

Desarrollo De Un Sistema De Visión Artificial Multiperfil Para El Análisis Deportivo Del Voleibol

Development Of A Multi-Profile Artificial Vision System For The Sports Analysis Of Volleyball

Diana Milena Torres Rondon^{1*} 
Universidad de Pamplona

Cristian Kamilo Ruiz Henao 
Universidad de Pamplona

, MSc. Oscar Manuel Duque Suarez^{2}** 
SENA, SENNOVA,

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ *Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Programa de Ingeniería en Mecatrónica. Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia. E-mail: dianamil_96@unipamplona.edu.co cristian.ruizcr@unipamplona.edu.co

² SENA, SENNOVA, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Regional Norte de Santander, CEDRUM, (57+7) 57 7 578 3286. E-mail: oduques@sena.edu.co

RESUMEN

En este artículo se desarrolla un sistema de visión artificial Multiperfil, para lo cual se utilizan dos dispositivos Kinect V2 donde se capturan la imagen frontal y lateral del movimiento, esto con el fin de obtener una visión 3D para el análisis de diferentes variables.

Este sistema es validado con deportistas para comprobar su correcto funcionamiento y parametrizado a partir de las normas FIVB, donde se analizan las técnicas de remate y bloqueo, que a su vez se subdividen en diferentes variables estáticas y dinámicas del deportista. Finalmente, se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo del mismo, generando un reporte con sus eficiencias y deficiencias para un reporte evolutivo; este proyecto cuenta con un sistema de validación, con el fin de comparar las datas arrojadas en el proyecto por las arrojadas por un sistema más avanzado, y así generar un análisis físico y estadístico para el mejoramiento técnico táctico del deportista.

PALABRAS CLAVE: Visión artificial, voleibol, Multiperfil, software deportivo, evolución deportiva, Antropometría.

ABSTRACT

In this article, a Multi-profile artificial vision system is developed, for which two Kinect V2 devices are used where the frontal and lateral image of the movement are captured, this in order to obtain a 3D vision for the analysis of different variables.

This system is validated with athletes to check its correct operation and parameterized based on the FIVB standards, where the shooting and blocking techniques are analyzed, which in turn are subdivided into different static and dynamic variables of the athlete. Finally, a qualitative and quantitative analysis of it is carried out, generating a report with its efficiencies and deficiencies for an evolutionary report; This project has a validation system, in order to compare the data obtained in the project with those obtained by a more advanced system, and thus generate a physical and statistical analysis for the technical and tactical improvement of the athlete.

KEYWORDS: : Artificial vision, volleyball, Multi-profile, sports software, sports evolution, Anthropometry.

INTRODUCTION

El propósito de esta investigación fue construir un sistema de análisis del desempeño técnico-táctico de jugadores de vóleybol, que posibilite una ruta de aprendizaje para los practicantes. Las variables de estudio fueron la evaluación del desempeño en las técnicas del remate y el bloqueo, a través de dos dispositivos Kinect, que permiten registrar y acceder a la información del desarrollo de las técnicas.

Este sistema de análisis presenta características de bajo costo y fácil operación

constituyendo fortalezas que benefician a todos aquellos entrenadores y practicantes que lo utilicen.

1. ESTUDIO DE LAS NORMATIVAS ASOCIADAS AL VOLEIBOL, GESTOS DEPORTIVOS Y LAS CONDICIONES DE EVALUACION

1.1. *El bloqueo*

Es la acción de los jugadores cerca de la red para interceptar, ubicándose por encima del borde superior de la red, el balón proveniente del adversario, sin importar la altura del contacto con el balón.

1.2. Características del golpe de ataque

Todas las acciones para dirigir el balón hacia el adversario, con excepción del saque y el bloqueo, se consideran golpes de ataque.

1.3. El remate

Se completa un golpe de ataque en el momento en que el balón cruza completamente el plano vertical de la red o es tocado por un adversario como se muestra en la Figura 1.

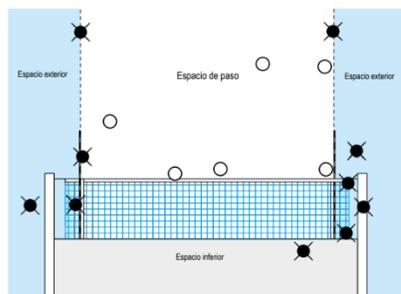


Figura 1 Balón que cruza el plano vertical de la red hacia el campo
Fuente: Fivb.

Las reglas del voleibol, aunque normalizan y regulan las actitudes y comportamientos de los jugadores, no hacen referencia a los procesos o pasos para lograr la finalidad del juego, es decir, conseguir el punto. Los aspectos estratégicos, técnico-tácticos, metodológicos, etc., quedan librados a la iniciativa y creatividad de entrenadores y jugadores, que, a través de sus conocimientos y experiencias, provocan el discurrir y la evolución del juego.

2. ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL MULTIPERFIL

La instrumentación para poder implementar el sistema de visión artificial se divide en dos partes: El dispositivo de captación de imagen y criterios de diseño del software de visión artificial.

2.1. Criterios de diseño del dispositivo de captación de imagen

Este dispositivo estará a cargo de la primera etapa del proceso de visión artificial conocido como adquisición de la imagen, algunos de estos dispositivos llegan incluso a incluir la etapa de pre procesamiento. En base a las características de la finalidad de la investigación se puede dar por descartado el Tipo de sistema de visión artificial 1D, por lo que solo se tendrían en consideración dispositivos que funciones para 2D y 3D, siendo en la mayoría de los casos funcional el mismo dispositivo con la diferencia de que para el 3D se deben implementar dos o más dispositivos.

2.2. Criterios de diseño del software de visión artificial

Dentro de la programación es necesario seleccionar un entorno de desarrollo que permita llevar a cabo un correcto tratamiento de imagen, implementación de una interfaz hombre – máquina (HMI) y que sea interactivo con las necesidades del proyecto, en base a ello se establecen unos parámetros que debe cumplir este software o entorno para facilitar la implementación del proyecto:

- Portabilidad
- Relación costo beneficio
- Sensores de profundidad
- Lectura RGB
- Campo de uso especializado en la captación de cuerpos de movimiento
- Resolución
- Nivel de sensibilidad
- Adaptación a diferentes entornos de

programación

Antes de poder implementar y hacer pruebas de la captura, es necesario hacer la configuración principal de los dispositivos de este proyecto, lo primero a realizar es la instalación del driver “Kinect Runtime v2.0” (para que Windows reconozca cuando se conectan los dispositivos) y el software “Processing 3” (para poder acceder a través de Processing a los Kinect) (Figura 40).

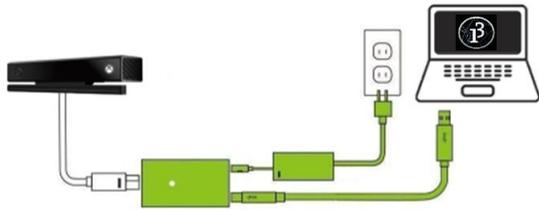


Figura 2 Conexión dispositivo Kinect – Processing – P.C.
Fuente: Autor.

para el control, se realiza la conexión entre dos placas Arduino Nano para realizar un control Maestro – Esclavo (Figura 3), las cuales conectadas por los pines digitales envían datos booleanos para el control de la interfaz dentro del entorno de desarrollo.

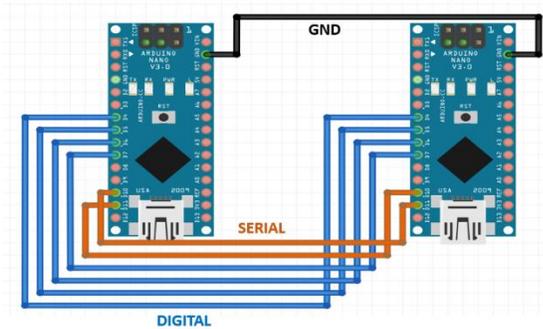


Figura 3 Conexión Arduinos nano.
Fuente: Autor.

En la Figura 4, se observa todo el flujo de conexión del proceso entre los dispositivos de captura, los dispositivos de control y los PC Maestro – Esclavo que servirán para la correcta visualización del movimiento.

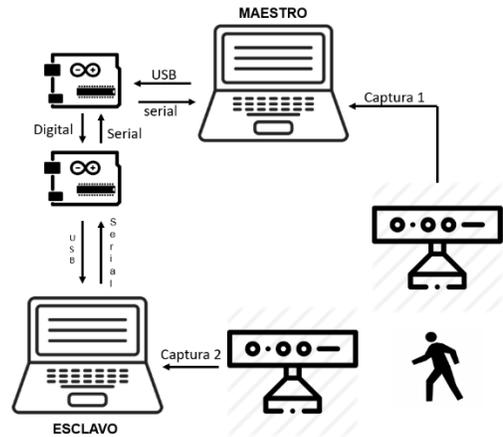


Figura 4 Esquema de conexión de los dispositivos
Fuente: Autor.

3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE VISION, PESO, SOTFWARE Y METODOS DE REPRESENTACION

Para la selección de los elementos de hardware, se especifican tres diferentes herramientas de posible uso con el fin de evaluar y categorizar cada una dentro de los rangos de trabajo que se requieren para el proyecto.

