las imágenes o secuencias con el objetivo de que la información se pueda extraer de esto. Esta etapa se puede enfocar desde dos perspectivas: Desde la alteración píxel a píxel de los datos de una escala global(individuales) y las operaciones basadas en múltiples puntos(vecindad).

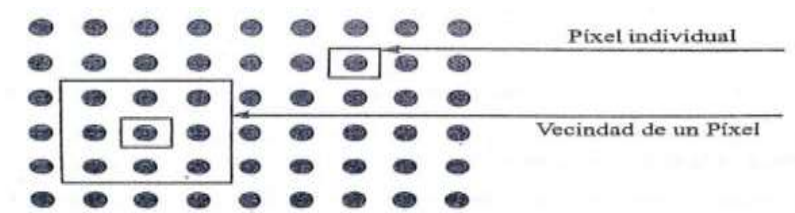


Fig. 9. Funciones de punto y vecindad [16]

La detección de puntos de interés, esquinas y bordes, en estas actividades, los bordes o puntos son píxeles alrededor de los cuales la imagen o secuencia presenta una brusca variación en los niveles gris. Donde para realizar esto, existen diversos operadores.

TABLA IV
OPERADORES SEGÚN NILSSON

Operadores de primera derivada

Gradientes de una imagen.

Operadores de Sobel.

Operador Prewitt.

Operador de Roberts.

Máscaras de Krisch.

Algoritmo de Canny.

Operadores de segunda derivada

Operador Laplaciana.

Operador Laplaciana de la Gaussiana.

Diferencia de Gaussianas.

- ✓ En el **análisis de las imágenes**, se puede definir a dos fases:
En la fase de análisis de movimiento, se comprueba que un objeto dado se este movimiento, mediante la comparación de una serie de imágenes secuenciales y comprobar que existe una diferencia entre la posición u localización del objeto dado [16].
En el cual existe tres métodos para poder estudiarlo, como es: el método de diferencias de análisis del movimiento, el método de seguimiento y la predicción de características mediante una secuencia de imágenes.
Y en la fase de reconocimiento de patrones, nos dice Nilson en su investigación, que un patrón es una entidad a la que se le puede dar un nombre y que está representada por un conjunto de propiedades medidas y las relaciones entre ellas [16].
Además de lo dicho anteriormente, se debe de recordar que un sistema de reconocimiento de patrones tiene como objetivo identificar el patrón como miembro de una clase ya definida (clasificación supervisada) y asignar el patrón a una clase todavía no definida. Y a la misma vez, nos dice Nilson en su libro de investigación, nos menciona que Méndez y Martin Morales narran, que el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones se lleva a cabo a través de tres fases como es de la adquisición y pre-proceso de datos, la extracción de características y la toma de decisiones o agrupamiento [16].

2.2.3. Biomecánica

La biomecánica, es una disciplina científica que se apoya en diversas ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la ingeniería, la mecánica, la fisiología, la anatomía y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas que ocurren cuando este se encuentra expuesto a diversas condiciones [20].

- a. La biomecánica deportiva, tiene como objetivo mejorar el rendimiento en el ámbito deportivo y reducir el nivel de incidencia de las lesiones. Según Bartlett, en su investigación realizada en el año 2008, nos asegura que la biomecánica deportiva logra cubrir tres grandes tópicos

[20], los cuales son representados en las preguntas: ¿Cómo la lesión deportiva puede ser reducida a través de la investigación biomecánica y las intervenciones?, ¿Cómo los biomecánicos deportivos pueden investigar el control y la coordinación de los movimientos deportivos para ayudar a optimizar el rendimiento deportivo? y ¿Cómo los biomecánicos pueden dirigir la retroalimentación de la información pertinente a los mejoramientos del rendimiento o a la reducción del riesgo de la lesión?.

Además de ello, se tiene que algunas investigaciones en donde se aplicó la biomecánica deportiva, con la finalidad de mejorar el rendimiento, lograron mejorar los movimientos deportivos repetitivos, optimizar el movimiento de los deportistas, asumir que el intento de movimiento de un deportista representa el final de su movimiento y que la predominación de un acercamiento determinístico (lineal) ayuda establece a las variables del rendimiento que conllevan a un mejor rendimiento deportivo.

Para finalizar, esta definición, se afirma que una práctica común de un deportista es la representación de la realidad dinámica del comportamiento de un deportista mediante el uso de una o más muestras del intento. Algunos biomecánicos asumen que el rendimiento deportivo está caracterizado por un bajo nivel de variabilidad entre cada ejecución de un determinado movimiento y que la repetición de los movimientos deportivos tiene que ser idéntica. Esta noción conlleva a que se establecieran como criterios para todos los deportistas de una especialidad, valores normativos de variables que servían como claves en el rendimiento del gesto deportivo.



Fig. 10. Configuración de marcadores en el estudio del caminar [20]

2.2.4. Opencv

Opencv, fue iniciada en Intel por Gary Bradsky en 1999, siendo su primer lanzamiento en 2000, Uniendosele Vadim Pisarevsky para al equipo rusa del software OpenCV. En el 2005, OpenCV fue utilizado en Stanley, vehículo el cual gano el DARPA Grand Challenge 2005. Mas tarde el proyecto se continuo bajo el apoyo de Willow Garage con Gary y Vadim Pisarevsky liderando el proyecto. Actualmente OpenCV posee una multitud de algoritmos relacionados con el aprendizaje automático y visión por computadora y se está expandiendo día a día [21]. Además de ello, OpenCV posee una amplia variedad de lenguajes de programación con los cuales es compatible, tales como C++, Python, Java, etc., estando disponible en una variedad de plataformas, incluidas Windows, Linux, Android, iOS y OS X.

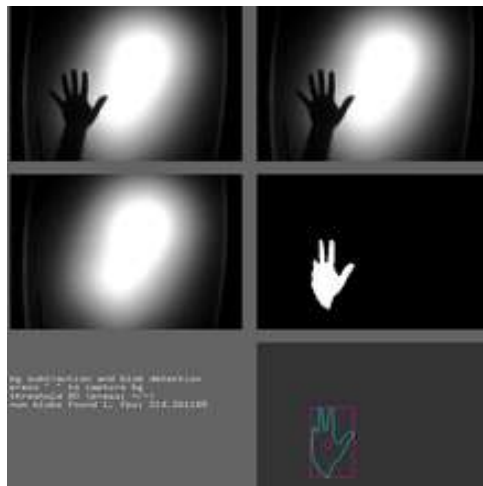


Fig. 11. Corriendo un ejemplo de OpenCV [21]

a. OpenCV-Python

Python es una biblioteca de programación de propósito general iniciado por Guido Van Rossum, que se hizo popular debido a su simplicidad y legibilidad de código, permitiendo al programador expresar ideas en menos líneas de código sin reducir su legibilidad [21].

Realizando una comparación de lenguajes de programación tales como C/C++, Python es más lento. Dicho esto, Python es fácilmente extensible con C/C++, esta facilidad nos permite escribir código computacionalmente intensivo con C/C++, mientras que usamos

Python para crear envoltorios los cuales se pueden usar como módulos. Esto nos permite aprovechar las ventajas de ambos lenguajes; la rapidez del código C/C++ y la fácil codificación de Python. Siendo OpenCV-Python un ejemplo de esto. Además de ello OpenCV-Python, hace uso de Numpy, el cual contiene una librería altamente optimizada para realizar las operaciones numéricas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El método de investigación utilizado será de tipo experimental, para lo cual utilizaremos las referentes teóricas y metodológicas ya existentes, con la finalidad de resolver problemas prácticos, buscando nuevos conocimientos sobre el análisis biomecánico.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es preexperimental, ya que se puede manipular intencionalmente las variables independientes, se hace medición de variables dependientes y solo se utilizará un grupo de atletas.

3.2. Diseño de investigación

En esta investigación se utilizará el método de diseño pre-test, post-test, con un solo grupo de prueba, que consta de atletas con discapacidad física, mental e intelectual del club Oswen, Chiclayo-Perú. El diseño se diagrama de la siguiente manera:

$$G \quad O_1 \quad x \quad O_2$$

Donde:

O₁ = Postura del atleta antes de la corrección.

X = Corrección

O₂ = Postura del atleta después de la corrección.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población seleccionada serán los tres atletas elites del club Oswen, Chiclayo -Perú y el entrenador que está capacitado para entrenar a este tipo de atletas.

3.3.2. Muestra

Como la población es igual a la muestra, no se aplicará ningún muestreo.

3.3.3. Muestreo

No hubo técnica de muestreo debido a que la población constituye la muestra.

3.4. Criterios de selección

La población se eligió debido a que son los que tienen un mayor desempeño y son los que representan al departamento Lambayeque en las competencias que se dan.

3.5. Operacionalización de variables

Las variables que se han utilizado como elementos básicos en el desarrollo de la hipótesis están identificadas de la siguiente manera:

3.5.1. Variables

a. Variable independiente

Sistema inteligente con visión computacional.

b. Variable dependiente

Posturas en la fase de salida de los atletas con habilidades especiales.

3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)

TABLA V
INDICADORES

Objetivo específico	Indicador(es)	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento	Definición operacional
Diseñar una base de conocimiento basada en la información de uno o más expertos en la preparación física de los atletas del Club Oswen, Chiclayo - Perú.	- Lista de antecedentes. - Lista de consecuentes. - Expertos	Descripción de los antecedentes y las consecuencias que se tienen de los entrenamientos en la fase de salida.	Si/No. Si/No. N° expertos	Ficha de cotejo. Entrevistas. Cuestionarios.	
Determinar la arquitectura del sistema inteligente con visión computacional basado en variables, hechos y reglas para la detección de errores en las posturas deportivas.	Numero de reglas. Numero de reglas cumplidas. Porcentaje de reglas cumplidas.	Describe el número de módulos utilizados, así como los elementos utilizados en cada uno de estos.	Si/No.	Base de datos. Ficha de cotejo. Entrevistas. Cuestionarios.	(N° de reglas cumplidas / N° de reglas) *100
Desarrollar los módulos del sistema inteligente con visión computacional considerando la arquitectura propuesta.	Total, de requerimientos funcionales. Total, de requerimientos funcionales cumplidos. Índice de requerimientos funcionales cumplidos.	Describe los modelos que establece la metodología Buchanan	Si/No.	Ficha de cotejo. Lista de requerimientos funcionales.	(N° de requerimientos cumplidos / N° de requerimientos totales)
Validar el sistema inteligente con visión computacional a través de juicios expertos.	Numero de pruebas. Numero de incidencias detectadas. Numero de incidencias acertadas. Numero de incidencias erróneas. Porcentaje de fiabilidad.	Describe la validación de las interpretaciones, mediante la comparación que se da entre la interpretación del sistema y la interpretación de los expertos.	N° incidencias. N° incidencias erróneas. N° incidencias acertadas.	Ficha de validación.	(N° de incidencias acertadas / N° de incidencias detectadas) * N° de pruebas

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos que fueron útiles para la recolección de datos.

TABLA VI
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Observación	Guía de observación Lista de cotejo	Atletas elites con habilidades especiales y dificultades motoras.	Obtener información precisa de los factores biomecánicos y su efecto en la retroalimentación.
Entrevistas.	Entrevistas estructuradas.	Entrenador	Obtener información de las circunstancias actuales.
Simulación	Modelos conceptuales Cuestionario	sistema inteligente con visión computacional	Averiguar cómo trabaja el sistema y sus configuraciones.

3.7. Procedimientos

3.7.1. Metodología de desarrollo

Para identificar a los participantes, roles y fuentes de conocimiento del sistema se hizo uso de las dos primeras fases de la metodología de Buchanan. Mientras que para el desarrollo de la visión computacional se hizo uso de la metodología de Nilson:

a. Iteración Buchanan #1: Identificación

En esta fase se realizaron dos actividades: La identificación de los partícipes del sistema y la identificación de los roles del sistema.

b. Iteración Buchanan #2: Conceptualización

En esta fase se realizaron dos actividades: La entrevista al experto en entrenamiento de atletas con discapacidad mental e intelectual y la definición de las variables del sistema.

c. Iteración Buchanan #3: Formalización

En esta fase se definió a la arquitectura.

d. Iteración Nilson #4: Representación de las imágenes

En esta etapa se realizaron dos fases: La fase de captura y digitalización y la fase de fundamentos de color.