Se obtiene que el Kinect V2 cumple los parámetros mínimos y está calificada para ser la herramienta de adquisición de imagen del sistema. Para este proyecto es primordial el factor económico.

Tabla 1 Selección del elemento de visión

CARACTERÍSTICAS	%	CÁMARA WEB	KINECT V2	KINECT V1
RESOLUCIÓN	15%	30 fps. 1932 x 1088 px	30 fps. 1932x1088 px	30 fps. 640x480 px
CALIFICACIÓN		10	10	8
ÁNGULOS DE VISIÓN	15%	69° vertical 69° horizontal	60° vertical 70° horizontal	43° vertical 57° horizontal
CALIFICACIÓN		10	10	6
DISTANCIA	15%	3.0 m	1.37 m	1.82 m
CALIFICACIÓN		10	5	10
LATENCIA	15%	200 ms	20 ms	102 ms
CALIFICACIÓN		4	10	7
PRECIO	40%	\$ 195.000	\$ 120.000	\$ 90.000
CALIFICACIÓN		6	9	10
TOTAL		7.5	8.85	8.65

Fuente: Autor

El proceso de selección se basa en los criterios de evaluación de la calidad especificados en ISO / IEC 9126. Estos son estándares de diseño de software que se

pueden dividirse en cuatro categorías principales: rendimiento, confiabilidad, facilidad de uso y calidad.

Cada una de estas características tiene sus propias características, ya que cada componente tiene sus propias tipologías relevantes para esta tarea. Después de obtener los resultados de la Tabla 1, está claro que el mejor entorno para trabajar en este proyecto es Processing.

Este lenguaje facilita el desarrollo de algoritmos para ser implementados en sistemas de visión artificial, además cuenta con una amplia colección de paquetes disponibles de forma gratuita para ser usados en proyectos, ya sean comerciales o no, también hay que destacar que este entorno hace uso de la librería OpenCV para algunos de sus algoritmos como complemento en los paquetes que requieren visión artificial.

3.1. Processing

Processing es el conjunto de un lenguaje de programación, fundamentalmente orientado a objetos, basado en Java, por una parte, y el IDE correspondiente para desarrollar aplicaciones en dicho lenguaje. Del mismo modo que Arduino tiene su propio IDE, Processing también.



Figura 5 Logo de Processing

Las características principales de Processing son:

- Todo el entorno es gratuito y open source.
- Programas interactivos que permiten generar modelos en 2D, en 3D e, incluso, en documentos PDF.
- Integración con OpenGL para la aceleración 2D y 3D.
- Disponible para Linux, Windows y Mac OS.
- Más de cien librerías para ampliar las funcionalidades que ofrece el núcleo.
- Gran cantidad de documentación y libros.

Para dicha prueba y error se realizaron pruebas enviando y recibiendo una matriz de datos correspondientes al movimiento capturado en donde debe llegar la misma matriz en el mismo orden sin pérdida de ningún dato y organizada de la misma forma como se muestra en las Figura 6.

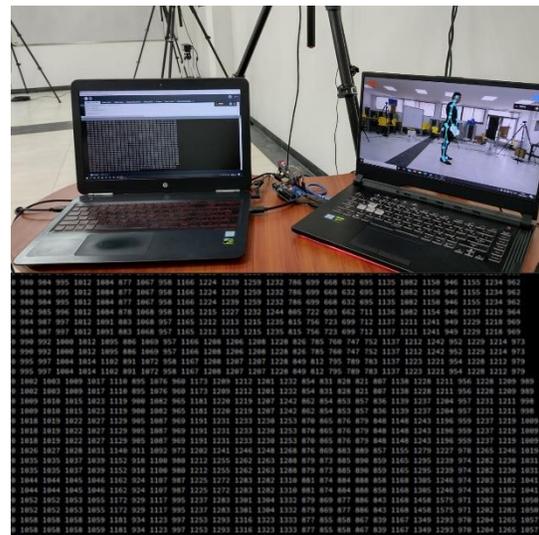


Figura 6. Comunicación serial de los dispositivos
Fuente: Autor.

4. DESARROLLO DE LA HMI Y EL AMBIENTE DE CAPTURA

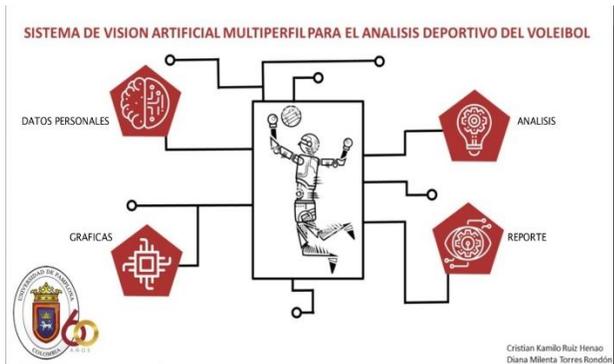


Figura 7 HMI

Fuente: Autor.

En la siguiente HMI se proponen cuatro interfaces correspondientes a:

- Datos personales: Aquí se toman los datos del deportista.

Nombre, Edad, Peso, Estatura

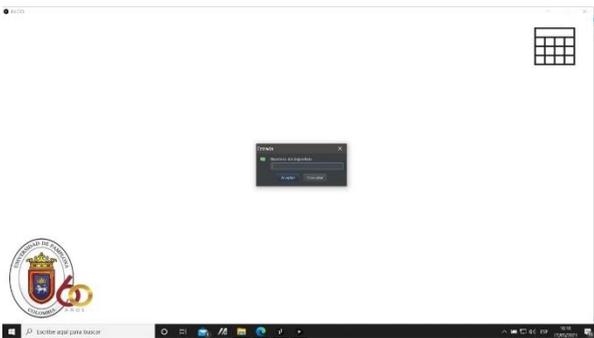


Figura 8 Datos a ingresar

Fuente: Autor.

- Graficas: la información que se muestra en graficas expone los 25 puntos, que representan las articulaciones a analizar. Donde por medio ellos se graficará el movimiento del deportista para visualizar que no haya perdidas de datos en la captura.

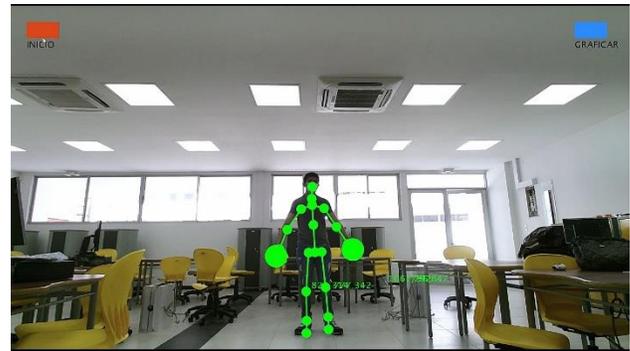


Figura 9 Usuario a analizar

Fuente: Autor.

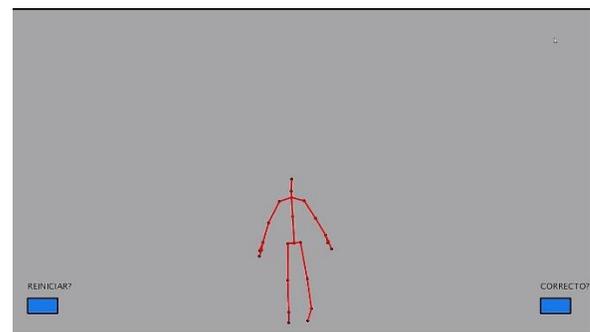


Figura 10 Análisis del gesto analizado

Fuente: Autor.

- Análisis: se reciben la matriz del computador esclavo y se identifican los ángulos y extensiones generados en el deportista. Para dar un valor cualitativo y cuantitativo del mismo.



Figura 11 Reporte deportivo

Fuente: Autor.

- Reporte: se pretende comparar el análisis arrojado por el sistema con el estándar FIVB con el fin de obtener

recomendaciones para mejorar la técnica.

Para un mejor estudio del deportista se instalan dos dispositivos Kinect previamente seleccionados, uno perpendicular al otro (figura 12) con el fin de capturar la imagen frontal y lateral del movimiento, para así obtener una visión 3D de la técnica a partir del análisis de las diferentes articulaciones del cuerpo del deportista.

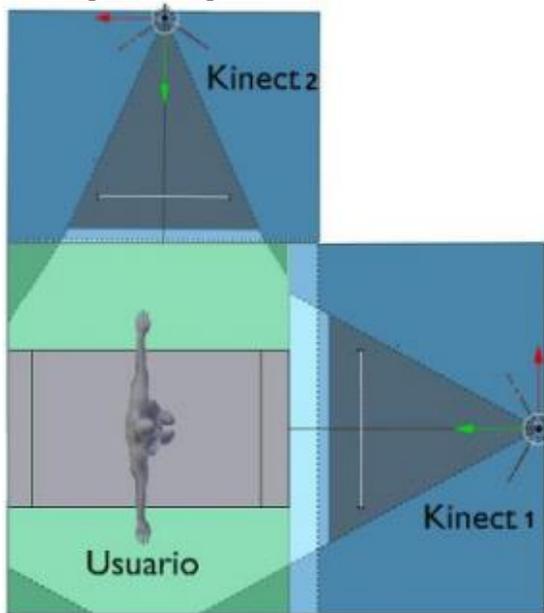


Figura 12 Ambiente de captura

Fuente: Autor.