En la fase **primera fase**, se encuentran todos aquellos métodos que existen para capturar imágenes o secuencias de calidad como es:

- ✓ A la **zona de estudio**, donde se estableció las condiciones de iluminación y a la vez se eligió una vestimenta adecuada, la cual no genere interferencia con los datos.
- ✓ A la **cámara**, la cual debe de cumplir con todos los requisitos requeridos para nuestra aplicación.

Y en la **segunda fase**, se seleccionó un modelo de color que minimice el impacto de una iluminación ambiental.

e. Iteración Nilson #2: Procesamiento de las imágenes

En esta etapa se realizaron dos procesos: El procesamiento básico de las imágenes y la detección de puntos de interés, esquinas y bordes.

f. Iteración Nilson #3: Análisis de las imágenes

En esta etapa se realizó como actividad al reconocimiento de patrones.

3.7.2. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos en el desarrollo de la presente tesis se efectuó con la finalidad de identificar las fases, entregables y objetivos afectados durante desarrollo de la presente tesis, las mismas se detallan en el ANEXO 2.

3.7.3. Producto acreditable

a. Interfaces

Se construyeron las interfaces del sistema inteligente con visión computacional para mejorar la postura en la fase de salida de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual del club Oswen, Chiclayo-Perú haciendo uso del lenguaje de programación Python, la librería de visión computacional OpenCV-Python y la herramienta de diseño y construcción de interfaces QT Designer, mismas que se presentan en el ítem 4.1.6. Iteración RUP #5: Diseño, sección Diseño de interfaces, en el Capítulo IV. Resultados.

b. Arquitectura

Se diseñó una arquitectura idónea para el funcionamiento del sistema inteligente con visión computacional para mejorar la postura en la fase de salida de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual del club Oswen, Chiclayo-Perú, el cual se detalla en el *ítem 4.1.6. Iteración RUP #5: Diseño, sección Diseño de la arquitectura, en el Capítulo IV. Resultados.*

c. Infraestructura tecnológica

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen las características de cada uno de sus componentes en el *ítem 4.1.5. Iteración Nilson #1: Representación de las imágenes, en el Capítulo IV. Resultados.*

3.7.4. Manual de usuario

Se elaboró un manual de usuario con la finalidad de ayudar a los usuarios en el uso del sistema que se implementó, la cual se muestra en el ANEXO 4.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en las entrevistas obtenidas de los entrenadores expertos se transcribirán y posteriormente analizados mediante las fases de conceptualización y formalización de la metodología de Buchanan.

La información recogida de las entrevistas nos permitirá detectar las variables principales que influyen en la ejecución de la postura en la fase de salida de los atletas.

3.9. Matriz de consistencia

TABLA VII
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES DE ESTUDIO</u>
¿Cómo se puede apoyar el entrenamiento en la fase salida de los Atletas con discapacidad física, mental e intelectual del Club Oswen, Chiclayo - Perú?	Desarrollar un software con visión computacional que mejore la postura en la fase de salida de los entrenamientos de los Atletas con discapacidad física, mental e intelectual del Oswen, Chiclayo - Perú.	Mediante un sistema inteligente con visión computacional se mejorará la postura en la fase de salida de los Atletas con discapacidad física, mental e intelectual del Club Oswen, Chiclayo - Perú, se apoyará a través de indicadores que muestren el desempeño de los atletas de tal forma que se pueda mejorar el rendimiento.	VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema de visión computacional VARIABLE DEPENDIENTE Los entrenamientos en la fase de salida de los atletas con habilidades especiales
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>
Diseñar una base de conocimiento basada en la información de uno o más expertos en preparación física de atletas del Club Oswen, Chiclayo - Perú	Descripción de los antecedentes y consecuentes que se tienen de los entrenamientos en la fase de salida.		-Lista de Antecedentes. -Lista de Consecuentes
Determinar la arquitectura del sistema inteligente con visión computacional basado en variables, hechos y reglas para la detección de errores en las técnicas deportivas	Describe la arquitectura que se utilizara en el sistema inteligente con visión computacional.		-Número de Reglas. -Número de reglas cumplidas. -Porcentaje de reglas cumplidas.
Desarrolla los módulos del sistema inteligente con visión computacional considerando la arquitectura propuesta.	Describe los modelos que establece la metodología Buchanan		-Total de Requerimientos funcionales -Total de requerimientos funcionales cumplidos -Índice de requerimientos funcionales cumplidos
Validar el sistema inteligente con visión computacional a través de juicios expertos.	Describe la validación de las interpretaciones, mediante la ayuda de un experto.		-Número de pruebas -Número de incidencias detectadas -Número de incidencias acertadas -Número de incidencias erróneas -Porcentaje de fiabilidad

3.10. Consideraciones éticas

La presente investigación se realiza dentro del club Oswen, el cual está ubicada en la ciudad de Chiclayo, para ello se tuvo el consentimiento del señor Walter Torres (presidente del club deportivo) y la señorita Ingrid Inga Herrera (entrenadora), con el compromiso de corregir el ángulo de la postura del atleta en la fase de salida.

Además, se tuvo en cuenta que los datos obtenidos de la población sean manejados de manera confidencial, donde las encuestas realizadas para validar la veracidad del problema fueron validadas por el entrenador de dicho club.

IV. RESULTADOS

4.1. En base a la metodología utilizada

4.1.1. Iteración Buchanan #1: Identificación

En los entrenamientos de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual del Club Oswen, Chiclayo-Perú, los participantes deben de tomar en cuenta los siguiente:

TABLA VIII
PARTICIPANTE – ROL – ITERACIÓN BUCHANAN #1

PARTICIPANTE	ROL
Entrenador no especializado.	A quienes va dirigido el sistema.
Entrenador especializado.	Entrenador especializado en el entrenamiento de atletas con discapacidad física, mental e intelectual.
Atleta	Persona a quien el sistema analizara.

4.1.2. Iteración Buchanan #2: Conceptualización

En esta etapa se plasman los conceptos básicos brindados por el experto para luego ser utilizados en el sistema inteligente. En este caso, para el proyecto tuvo que realizar de una entrevista, con la finalidad de determinar los factores claves en la hora del entrenamiento de los atletas con habilidades especiales. Dicha información se puede apreciar en:

Entrevista enfocada al entrenador especializado para determinar las variables en la postura del atleta

¿Cuáles son los principales problemas que tienen los atletas con habilidades especiales y dificultades motoras del Club Oswen Chiclayo en sus entrenamientos?

“Son personas que necesitan atención especial, y lamentablemente no contamos con suficiente personal con conocimiento de atletas especiales para entrenar a los atletas”

¿Cuáles son los factores claves que influyen en el rendimiento de los atletas?

“En el rendimiento de los atletas hay muchos factores que influyen en el rendimiento de los atletas, pero el más crítico de todos vendría a ser la postura que adopta el atleta”

¿Cómo afecta la postura que adoptan los atletas?

“Una mala postura a la hora de entrenar puede tener muchas consecuencias, las consecuencias más importantes serían que pueden ocasionar lesiones deportivas y que el atleta no puede desarrollar completamente su potencial”

¿De cuántas partes consta la fase de salida de los atletas con habilidades especiales?

“La fase de salida en los atletas, consta de 3 partes:

Marcas, listos, ya

En las cuales según la parte que se este ejecutando, se adoptan diferentes posturas, pero los atletas con habilidades especiales parten desde una sola postura

”

¿Qué es lo que determina que una postura de salida sea correcta?

“Se tienen en cuenta cada parte que da movimiento al cuerpo tales como:

Las rodillas, los tobillos, los codos, las muñecas, la cadera, el cuello y los hombros”

¿Cuáles son las partes claves de las anteriores mencionadas?

“Las partes claves, serían: la cadera, las rodillas y los tobillos”

¿Cuáles son las posturas correctas para estas partes?

“Las posturas correctas para cada parte serían:

Tobillo:106°

Rodilla=118°

Cadera=75°

Fig. 12. Entrevista realizada al entrenador [Autoría propia]

4.1.3. Iteración Buchanan #3: Formalización

Para esta iteración, se ha tenido que definir la arquitectura y la base de conocimiento del sistema externa, como se observa en seguida:

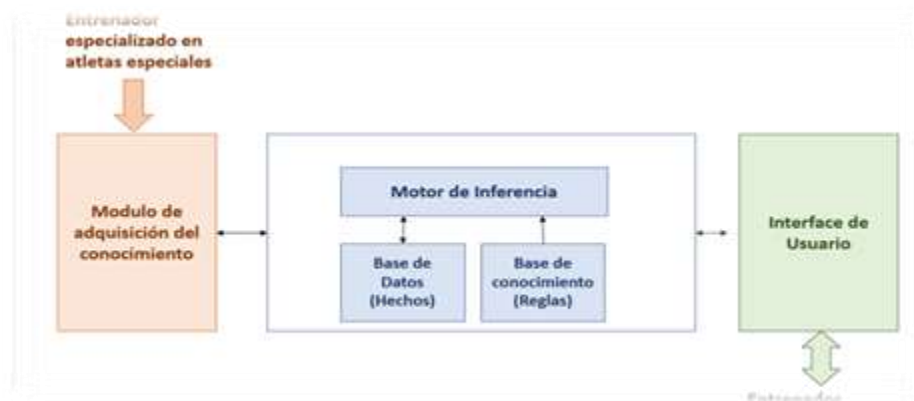


Fig. 13. Arquitectura del motor de inferencia [Autoría propia]

También se tiene a los siguientes cuadros de variables:

TABLA IX
VARIABLES – ITERACIÓN BUCHANAN #3

N°	Variable	Valor lingüístico
1	Tobillo	Bien, regular, mal
2	Rodilla	Bien, regular, mal
3	Cadera	Bien, regular, mal

TABLA X
ANGULO DE LA PARTE CORPORAL – ITERACIÓN BUCHANAN #3

Funciones de pertenencia

Parte Corporal	Ángulo base	Estado	Función
Tobillo	117	Bien	(Margen de error permisible: 4) - [114<=ángulo <=120]
		Regular	(Margen de error permisible: 3) - [111<=ángulo <=113 OR 121<=ángulo <=123]
		Mal	- [124<=ángulo OR ángulo <=110]
Rodilla	180	Bien	(Margen de error permisible: 4) - [177<=ángulo <=183]
		Regular	(Margen de error permisible: 3) - [174<=ángulo <=176 OR 184<=ángulo <=186]
		Mal	- [187<=ángulo OR ángulo <=174]
Cadera	150	Bien	(Margen de error permisible: 4) - [147<=ángulo <=153]
		Regular	(Margen de error permisible: 3) - [144<=ángulo <=146 OR 154<=ángulo <=156]
		Mal	- [157<=ángulo OR ángulo <=144]

4.1.4. Iteración Nilson #1: Representación de las imágenes

Para esta primera iteración de Nilson, se estudiará a la captura y digitalización y a los fundamentos de color:

Captura y digitalización: Para capturar secuencias de calidad de los atletas se tomaron en cuenta los siguientes dos detalles:

- ✓ La **zona de estudio**, en la cual se toma en cuenta al fondo, la iluminación y la vestimenta. En el caso del fondo, el estudio busco realizar los análisis en las circunstancias reales, la captura de secuencias se realizó en la pista de atletismo.



Fig. 14. Pista de atletismo del IPD Chiclayo [Autoría propia]

Mientras tanto en el caso de la iluminación, se tuvo como principal objetivo, obtener capturas con buena calidad, para ello se tomó en cuenta cuatro propiedades de la iluminación en la captura de secuencia, como es la cantidad, la calidad, la dirección y el color.