4.1. Restricciones del ambiente de captura

Principalmente, el Sol fue el causante de los problemas en las capturas de los movimientos del deportista, es por ello que se dedica un subtítulo completo a explicar cada una de las restricciones o detalles a considerar a la hora de la captura del movimiento.

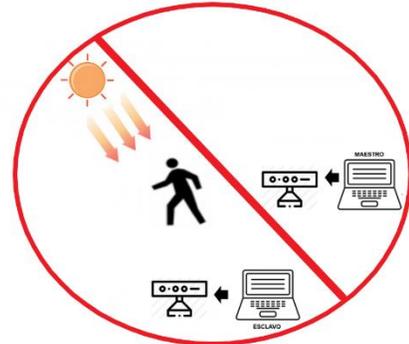


Figura 13 Restricciones

Fuente: Autor.

Inicialmente, los dispositivos Kinect deben estar alineados perpendicularmente de tal forma que la vista posterior y lateral del deportista se observen con facilidad. La distancia a la cual debe estar la persona debe ser máximo de 3 metros, con el fin de que la captura de los dispositivos siempre sea con el mejor rendimiento.

El Sol fue el único causante de los errores en el prototipo, por ello, se recomienda que las capturas sean realizadas en espacios cerrados con luz artificial.

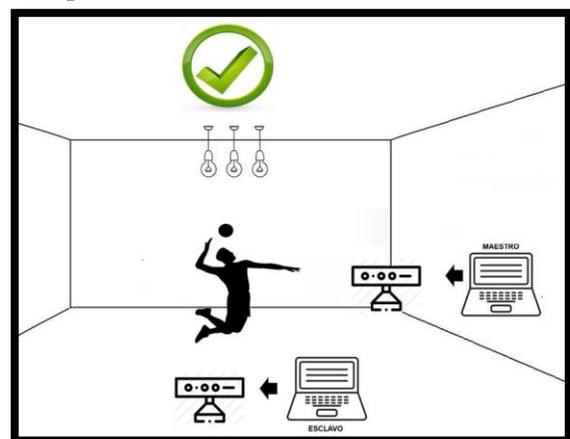


Figura 14 Restricciones

Fuente: Autor.

Por último, la vestimenta, altura, raza o ángulo no son restricciones del ambiente.

5. DISEÑO DEL ALGORITMO DE ANALISIS DEPORTIVO DE VOLEIBOL DE LOS GESTOS DEPORTIVOS Y CONDICIONES TECNICO TACTICAS PERTINENTES

Para el diseño del algoritmo se estableció los puntos que se observan en la siguiente Figura 15

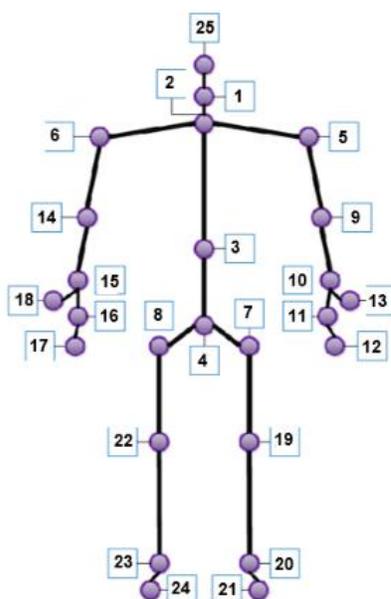


Figura 15 Unión del esqueleto por puntos tomados del Kinect

1	Cuello	10	Muñeca Derecha	19	Rodilla Derecha
2	Espina Dorsal	11	Mano Derecha	20	Tobillo Derecho
3	Columna Media	12	Punta Mano Derecha	21	Pie Derecho
4	Base De La Columna	13	Pulgar Derecho	22	Rodilla Izquierda
5	Hombro Derecho	14	Codo Izquierdo	23	Tobillo Izquierdo
6	Hombro Izquierdo	15	Muñeca Izquierda	24	Pie Izquierdo
7	Cadera Derecha	16	Mano Izquierda	25	Cabeza
8	Cadera Izquierda	17	Punta Mano Izquierda		
9	Codo Derecho	18	Pulgar Izquierdo		

Tabla 2 Articulaciones del esqueleto

Fuente: Autor

Para el algoritmo de análisis deportivo, se tuvo en cuenta la descomposición estructural del esqueleto como se muestra en la figura 15 y tabla 2, con esto se realizó una matriz con cada una de las secuencias de movimientos captados por el Kinect, y a partir de

esto se procede al análisis con el cual se calcula la distancia entre puntos y cálculo de ángulos por medio de la ley del coseno.

5.1. Parámetros de análisis deportivo.

Para la elaboración del código se tuvo en cuenta diferentes variables determinantes en el gesto de remate y de bloqueo las cuales pueden orientar a un jugador a su máximo desempeño. A continuación, se enumera cada una de ellas y se coloca los parámetros utilizados para programar cada una de estas variables.

Remate:

- Flexión de rodillas en batida

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (20-19-4) con estos se encontró el ángulo obtenido en las rodillas desde la vista lateral. Con una condición en donde se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor óptimo es de 102°.

- Flexión de cadera en batida

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (19-4-2) con estos se encontró el ángulo obtenido en la cintura desde la vista lateral. Con una condición en donde se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor óptimo es de 93°.

- Apertura de brazos en batida

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (7-5-9) con estos se encontró el ángulo obtenido en los hombros desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 7 y 9 esto con el fin de afirmar que los brazos se encuentran detrás de la espalda, luego se muestrea y se toma el ángulo mayor capturado donde el valor óptimo es de 60°.

- Flexión de rodillas en vuelo

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (20-19-4) con estos se encontró el ángulo obtenido en las rodillas desde la vista lateral. Con dos condiciones

en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los brazos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo mayor capturado donde el valor optimo es de 170° .

- Apertura de brazos en vuelo

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (15-1-10) con estos se encontró el ángulo obtenido en la cabeza y los brazos desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los brazos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 0° .

- Posición espalda en golpe

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (25-4-22) con estos se encontró el ángulo obtenido en la espalda con respecto a la cabeza y la cintura desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los brazos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo mayor capturado donde el valor optimo es de 155° .

- Posición brazos en golpe

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (5-9-10) con estos se encontró el ángulo obtenido en los codos desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los brazos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo mayor capturado donde el valor optimo es de 180° .

Bloqueo:

- Flexión de rodillas en posición inicial

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (20-19-4) con estos se encontró el ángulo obtenido en las rodillas

desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 9 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de los codos, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 102° .

- Postura brazos en posición inicial

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (5-9-10) con estos se encontró el ángulo obtenido en los codos desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 9 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de los codos, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 60° .

- Flexión de rodillas en salto

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (20-19-4) con estos se encontró el ángulo obtenido en las rodillas desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 170° .

- Posición abdominal en salto

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (25-4-22) con estos se encontró el ángulo obtenido en el abdomen con respecto a la cabeza y la cintura desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 165° .

- Posición brazos en bloqueo

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (5-9-10) con estos se encontró el ángulo obtenido en los codos desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales

10 y 1 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 180°

- Posición abdominal en bloqueo

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (25-4-22) con estos se encontró el ángulo obtenido en el abdomen con respecto a la cabeza y la cintura desde la vista lateral. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 170°.

- Separación brazos en bloqueo

Vectores verticales de importancia en la matriz capturada (10-2-15) con estos se encontró el ángulo obtenido la cabeza con respecto a ambas manos desde la vista frontal. Con dos condiciones en donde se comparan los vectores verticales 10 y 1 esto con el fin de afirmar que los manos se encuentran por encima de la cabeza, luego se muestrea y se toma el ángulo menor capturado donde el valor optimo es de 38°.

5.2. Diseño del reporte del análisis.

Se diseñó la interface de análisis por la necesidad de dar una respuesta cualitativa y cuantitativa al usuario de forma que sea fácil de interpretar los valores dados por el dispositivo de captura donde se analiza los siguientes gestos, para lo cual se implementó de la siguiente forma:



Figura 16 Reporte

Fuente: Autor.

El reporte da un valor cuantitativo en porcentaje en donde 100% es el movimiento perfecto o exacto

dentro de los parámetros establecidos por la FIVB. Los porcentajes establecidos ayudan a tener los datos estadísticos de los deportistas, con los cuales se realizan comparativas de la eficiencia al momento de ejecutar cada gesto.

6. VALIDACION DEL SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL MULTIPERFIL DE VOLEIBOL

Una vez instalados los Kinect, se procede a probar el correcto funcionamiento de este, y para ello la Figura 17 expone por medio de un collage de imágenes la comparación entre el software Shogun de Vicon, el proyecto Kinect realizado y la captura real del sujeto, con el fin de validar que la posición de los tres fuese la misma y no existan errores visuales en las mediciones.