En la propiedad de la cantidad, se trabajó con iluminación solar, con el requisito mínimo que no sea un día nublado. Como se puede apreciar en la Fig.15. Mientras tanto en la calidad, se optó usar la iluminación solar concentrada, como se puede apreciar en la Fig. 16.



Fig. 15. Marcadores recibiendo iluminación directa [Autoría propia]



Fig. 16. Marcadores recibiendo iluminación indirecta [Autoría propia]

Por otro lado, en la propiedad de la dirección, se tuvo que utilizar una luz frontal, con una iluminación directamente que a los marcadores de los atletas. Y en el caso de la propiedad del color, se tuvo que utilizar la iluminación que proporciona el sol, el cual es de color blanco y se puede observar en la Fig.17.



Fig. 17. Iluminación adecuada para capturar secuencias de alta calidad [Autoría propia]

Y para el caso de la vestimenta, se tuvo que tener en cuenta que con ciertos colores de ropa surgía interferencias en la detección de los puntos de interés del atleta, es por eso que se optó usar ropa negra.



Fig. 18. Conjunto deportivo de color negro [Autoría propia]

- ✓ Y la **cámara**, que permitirá realizar la captura de las secuencias, en esta ocasión se hizo uso de un celular Huawei P30 lite, el cual cuenta con una resolución Full HD 1080p (1920 x 1080) en la cámara de video y un sensor CCD el cual crea secuencias de alta calidad con un mínimo ruido digital, con una alta sensibilidad a la luz que permite capturar fotografías con un gran tono de captura. Si hablamos en el torno de la sensibilidad, dicho celular cuenta con un ISO que permite ajustar parámetros entre 50 y 3200, teniendo un sensor de color dedicado a una profundidad de f2.4, con un rango dinámico de compensación de exposición de -4 a + 4 EV en 1/3 incremento de parada y balance de blancos. Mientras tanto en el enfoque automático cuenta con un láser automático que permite tomar fotos con mayor calidad y en la velocidad de obturación cuenta desde 1/4000s hasta 30s.

Y en los **fundamentos de color**, se hará uso del modelo de color HSV, el cual permite reducir el impacto que genera al tener iluminación variada.

4.1.5. Iteración Nilson #2: Procesamiento de la imagen

En esta segunda iteración de Nilson, se hará uso de marcadores rojos para realizar el seguimiento de las posturas adoptadas por el atleta. Donde dichos marcadores serán ubicados en ciertos puntos de interés del cuerpo.



Fig. 19. Marcadores rojos [Autoría propia]

En esta iteración se desarrollará a dos actividades, como es el procesamiento básico y la detección de los puntos de interés:

Procesamiento básico, para esto se preparó a la secuencia mediante una serie de filtros y métodos antes de iniciar el procesamiento de detección de los puntos de interés, para ello:

- ✓ Primero, se redimensionó la secuencia al tamaño de la pantalla que usaremos para mostrar la secuencia, se hizo uso de la función `resize` y de la interpolación bicúbica, ya que las secuencias tratadas con esta interpolación tienen un acabado más suave y menos defectos.

```
resized_hw = cv2.resize(frame, dim, interpolation=cv2.INTER_AREA)
```

Fig. 20. Función `resize` con interpolación bicúbica [Autoría propia]

- ✓ En seguida, se aplicó un filtro de suavizado a la secuencia para mejorar la detección de los puntos de interés, ya que la función usada para la detección de los puntos de interés es muy sensible al ruido, para esto se hizo uso de la función `GaussianBlur` con una matriz de 5×5 .



Fig. 21. Imagen original [Autoría propia]

```
#Aplicamos filtro de suavizado  
dst = cv2.GaussianBlur(resized_hw, (5,5), cv2.BORDER_DEFAULT)
```

Fig. 22. Función `GaussianBlur` [Autoría propia]



Fig. 23. Imagen con filtro GaussianBlur aplicado [Autoría propia]

- ✓ Luego se cambió el modelo de color original de la imagen al modelo HSV.

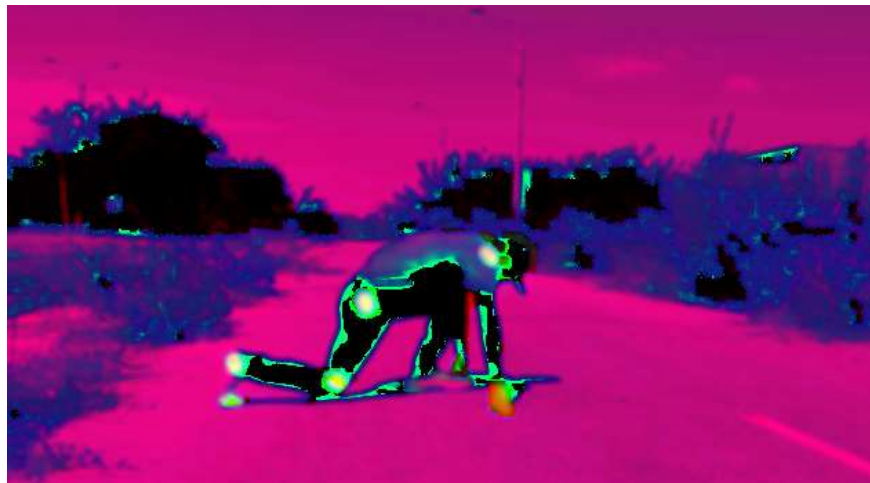


Fig. 24. Imagen con modelo de color HSV [Autoría propia]

Detección de los puntos de interés, esto se realizó después del procesamiento básico que se le dio a la secuencia de imágenes, se dio inicio el proceso para detectar los puntos de interés. Para detectar los puntos de interés en la secuencia se hace uso de una serie de filtros y funciones que eliminan el entorno dejando solamente en la secuencia puntos blancos, los cuales serían los puntos de interés filtrados:

- ✓ Donde primero, se buscó en la secuencia los pixeles que cumplieran con nuestras condiciones, para eso se hizo uso de la función `inRange` y `bitwise_or`, con los valores mínimos y máximos del color que usaremos para filtrar la secuencia.

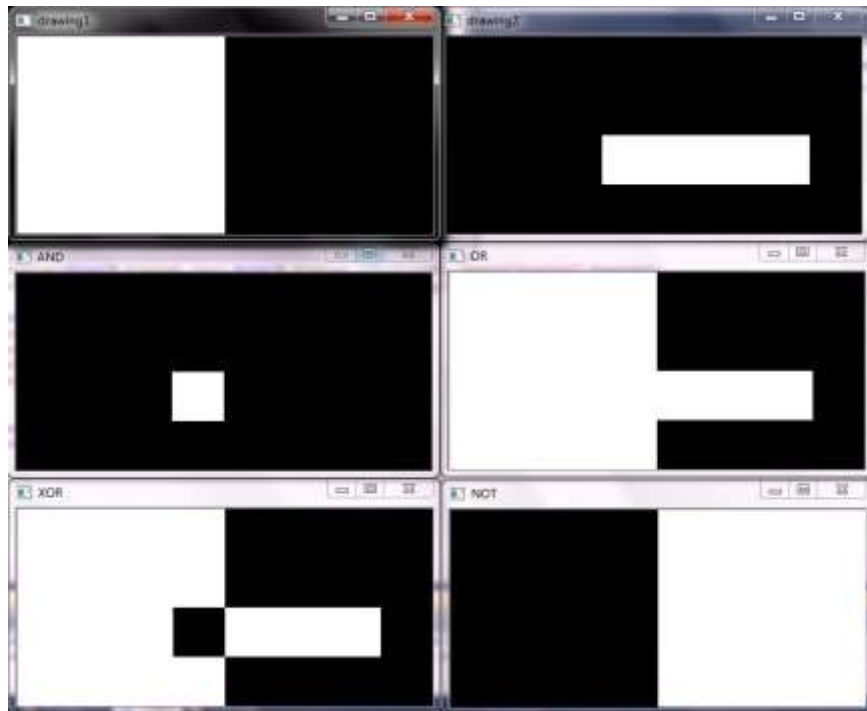


Fig. 25. Variables de la función bitwise y sus resultados [22]

```

#Definimos el rango de color en HSV

lower_red_0 = np.array([0, 100, 100])
upper_red_0 = np.array([self.sunSensitivity, 255, 255])
lower_red_1 = np.array([180-self.sunSensitivity, 100, 100])
upper_red_1 = np.array([180, 255, 255])

#Límite HSV para obtener un solo color
mask_0 = cv2.inRange(hsv,lower_red_0,upper_red_0)
mask_1 = cv2.inRange(hsv,lower_red_1,upper_red_1)

#Aplico el operador BitWise-OR
res = cv2.bitwise_or(mask_0,mask_1)

```

Fig. 26. Filtrado de píxeles por color rojo [Autoría propia]

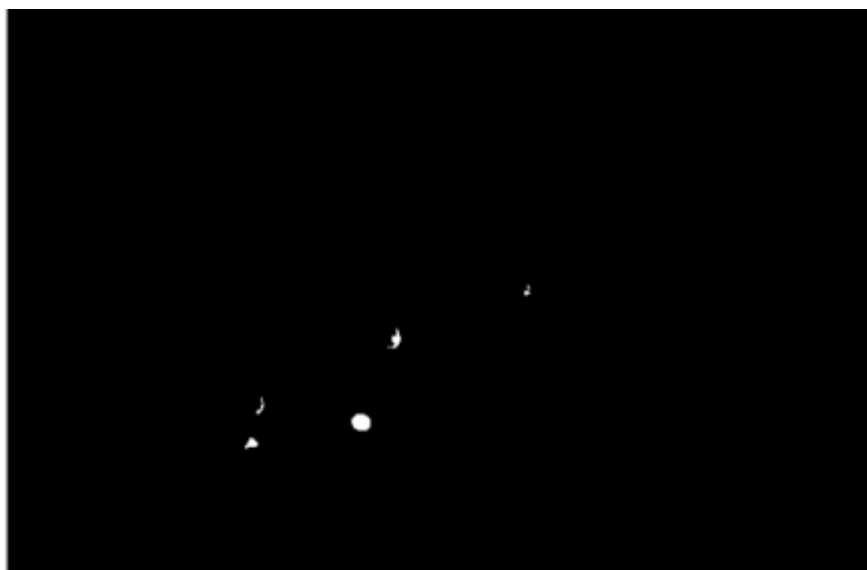


Fig. 27. Píxeles rojos filtrados [Autoría propia]

- ✓ Y luego se dilato los pixeles filtrados para mejorar la detección de los círculos, haciendo uso de la función dilate.



Fig. 28. Pixeles dilatados por la función dilate [Autoría propia]

4.1.6. Iteración Nilson #3: Análisis de la imagen

En esta iteración se desarrollará el análisis de la imagen, donde después del procesamiento que recibió la secuencia de imágenes se precedió a localizar todos los círculos que se encontraban en esta, para esto hacemos uso de la función HoughCircles, en la cual ingresamos el porcentaje de similitud a un círculo, la resolución a la que se desea trabajar, la distancia mínima entre centros de círculos, el radio mínimo y máximo de los círculos encontrados. Donde la expresión matemática que define una circunferencia es:

$$(x - c_x)^2 + (y - c_y)^2 = r^2$$

Teniendo a:

r = radio de la circunferencia.

c_x = coordenada en el eje x del centro.

c_y = coordenada en el eje y del centro

Con un radio mínimo de 3, y un máximo de 15



Fig. 29. Puntos de interés detectados y resaltados en el atleta [Autoría propia]

Para luego de obtener los círculos, se procedió a conectarlos mediante líneas, para esto hacemos uso de la función line, en la cual ingresamos el punto de inicio y fin de la línea, así como el color que queremos que esta tenga.