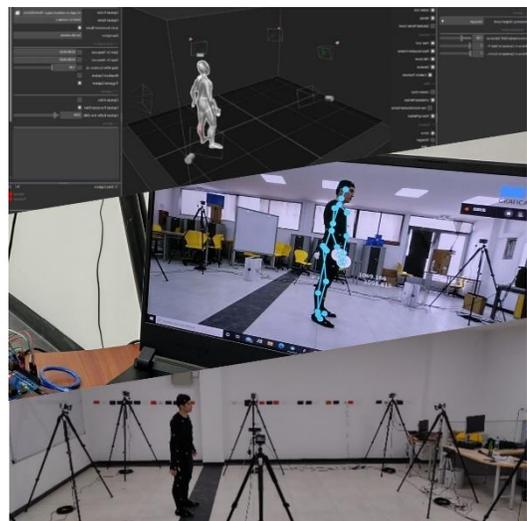


Figura 17 Comparación entre Vicon vs. Kinect vs. Real

Fuente: Autor

6.1. Análisis de resultados y estudios estadísticos de la respuesta obtenidas

Para el análisis de los resultados se realiza la comparación de seis puntos específicos, los cuales son los que intervienen a lo largo de toda la acción del movimiento. Para el sistema de visión se estudió el proceso de percepción y captura de trabajos de Casadiego SAC, Rondón CVN en el 2020.

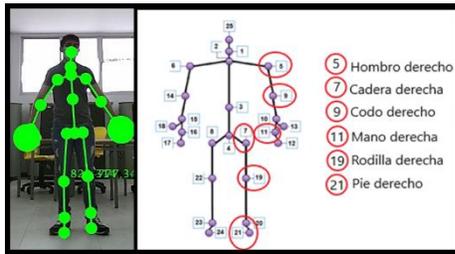


Figura 18 Esqueleto con las articulaciones a validar (Kinect)

Fuente: Autor

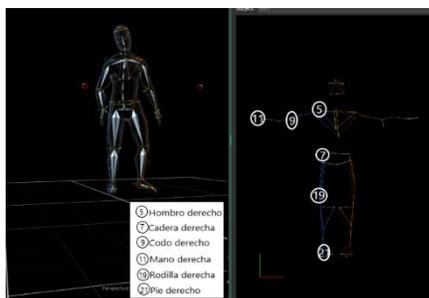


Figura 19 Esqueleto con las articulaciones a validar (MOCAP)

Fuente: Autor

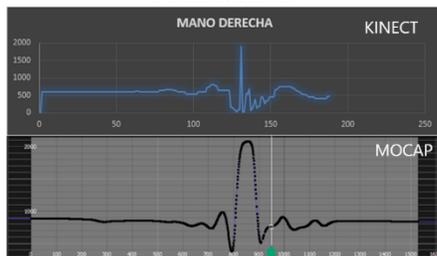


Figura 20 Trayectoria (mano derecha) Kinect vs Mocap

Fuente: Autor

En la Figura 20 se muestra la comparativa de la trayectoria de la mano derecha realizada con el Kinect contra la captura realizada por el Mocap. en donde se pudo notar que las trayectorias tienen cierto grado de similitud teniendo en cuenta que esta comparativa solo se puede hacer con respecto al suelo, que es su único punto en común.

7. CONCLUSIONES

Se realiza un estudio de las técnicas seleccionadas para poder entender los movimientos a nivel de programación, una vez clara la forma en que se ejecutan y como puede ser implementado al lenguaje (Processing) fue posible hacer el diseño del algoritmo para la captura los gestos deportivos, para este paso también fue necesario el estudio de funcionamiento de las librerías ya que era un entorno nuevo el cual no se había trabajado con él, el algoritmo puede llegar a ser potencializado con un mayor conocimiento para futuros análisis en el voleibol o en otro deporte.

Con el fin de minimizar los recursos utilizados por el PC en la comunicación, se implementó la configuración de comunicación maestro-esclavo lo cual permitió analizar más datos y obtener una mejor captura del dispositivo creado.

El Kinect, así como otros instrumentos que buscan informaciones a partir de un proceso de captura, en algunos casos los datos pueden no representar con exactitud los acontecimientos. Sin embargo, se logró la mejor forma de conocer los aspectos significativos y con cierta precisión en el análisis de los practicantes.

En este trabajo se compararon las trayectorias de los gestos deportivos del voleibol obtenidas mediante dos sistemas de captura de movimiento para validar el sistema de captura. Para ello se implementó un algoritmo para la estimación de las posiciones articulares por el practicante. Los resultados antropométricos obtenidos con Kinect no mostraron una exactitud en relación a los obtenidos con Vicon. Pero se obtiene una precisión la cual permite realizar análisis aceptables para los movimientos requeridos.