Fig. 30. Puntos de interés conectados mediante líneas [Autoría propia]

Luego de ello, se escribió en la imagen el orden que tenía cada círculo, mediante la función putText, como se muestra en la Fig.31.

```
cv2.putText(resized_hw, str(text) ,ubication,cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,color,2, cv2.LINE_AA)
```

Fig. 31. Función putText utilizada para escribir en la imagen [Autoría propia]

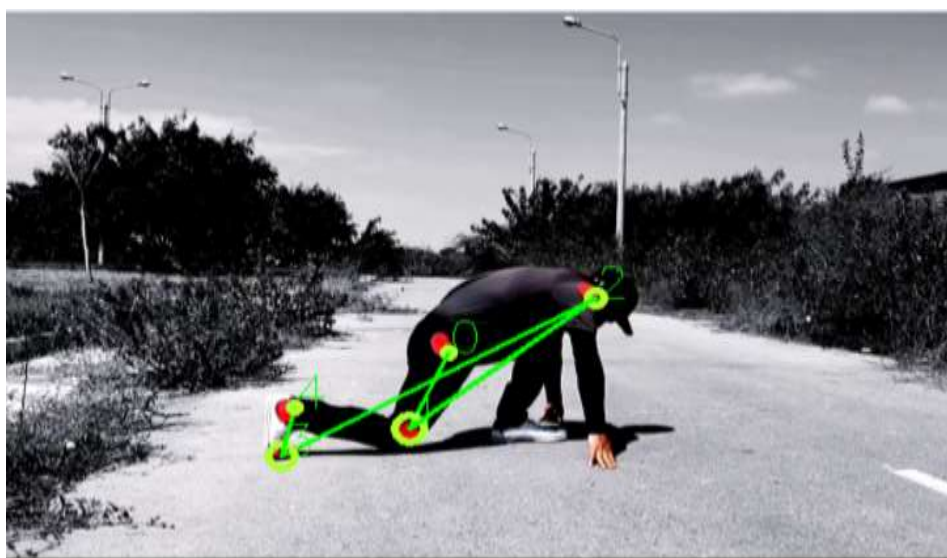


Fig. 32. Orden de cada círculo encontrado [Autoría propia]

En seguida se ordenó los círculos obtenidos, en base al eje Y de la imagen, ordenándolos de menor a mayor.



Fig. 33. Círculos ordenados en base al eje Y [Autoría propia]

Para luego ordenar los círculos en base al eje Y, se los ordeno en base al eje X, para que se proceda a ordenar en base al eje X se estableció la condición de que la longitud de la línea que empieza en 0 y termina en 1 sea mayor o igual a la línea que empieza en 1 y termina en 2.



Fig. 34. Círculos ordenados en base al eje X [Autoría propia]

Después de ello, se debe de calcular el ángulo del tobillo, rodilla y cadera, haciendo uso de la formula, teniendo en cuenta los ángulos internos de un triángulo dadas sus coordenadas.

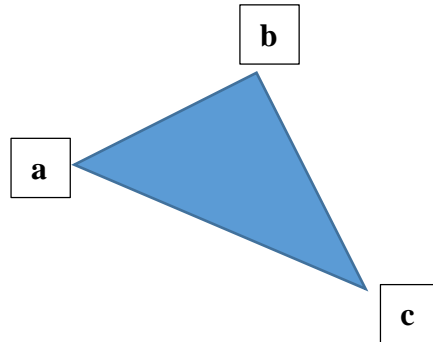


Fig. 35. Triangulo con ángulos internos [Autoría propia]

$$m_{ac} = \frac{y_c - y_a}{x_c - x_a}, m_{ab} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

$$\tan \alpha = \frac{m_{ab} - m_{ac}}{1 + m_{ab} \cdot m_{ac}}$$

$$\tan^{-1} \alpha$$

Finalmente, una vez obtenido los ángulos del tobillo, rodilla y cadera, se procedió a verificar si la ejecución de la postura es correcta o incorrecta, como se muestra en la Fig.36.



Fig. 36. Análisis de la ejecución de la fase de salida [Autoría propia]

4.1.7. Iteración RUP #5: Diseño

Diagrama de contexto de diseño

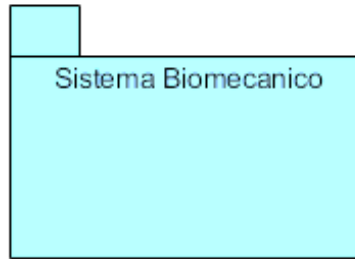


Fig. 37. Diagrama de contexto de diseño [Autoría propia]

Diagrama de realizaciones de caso de uso de diseño

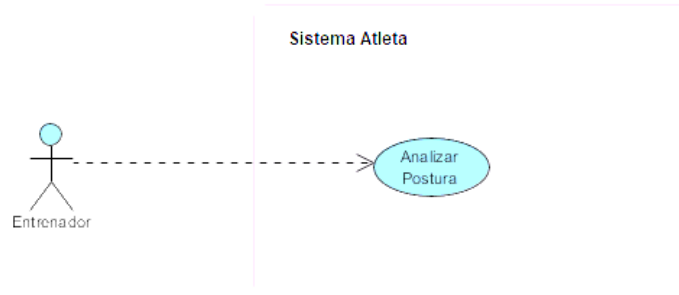


Fig. 38. Diagrama de realizaciones de caso de uso [Autoría propia]



Fig. 39. Diagrama de realizaciones de caso de uso [Autoría propia]

✓ Diagrama de clase de diseño

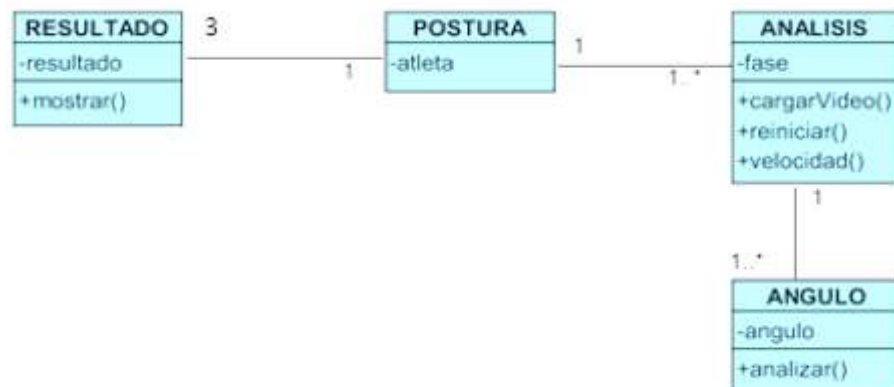


Fig. 40. Diagrama de realizaciones de caso de uso de diseño [Autoría propia]

✓ Diagrama de secuencia

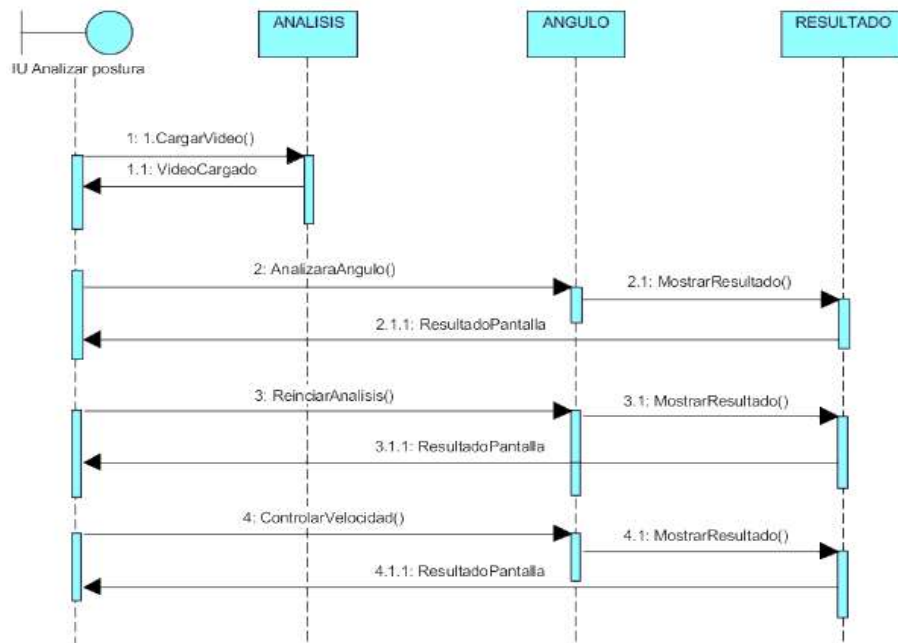


Fig. 41. Diagrama de realizaciones de secuencia [Autoría propia]

Diseño de base de datos



Fig. 42. Diseño de base de datos [Autoría propia]

Diseño de arquitectura

✓ Arquitectura del sistema de visión computacional

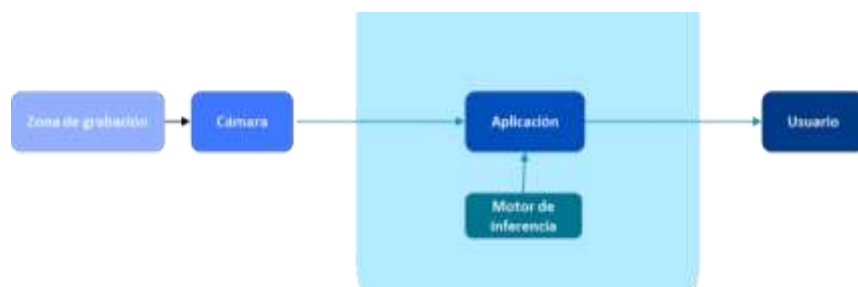


Fig. 43. Arquitectura de sistema de visión computacional [Autoría propia]

Diseño de interfaces

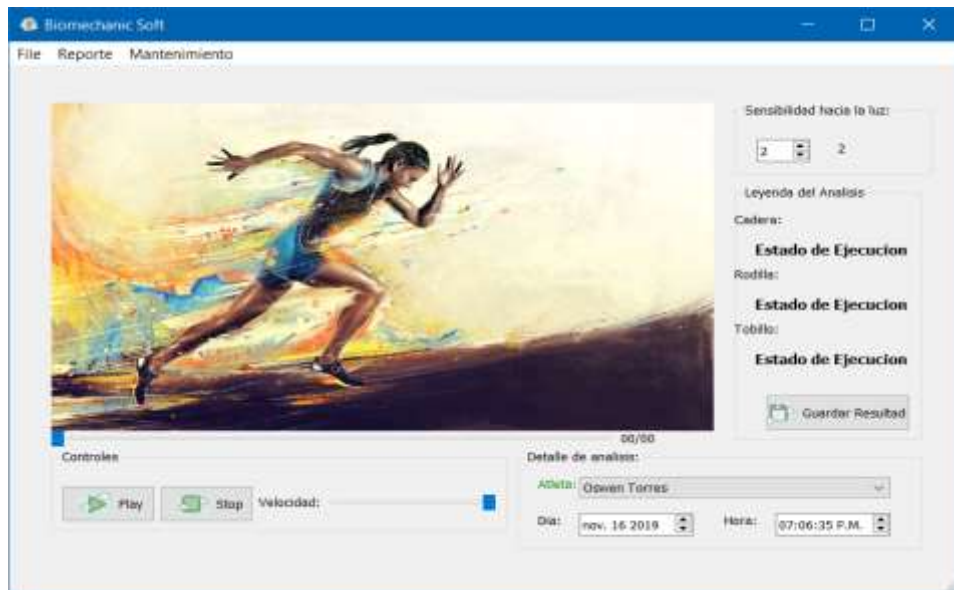


Fig. 44. Diseño de interfaz 1 [Autoría propia]

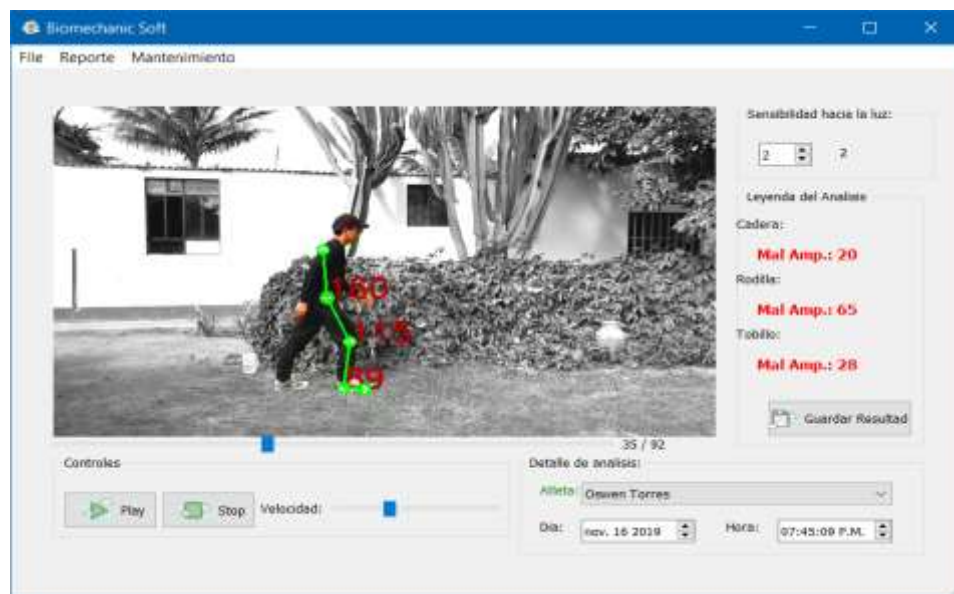


Fig. 45. Diseño de interfaz 2 [Autoría propia]

4.1.8. Iteración RUP #6: Prueba

Al realizar el análisis biomecánico de los deportistas, los datos resultantes de las pruebas en las que no se visualizó interferencia fueron coherentes con los datos registrados y proporcionados por el entrenador especialista, como se muestran en la Fig. 46 y Fig.47.



Fig. 46. Análisis biomecánico con interferencia [Autoría propia]

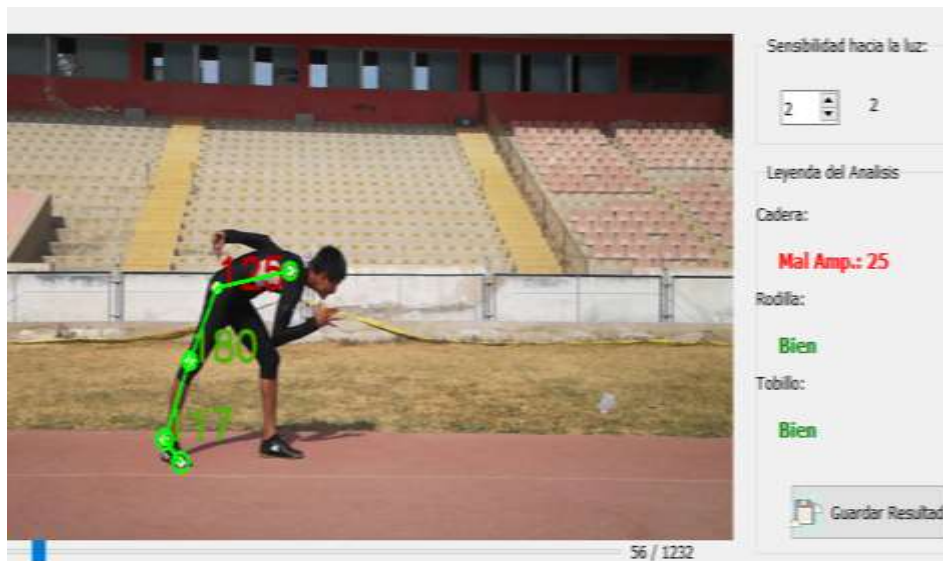


Fig. 47. Análisis biomecánico sin interferencia [Autoría propia]

4.2. En base a los objetivos de la investigación

En este capítulo de tesis, se aclara en que parte de la investigación se observa el desarrollo de cada uno de los objetivos.

4.2.1. Objetivo 1: Diseñar una base de conocimiento basada en la información de uno o más expertos en preparación física de atletas del club Oswen, Chiclayo – Perú

Para este primer objetivo, se llevó a cabo la entrevista al entrenador especializado, tanto en la fase de identificación como en conceptualización.

4.2.2. Objetivo 2: Determinar la arquitectura del sistema inteligente con visión computacional basado en variables, hechos y reglas para la detección de errores en las posturas deportivas.

Este segundo objetivo, se desarrolla en el apartado de los resultados de la presente investigación, siendo más explícitos, en la Iteración Buchanan #2: Conceptualización, en la fase de conceptualización, al definir las variables, y en la fase de formalización, donde se definieron los valores lingüísticos de cada variable y se crearon las reglas.

4.2.3. Objetivo 3: Desarrollar los módulos del sistema inteligente con visión computacional considerando la arquitectura propuesta.

Para el desarrollo de este objetivo, se tuvo que llevar a cabo tres iteraciones en el apartado de resultados en base a la metodología utilizado, las cuales se presentan en la fase de Iteración Nilson #1: Representación de las imágenes, de Iteración Nilson #2: Procesamiento de la imagen y Iteración Nilson #3: Análisis de la imagen.

4.2.4. Objetivo 4: Validar el sistema inteligente con visión computacional a través de juicios expertos.

Para el cuarto objetivo, se tuvo que desarrollar en el apartado de resultados en base a la metodología, la

Iteración RUP #6: Prueba, donde se logró corroborar que los resultados sean coherentes con los variables obtenidas en el análisis biomecánico y las reglas establecidas.

4.3. Impactos esperados

En la presente investigación, se analizará a sus cinco impactos, como se muestra en seguida:

4.3.1. Impactos económicos

En el impacto económico, se observa que los análisis biomecánicos tienen un costo muy elevado de implementación, sin embargo, en la presente investigación se reducirá los costos de implementación haciendo uso de algunas cámaras especializadas que solo sean necesarias para hacer el análisis biomecánico.

4.3.2. Impactos sociales

En el impacto social, la presente investigación permitirá tener una ventaja competitiva a los atletas con discapacidad física, mental e intelectual de los clubes de atletismo de Chiclayo - Perú.

4.3.3. Impactos en tecnología

En el impacto tecnológico, se tendrá que los clubes de atletismo de Chiclayo – Perú, contarán con un sistema de análisis biomecánico deportivo, el cual mejorara la retroalimentación que se da entre los atletas y sus entrenadores.

4.3.4. Impactos ambientales

En el impacto ambiental, se tiene que la presente investigación no cuenta con impactos ambientales significativos.

4.3.5. Impactos en la formación de cadenas productivas

En este punto, se tiene que la presente investigación no tiene impactos en la formación de cadenas productivas.

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, detallados en la fase de identificación y conceptualización del capítulo IV, se puede apreciar el cómo diseñar una base de conocimiento basada en la información de un experto en la preparación física aporte las bases para determinar los factores más importantes para el sistema.

Estos factores coinciden con los recomendados en el artículo propuesto por G-SE [23], pues se está abarcando los factores críticos propuestos por el artículo mencionado.

En el segundo objetivo plantea determinar la arquitectura del sistema inteligente, objetivo que se logró basándose en las nociones presentadas por Latash & Gutman, en la cual se asume que las condiciones de ejecución e intenciones del sujeto no cambian de un intento a otro [24], siendo el atletismo una actividad en la cual las condiciones de ejecución e intenciones no presentan cambio en cada prueba o ejecución.

De los resultados obtenidos, detallados en la fase de representación, procesamiento y análisis de las secuencias de imágenes del capítulo IV, se puede apreciar que, mediante la metodología de visión computacional propuesta por Nilson, es posible desarrollar los módulos del sistema inteligente con visión computacional considerando la arquitectura propuesta [16].

De los resultados obtenidos en la fase prueba del capítulo IV, se puede apreciar que estos son coherentes con las variables obtenidas en el análisis biomecánico y las reglas establecidas.

VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la fase identificación y conceptualización de la metodología de Buchanan se logró diseñar una base de conocimientos basado en la información de un experto en la preparación física de atletas del club Oswen- Chiclayo.
2. Con la base de conocimiento diseñada, la tercera fase de la metodología Buchanan y basándose en las variables, hecho y reglas necesarias para la detección de errores en la postura de la fase de salida, se pudo determinar la arquitectura idónea para el sistema inteligente con visión computacional.
3. Mediante la metodología de Nilson y considerando la arquitectura propuesta se logró desarrollar los módulos del sistema inteligente con visión computacional. Los cuales en las condiciones idóneas de eliminación y de captura de secuencias permitieron verificar la postura en la fase de salida de los atletas con discapacidad física, motora e intelectual del club Oswen - Chiclayo.
4. De la siguiente matriz se pudo comprobar la eficacia del sistema experto:

TABLA XI
MATRIZ DE EFICACIA DEL SISTEMA EXPERTO

		Experto			Total
		Bien	Regular	Mal	
Sistema experto	Bien	4	1		5
	Regular		3		3
	Mal		3	7	10

De esta matriz se puede comprobar la eficacia del sistema experto, pues los resultados obtenidos coincidieron en la mayoría con los del experto, de los 18 análisis realizados, 12 han sido acertados y 6 fueron según el experto en preparación física, incorrectos. Detectándose que la postura que es correcta para un atleta no necesariamente es la correcta para otro, esto se debe a que la discapacidad que posee un atleta puede ser diferente al que posee otro, imposibilitando el estandarizar una sola postura para todos ellos, dándole al sistema un 66.6 % de eficacia analizando a atletas que tienen sus posturas optimas cargadas en el sistema y un 33.4 % de eficacia analizando a atletas que no tiene sus posturas optimas registradas en el sistema.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se podría analizar los factores que afectan el impulso de salida de los atletas, tales como la zancada que este da, los tiempos de reacción.
2. Se recomienda implementar redes neuronales para realizar análisis más complejos.
3. La implementación de redes neuronales más una masiva cantidad de datos de análisis, podría permitir al sistema experto el detectar patrones no registrados.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] R. Pérez, “*Evolución Histórica del Deporte*”, Vitónica,2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.vitonica.com/vitonica/la-evolucion-historica-del-deporte-desde-las-olimpiadas-griegas-a-los-machacas-de-gimnasio-de-la-actualidad>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [2] “*Out of the Shadows: Events Leading to the Founding of Special Olympics*”, Special Olympics ,2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.specialolympics.org/about/history/out-of-the-shadows-events-leading-to-the-founding-of-special-olympics> . [Accedido: 19-febrero-2019].
- [3] “*IPD Presento Moderno Laboratorio Biomecánico para Deportistas*”, IPD ,2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.ipd.gob.pe/noticias-institucionales/ipd-presento-moderno-laboratorio-biomecanico-para-deportistas>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [4] A. Burga, “*Sin barreras: El deporte en el Perú*”, SOMOSPERIODISMO ,2017. [En línea]. Disponible en: <http://somosperiodismo.com/deporte-adaptado-sin-barreras> . [Accedido: 19-febrero-2019].
- [5] “*IPD: Conoce la tecnología 3D*”, IPD,2018. [En línea]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-ipd-conoce-tecnologia-3d-con-que-cuentan-los-deportistas-peruanos-706595.aspx>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [6] F. Bogoña, “*La marcha de Matrix: el estudio biomecánico que disecciona al atleta*”, MARCA ,2017 [En línea]. Disponible en: <https://www.marca.com/atletismo/2018/08/03/5b59f12c468aeb553e8b459e.html> . [Accedido: 19-febrero-2019].
- [7] P. N. Guerrero, “*Análisis biomecánico del cuerpo humano mediante el procesamiento digital de imágenes*”, Tesis (Pregrado), Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, (UTN), Argentina, 2018.
- [8] J. P. Aimacaña Molina y D. P. Montero Jiménez “*Análisis y diseño de un sistema mecatrónico que emplea visión artificial para el desarrollo de un equipo de neurorehabilitación enfocado a pacientes con deficiencia motriz en las manos*”, Tesis (Titulación), Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, ESPE, Ecuador,2016.