REFERENCIAS

- [1]. Agredo Lucio, Karen Daniela, and Sara Isabela Vergara Aguilar, 'Sistema Para Determinar El Centro de Gravedad Total En Un Adulto Haciendo Uso Del Sensor Kinect Karen Daniela Agredo Lucio Sara Isabela Vergara Aguilar Universidad Del Cauca', 2017
- [2]. Ahmed, Faisal, Padma Polash Paul, and Marina L. Gavrilova, 'Kinect-Based Gait Recognition Using Sequences of the Most Relevant Joint Relative Angles', *Journal of WSCG*, 23.2 (2015), 147–56
- [3]. Alvear Puertas, Vanessa, Paul Rosero Montalvo, Diego Peluffo Ordóñez, and José Pijal Rojas, 'Internet de Las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura', *Enfoque UTE*, 8 (2017) <<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.121>>
- [4]. Aragundi Castro, Carlos Alberto, 'Observacion y Analisis de La Colocación En El Voleibol', 2006
- [5]. Bayona Ibáñez, E. ., & Ricon Parada, I. K. . (2020). Hábitos de estudio y rendimiento académico en los estudiantes de ingeniería mecánica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(29), 64-69. <https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.191>
- [6]. Casadiego SAC, Rondón CVN. Caracterización para la ubicación en la captura de video aplicado a técnicas de visión artificial en la detección de personas *Revista Tecnologías de Avanzada - Uipamplona - Journal2020 ISSN: 1692-7257 - Vol2 – N 36 – 2020*
- [7]. Chalarca, Yolima Roman; Cardona, Oscar, 'Análisis Biomecánico de La Ejecución Técnica Del Gesto Remate En El Equipo Menores Femenino Perteneciente a La Liga Risaraldense de Voleibol 2012', 2013
- [8]. Cibrián Tobar, Samuel, 'Cultura Voleibol', Fidel Herrera Beltrán Veracruz, 51,52 p.
- [9]. COGNEX, 'INTRODUCCIÓN A LA VISIÓN ARTIFICIAL', 3–20
- [10]. COLEGIO EL ARMELAR, 'El Voleibol', 2013 <<http://colegioelarmelar.org/efisicaysalud/files/2013/04/APUNTES-VOLEY-2o-ESO-ARM.pdf>>
- [11]. Cortina, Carlos, *Voleibol Fundamentos Técnicos*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2007 <<https://deportivasfeszaragoza.files.wordpress.com/2008/11/voleibol-fundamentos-tecnicos.pdf>>
- [12]. Electrónica, Carrera D E Ingeniería, Chuya Sumba, Jorge Patricio, Ing Patricio, and Fernando Urgilés, 'Diseño E Implementación De Un Sistemas Para El Análisis Del Movimeinto Humano Usando Sensores Kinect', 2013, 113
- [13]. Fernández Samacá, L. ., Mesa Mesa, L. A. ., & Pérez Holguín, W. J. . (2020). Investigación formativa para estudiantes de ingeniería utilizando robótica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(28), 30-38. <https://doi.org/10.24054/16927257.v28.n28.2016.203>
- [14]. Lambraño García, E. D., Lázaro Plata, J. L. ., & Trigos Quintero, A. E. . (2020). Revisión de técnicas de sistemas de visión artificial para la inspección de procesos de soldadura TIPO GMAW. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(29), 47-57. <https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.189>
- [15]. M. Solarte, G. A. Ramírez and D. A. Jaramillo, "Hábitos de ingreso y resultados en

- las evaluaciones en cursos en línea masivos con reconocimiento académico,” *Ing. E Innov.*, vol.5, 1, 2017.
- [16].
- [17]. Niño Rondón, C. V. ., Castro Casadiego, S. A. ., & Medina Delgado, B. . (2020). Caracterización para la ubicación en la captura de video aplicado a técnicas de visión artificial en la detección de personas. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(36), 83-88. <https://doi.org/10.24054/16927257.v36.n36.2020.24>
- [18]. Ospina Toro, D. ., Toro Ocampo, E. M. ., & Gallego Rendón, R. A. . (2020). Solución del MDVRP usando el algoritmo de búsqueda local iterada. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(31), 120-127. <https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.139>
- [24].
- [19]. Rodríguez Gasca, E. A., Cortés Torres, E. de J. ., & Peña Cortés, C. A. (2021). Aplicación de la metodología QFD en el desarrollo de una impresora 3D. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(28), 47-54. <https://doi.org/10.24054/16927257.v28.n28.2016.289>
- [20]. 6 citas A2 A5 A9 A11 A14
- [21]. Rosado Gómez, A. A. ., & Verjel Ibáñez, A. . (2020). Aplicación de la minería de datos en la educación en línea. *Revista colombiana de tecnologías de avanzada*, 1(29), 92-98. <https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.194>
- [22]. Vanegas, D., Ramón, A. A. y Lizarazo, A. K. (2017). Comunidad y cultura ambiental. dinámicas de potenciación para un desarrollo sostenible y corresponsable. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1).
- [23].