- [9] D. Ortiz González, “*Análisis biomecánico de la salida de velocidad con la tecnología 3D*”, Trabajo de fin de grado, Universidad de León, León, ULe, España, 2015.
- [10] J. Ortiz Catillo, “*Sistema de visión artificial humanoide para reconocimiento de formas y patrones de objetos, aplicando redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático*”, Tesis (Pregrado), Universidad de Ricardo Palma, Lima, URP, Perú, 2015.
- [11] J. Pezo Torres Jack, “*Sistema de visión artificial para determinar el flujo de congestión vehicular en una vía transitada de la ciudad de Tarapoto*”, Tesis (Pregrado), Universidad de San Martín de Porres, Lima, USMP, Perú, 2017.
- [12] J. C. Gutiérrez Cáceres, “*Detección de vehículos con aprendizaje profundo en cámara de vigilancia*”, Tesis (Pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Arequipa, UNSA, Perú, 2018.
- [13] J.C. Polo Castro Julio Cesar, “*Sistema de visión artificial basado en la detección de los movimientos del ojo, para mejorar la atención de los pacientes con síndrome de Guillain Barré*”, Tesis (Pregrado), Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, USAT, Perú, 2015.
- [14] D. A. Campos Aquino, Mundaca Arriola Luis Nazareth, “*Propuesta de Método de reconocimiento de imágenes para la identificación del melanoma humano*”, Tesis (Pregrado), Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, USS, Perú, 2016.
- [15] K. E. Kendall, *Análisis y diseño de sistemas*. Sexta edición. México: Pearson Educación, 2005.
- [16] N. J. Nilsson, “*Visión Artificial*” en *Inteligencia Artificial Una Nueva Síntesis*, 1ra. ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2001.
- [17] S. Sants, “*Modelo de color CMY*”, Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_CMYK. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [18] “*Modelo de color YIQ*”, Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/YIQ>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [19] “*Modelo de color HSV*”, Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_HSV. [Accedido: 19-febrero-2019].

- [20] B. Masó Márquez, “*Biomecánica*”, EcuRed,2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Biomec%C3%A1nica>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [21] “*OpenCV*”, Wikipedia,2019. [En línea]. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. [Accedido: 19-febrero-2019]
- [22] “*Bitwise AND, OR, XOR and NOT*”, Learn OpenCV by Examples,2015. [En línea]. Disponible en: <http://opencvexamples.blogspot.com/2013/10/bitwise-and-or-xor-and-not.html>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [23] J.P. Fernández Abuín, “*Evolución y Análisis de la Salida Agrupada en la Carrera Atlética de Velocidad*”, G-SE, 2004. [En línea]. Disponible en: <https://g-se.com/evolucion-y-analisis-de-la-salida-agrupada-en-la-carrera-atletica-de-velocidad-445-sa-p57cfb27145f69>. [Accedido: 19-febrero-2019].
- [24] G. Ramón Suarez, “*Biomecánica deportiva y control del entrenamiento*”, Primera Edición, Colombia: Funámbulos Editores, 2009

IX. ANEXOS

ANEXO 1 – CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS



Fig. 48. Constancia de aprobación del producto [Autoría propia]

ANEXO 2 – ANÁLISIS DE RIESGOS

1. Datos generales

- **Tesista** : Torres Farro Denis Joel
- **Fecha inicial** : 27 de febrero de 2019
- **Fecha final** : 15 de noviembre de 2019

2. Alcance del proyecto

Se desarrollará una aplicación de escritorio para realizar análisis biomecánicos, con la finalidad de mejorar la postura en la fase de salida de los atletas con discapacidad, física, mental e intelectual del club Oswen, Chiclayo-Perú haciendo uso de sistemas expertos y visión computacional. En donde, el sistema implementado permite verificar si la postura en la fase de salida de los atletas es la correcta.

La información será presentada mediante una secuencia de imágenes las cuales detallan el estado de ejecución, para ello será necesario librerías OpenCV.

3. Interesados (Stakeholders)

Durante el desarrollo de la presente tesis se ha identificado a los siguientes interesados:

- **Internos**

TABLA XII
INTERESADOS INTERNOS

Interesado	Participación
Entrenador no especializado	A quien va dirigido el sistema.
Entrenador especializado	Entrenador especializado en el entrenamiento de atletas con discapacidad física, mental e intelectual.
Atleta	Persona a quien el sistema analizara.

- **Externos**

TABLA XIII
INTERESADOS EXTERNOS

Interesado	Participación
Tesista	Desarrollo de la investigación.

4. Beneficios

Los beneficios que se van a obtener con el producto que se ha desarrollado son:

- Aportar ventaja competitiva a los atletas del club Oswen-Chiclayo.
- Reducir el costo de realizar análisis biomecánicos deportivos a los atletas.
- Contar con los conocimientos de un entrenador especializado.

5. Etapas de desarrollo

Para el desarrollo del producto de la presente tesis se ha realizado considerando las etapas de la Metodología Buchanan y Nilson, que consta de las siguientes etapas:

- **Buchanan: Identificación**

- **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XIV
MATRIZ DE RIESGOS ETAPA 1

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Identificar erróneamente a los participantes	Identificación	El tesista no identifica correctamente los participantes	Base de conocimientos	1	Alcance	4	4	bajo
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	
RE1 – 002	Identificación de roles incorrecto	Identificación	El tesista no identifica correctamente los roles	Base de conocimientos	1	Alcance	4	4	bajo
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	
RE1 – 003	Identificación errónea de la fuente de conocimientos	Identificación	Tesista no identifica correctamente la fuente de conocimientos	Base de conocimientos	1	Alcance	4	4	bajo
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XV
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza	Identificar erróneamente a los participantes	Identificación	BAJO	Salvaguarda	Tesista	Tener presentes a todos los involucrados en el proceso
RE1 – 002	Amenaza	Identificación de roles incorrecto	Identificación	BAJO	Salvaguarda	Tesista	Definir claramente los roles que cumple cada participante
RE1 – 004	Amenaza	Identificación errónea de la fuente de conocimientos	Identificación	BAJO	Salvaguarda	Tesista	Utilizar participantes con la mayor experiencia posible.

• **Buchanan: Conceptualización**

– **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XVI
MATRIZ DE RIESGOS ETAPA 1

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE2 – 001	Plasmear erróneamente los conceptos básicos brindados por el experto	Conceptualización	El tesista realizó la fase de identificación erróneamente	Conceptos brindados por el experto	2	Alcance	4	4	Medio
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
Total probabilidad por impacto		14							

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XVII
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza	Plasmar erróneamente los conceptos básicos brindados por el experto	Conceptualización	MEDIO	Salvaguarda	Tesista	Cotejar los datos obtenidos con los obtenidos en estudios previos

• **Buchanan: formalización**

– **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XVIII
MATRIZ DE RIESGOS ETAPA 1

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE3 – 001	Definir erróneamente la arquitectura	Formalización	El tesista plasmo erróneamente los conceptos básicos brindados por el experto	Arquitectura del sistema experto	1	Alcance	4	4	Medio
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	
RE3 – 002	Definir erróneamente la base de conocimientos	Formalización	El tesista plasmo erróneamente los conceptos básicos brindados por el experto	Base de conocimientos	1	Alcance	4	4	Medio
						Tiempo	5	5	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	5	
						Total probabilidad por impacto		14	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XIX
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza / Oportunidad	Definir erróneamente la arquitectura	Formalización	Medio	Salvaguarda	Tesista	Verificar que la arquitectura elegida sea la más adecuada a la situación.
RE1 – 002	Amenaza / Oportunidad	Definir erróneamente la base de conocimientos	Formalización	Medio	Salvaguarda	Tesista	Verificar los conocimientos con el experto que los suministro.

• **Nilson: Representación de las imágenes**

– **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XX
MATRIZ DE RIESGOS ETAPA I

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE4 – 001	Identificar erróneamente las posibles interferencias en la zona de estudio	Representación de las imágenes	El tesista no identifica correctamente las posibles interferencias en la zona de estudio	Secuencia de imágenes	3	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		190	
RE4 – 002	Seleccionar erróneamente la vestimenta	Representación de las imágenes	El tesista no identifica correctamente las posibles interferencias en la zona de estudio	Secuencia de imágenes	2	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		14	
RE4 – 004	Utilizar una cámara que no cuenta al menos con los requisitos mínimos	Representación de las imágenes	Tesista no considera las características relevantes de una cámara	Secuencia de imágenes	3	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		14	

RE4 – 005	Seleccionar de un modelo inadecuado	Representación de las imágenes	Tesisista no realizo correctamente los pasos anteriores a este	Secuencia de imágenes	4	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		14	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XXI
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza / Oportunidad	Identificar erróneamente las posibles interferencias en la zona de estudio	Representación de las imágenes	ALTO	Salvaguarda	Tesisista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seleccionar el modelo de color adecuado. ✓ Identificar los colores que priman en la zona de estudio
RE1 – 002	Amenaza / Oportunidad	Seleccionar erróneamente la vestimenta	Representación de las imágenes	ALTO	Salvaguarda	Tesisista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seleccionar el modelo de color adecuado. ✓ Identificar los colores que podrían generar interferencia. ✓ Descartar los colores que podrían generar interferencia. ✓ Seleccionar solo colores primarios.
RE1 – 004	Amenaza / Oportunidad	Utilizar una cámara que no cuenta al menos con los requisitos mínimos	Representación de las imágenes	ALTO	Salvaguarda	Tesisista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar capturas con la cámara seleccionada a un objeto ✓ Verificar que la intensidad y nitidez de los colores sean fieles o superiores a los del objeto utilizado como prueba.
RE1 – 003	Amenaza / Oportunidad	Seleccionar de un modelo de color inadecuado	Representación de las imágenes	ALTO	Salvaguarda	Tesisista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar las condiciones de iluminación. ✓ Identificar que variables podemos controlar y cuáles no.

• **Nilson: Procesamiento de la imagen**

– **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XXII
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA N

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Interferencia en la detección de los marcadores	Procesamiento de la imagen	Seleccionar el color de marcador incorrecto	Secuencia de imágenes filtrada	1 – 5	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto			
RE1 – 002	Secuencia de imágenes filtradas con mucha interferencia	Procesamiento de la imagen	Uso de filtros o funciones inadecuadas	Secuencia de imágenes filtrada	1 – 5	Alcance	5	80	
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto			
						Alcance	5	80	
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto			5

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XXIII
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza	Interferencia en la detección de los marcadores	Alto	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar los colores que priman en el ambiente ✓ Verificar que el color de la vestimenta no tenga similitud con el de los marcadores ✓ En caso de usar iluminación artificial verificar que esta no genere interferencia. ✓ Verificar que el color de los marcadores sea el adecuado. ✓ Verificar que las secuencias no presenten interferencias.

RE1 – 002	Amenaza	Secuencia de imágenes filtradas con mucha interferencia	Alto	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar el impacto de cada filtro o función de filtrado en la imagen ✓ Verificar que la aplicación de los filtros se realice en el orden correcto.
-----------	---------	---	-------------	-------------	---------	---

• **Nilson: Análisis de la imagen**

– **Matriz de riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XXIV
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA N

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa - raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Número de círculos detectados no coincide con el número de marcadores	Análisis de la imagen	Uso incorrecto de las funciones	Análisis de la secuencia	1 – 5	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		190	
RE1 – 002	Círculos almacenados en el orden incorrecto	Análisis de la imagen	Ordenamiento incorrecto de los círculos		1 – 5	Alcance	5	80	Alto
						Tiempo	5	30	
						Costo	0	0	
						Calidad	5	80	
						Total probabilidad por impacto		14	
RE1 – 004	Cálculo incorrecto del ángulo	Análisis de la imagen	Formula mal implementada		1 – 5	Alcance	5	0 – 100	Alto
						Tiempo	5	0 – 100	
						Costo	0	0 – 100	
						Calidad	5	0 – 100	
						Total probabilidad por impacto		190	

– **Matriz salvaguarda de riesgos**

Entre los planes de mitigación para superar riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA XXV
MATRIZ DE SALVAGUARDA DE RIESGOS ETAPA N

Código del riesgo	Amenaza / Oportunidad	Descripción del riesgo	Fase	Nivel de riesgo	Tipo de respuesta	Responsable	Plan de mitigación
RE1 – 001	Amenaza	Número de círculos detectados no coincide con el número de marcadores	Análisis de la imagen	ALTO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar que los valores condicionales ingresadas en el filtrado de círculos sea la adecuada ✓ Listar las variables que podrían afectar el orden de los círculos. ✓ Tener en cuenta las variables que podrían afectar el orden de los círculos en el momento de hacer el ordenamiento. ✓ Evitar hacer el ordenamiento de los círculos en una sola función.
RE1 – 002	Amenaza	Círculos almacenados en el orden incorrecto	Análisis de la imagen	ALTO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Listar las variables que podrían afectar el cálculo de los ángulos ✓ Evitar usar una sola función para calcular todos los ángulos
RE1 – 004	Amenaza	Cálculo incorrecto del ángulo	Análisis de la imagen	ALTO	Salvaguarda	Tesista	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Listar las variables que podrían afectar el cálculo de los ángulos ✓ Evitar usar una sola función para calcular todos los ángulos

ANEXO 3 – INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entrevista enfocada al entrenador especializado para determinar las variables en la postura del atleta

¿Cuáles son los principales problemas que tienen los atletas con discapacidad física, mental e intelectual del Club Oswen Chiclayo en sus entrenamientos?

“Son personas que necesitan atención especial, y lamentablemente no contamos con suficiente personal con conocimiento de atletas especiales para entrenar a los atletas”

¿Cuáles son los factores claves que influyen en el rendimiento de los atletas?

“En el rendimiento de los atletas hay muchos factores que influyen en el rendimiento de los atletas, pero el más crítico de todos vendría a ser la postura que adopta el atleta”

¿Cómo afecta la postura que adoptan los atletas?

“Una mala postura a la hora de entrenar puede tener muchas consecuencias, las consecuencias más importantes serían que pueden ocasionar lesiones deportivas y que el atleta no puede desarrollar completamente su potencial”

¿De cuántas partes consta la fase de salida de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual?

“La fase de salida en los atletas, consta de 3 partes:

Marcas, listos, ya

En las cuales según la parte que se este ejecutando, se adoptan diferentes posturas, pero los atletas con habilidades especiales parten desde una sola postura

”

¿Qué es lo que determina que una postura de salida sea correcta?

“Se tienen en cuenta cada parte que da movimiento al cuerpo tales como:

Las rodillas, los tobillos, los codos, las muñecas, la cadera, el cuello y los hombros”

¿Cuáles son las partes claves de las anteriores mencionadas?

“Las partes claves, serían: la cadera, las rodillas y los tobillos”

¿Cuáles son las posturas correctas para estas partes?

“Las posturas correctas para cada parte serían:

Tobillo:117°

Rodilla=180°

Cadera=150°

”

Fig. 49. Entrevista realizada al experto [Autoría propia]

ANEXO 4 – MANUAL DE USUARIO

1. **Objetivo:** El propósito de este manual es facilitar al usuario la operación de los pasos específicos para el análisis de la postura en la fase de salida de los atletas con discapacidad física, mental e intelectual, todo esto con el fin de facilitar de facilitar la corrección de la postura.

2. **Definiciones:** Se realizará tres definiciones importantes:
 - a. **Aplicación de escritorio:** son todas aquellas que necesitan ser instaladas en el ordenador o unidad de almacenamiento (USB).
 - b. **Aplicación escritorio portable,** es aquella que no necesita ser instalada en el ordenar para poder funcionar, solo basta con copiar la carpeta que la contiene al ordenador.
 - c. **Menú,** se llama a las opciones que se encuentran en la parte superior de la aplicación de escritorio.

3. **Implementación del Sistema:** Para la implementación del sistema, se requerirá que cumplan ciertos aspectos en el hardware, con la finalidad que la aplicación de escritorio se ejecute de manera rápida y eficaz. Para ello se necesita que la computadora, tengan mínimamente las siguientes características:
 - a. Procesador: Intel Core 2 Dúo CPU T6600 2.20GHz.
 - b. Disco Duro: 10 GB de espacio disponible en el disco duro
 - c. Memoria RAM: 4 GB.
 - d. Tarjeta de video: no es necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.

4. **Ejecutar la aplicación:** Para poder ejecutar la aplicación, se debe de buscar dentro de la carpeta el ejecutable, que tiene como nombre clsbiomechanic.exe.



Fig. 50. Aplicación portable clsbiomechanic [Autoría propia]

5. Cargamos el video a analizar

- a. Para iniciar esto, debemos de dar clic en la opción cargar video, el cual se encuentra en el menú llamado File.

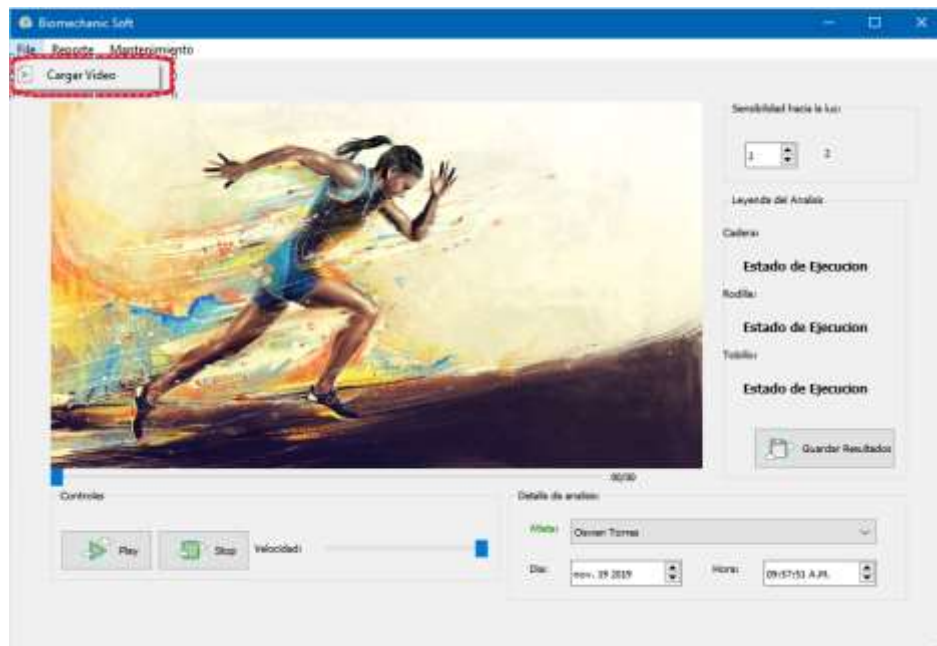


Fig. 51. Opción cargar video del menú File [Autoría propia]

- b. Luego, del primer paso, damos doble clic al video que deseamos analizar o seleccionamos el video que deseamos analizar, para luego dar clic a la opción de abrir.

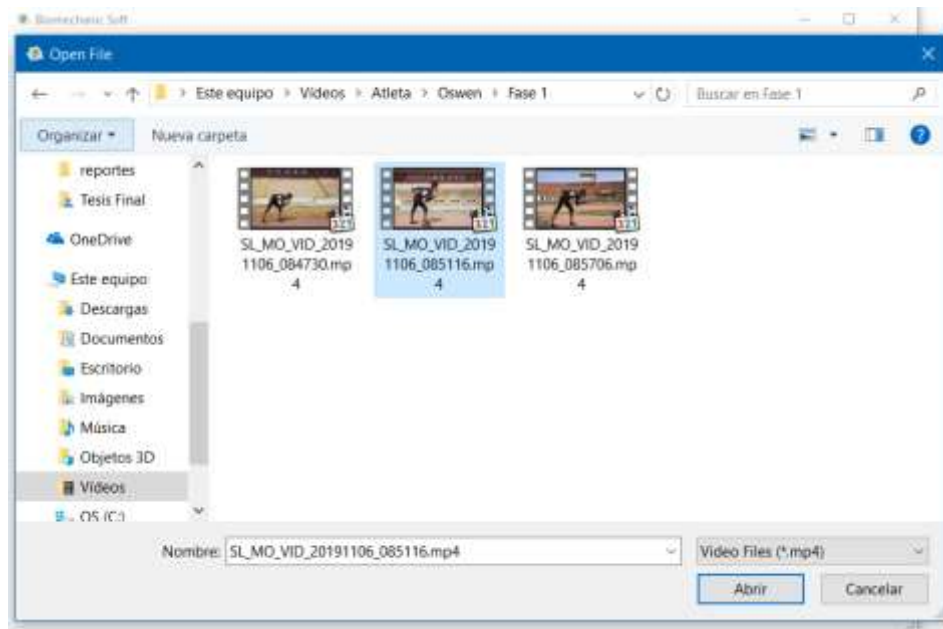


Fig. 52. Cargando video a analizar [Autoría propia]

6. **Realizar análisis:** Para este punto se va a realizar 3 etapas:

- a. Donde la primera etapa se **inicia el análisis**, para lo cuál se debe hacer clic en el **botón Play**, como se muestra en la siguiente imagen.

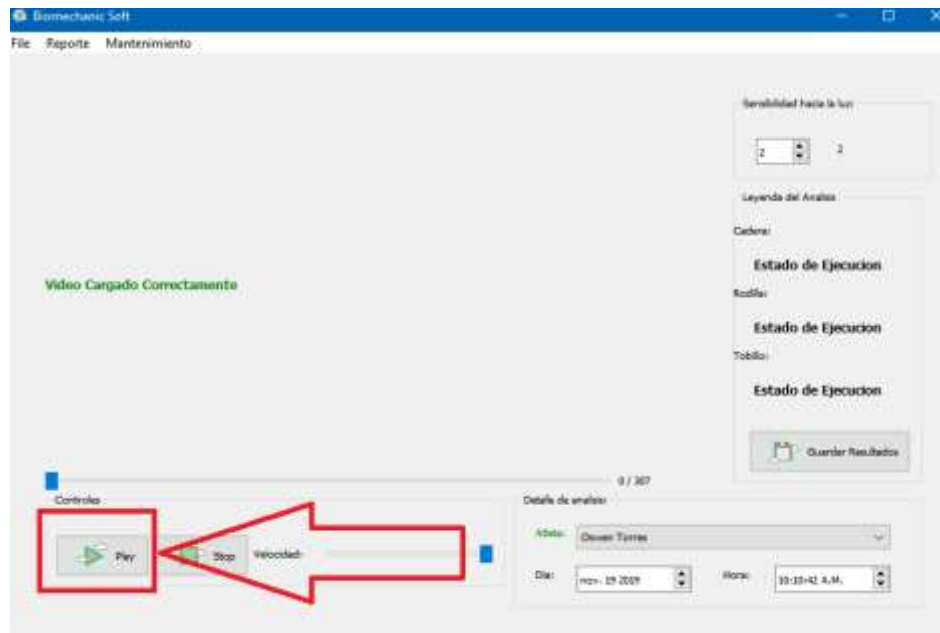


Fig. 53. Inicio del análisis [Autoría propia]

- b. Luego, se debe de realizar el **control de la velocidad**, para poder saber a qué velocidad está reproduciéndose el video, eso se puede realizar haciendo uso de la barra de velocidad, donde al deslizarla hacia la izquierda, disminuye la velocidad y deslizarla hacia la derecha aumenta la velocidad.

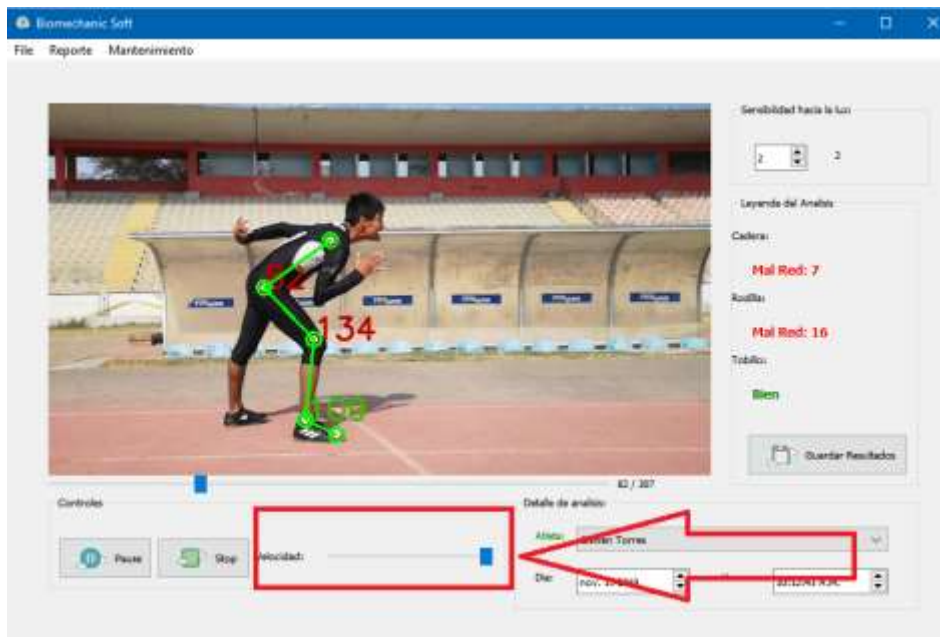


Fig. 54. Control de velocidad [Autoría propia]

c. Para poder **ver el estado ejecución y recomendaciones para mejorar la postura en la fase de salida**, se debe de observar en la pantalla principal, en la parte derecha de la aplicación, donde la leyenda nos indica en qué estado de ejecución se encuentra la postura:

- El color rojo indica que la postura en la fase de salida está mal ejecutada.
- El color amarillo indica que la postura en la fase de salida está regularmente ejecutada.
- El color verde indica que la postura en la fase de salida está esta correctamente ejecutada.

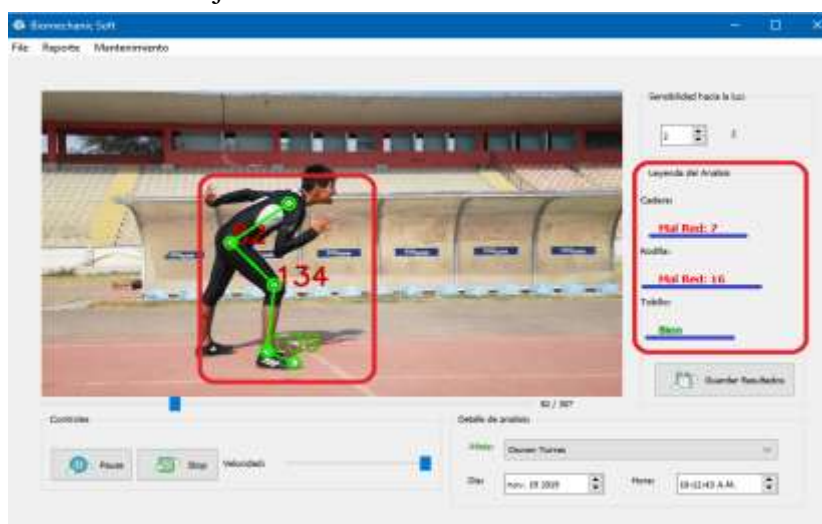


Fig. 55. Control de velocidad [Autoría propia]

7. Guardar análisis: Para poder guardar el análisis que estamos realizando en la aplicación, se debe de seguir cuatro simples pasos:

- Donde el **primer paso**, es **pausar el video cuando en la pantalla se muestra la fase de salida del atleta**, para ello se debe dar clic en el botón pausa, como se muestra en la siguiente imagen:



Fig. 56. Pausar video [Autoría propia]

- b. Una vez pausado el video, se da clic en el botón guardar resultados, como se observa en la imagen.

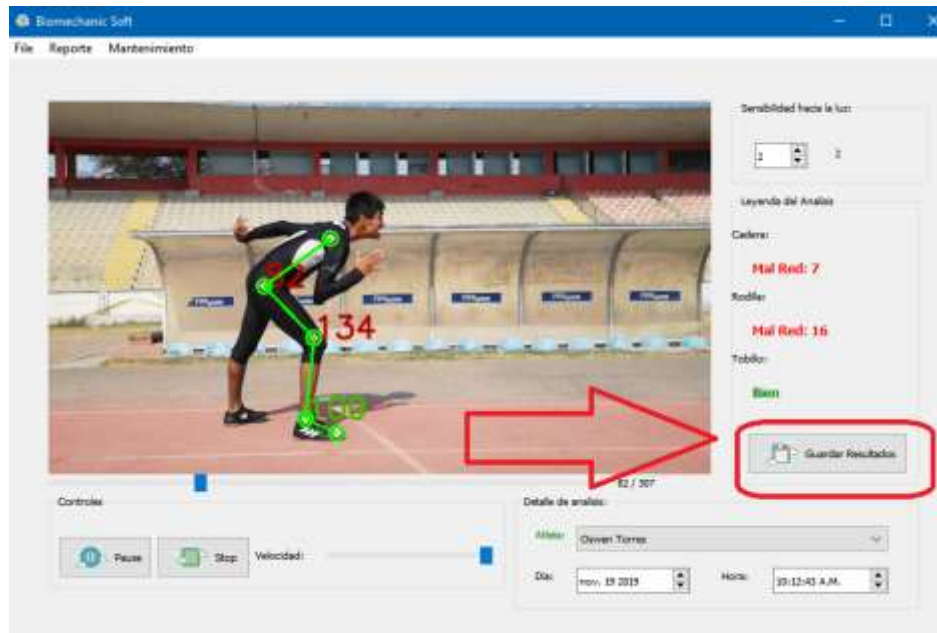


Fig. 57. Control de velocidad [Autoría propia]

- c. Luego que se realiza el anterior paso, se debe de confirmar que se desea guardar el video dando clic en el botón Yes.

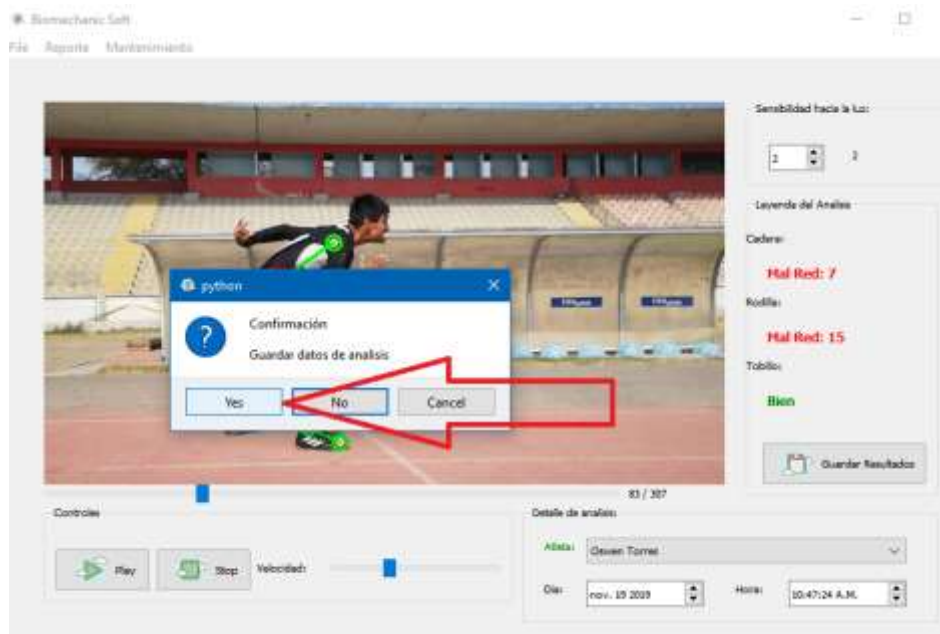


Fig. 58. Confirmar guardado de análisis [Autoría propia]

- d. Luego de confirmar el guardado de video, da posibilidad al usuario de escoger en que carpeta desea guardar el análisis del video, hasta con que nombre lo desea guardar. Luego de escoger ambas cosas, damos clic en el botón guardar.

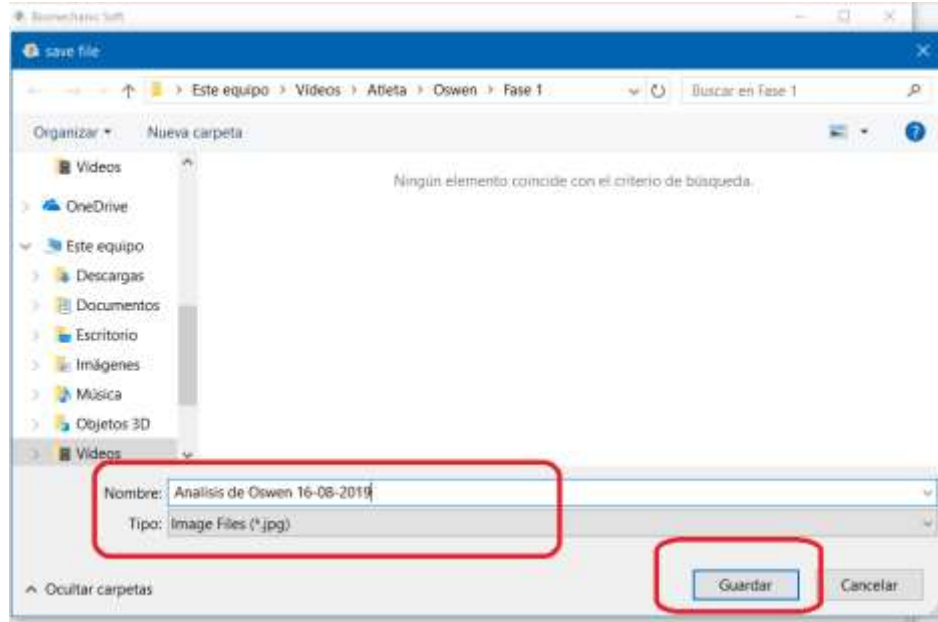


Fig. 59. Guardado del análisis [Autoría propia]

8. Visualizar análisis guardado:

Para poder visualizar el resultado del video guardado, nos debemos de ubicar en la carpeta en la cual se encuentra el video a analizar y ahí podremos visualizar el análisis que se guardó en forma de una imagen.

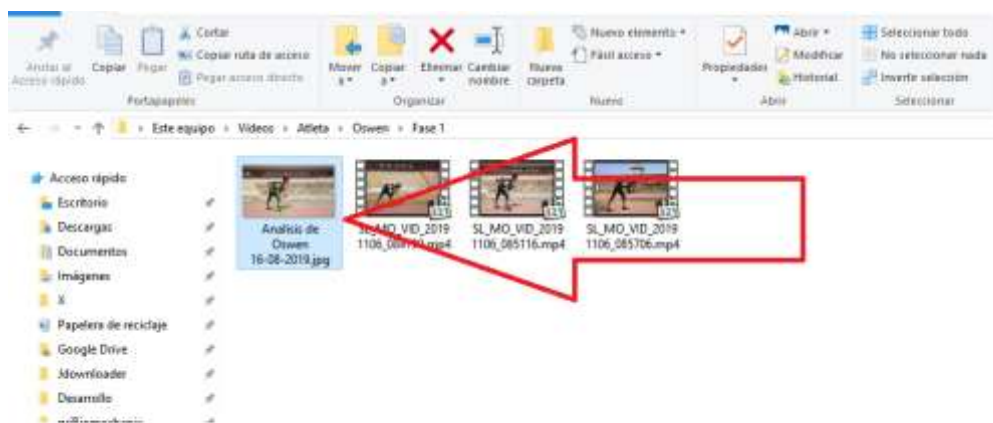


Fig. 60. Visualización del análisis guardado [Autoría propia]