



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

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: MODELIZACIÓN METODOLÓGICA PARA LA  
EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA DE  
ALTO RENDIMIENTO EMPLEANDO REDES DE SENSORES  
INALÁMBRICOS (WSN)**

**AUTOR: TAIPE MENA, GLORIA ESTEFANIA**

**DIRECTOR: DR. LARA CUEVA, ROMÁN ALCIDES**

**SANGOLQUÍ**

**2017**

## CERTIFICACIÓN



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

### CERTIFICACIÓN

Certificó que el trabajo de titulación, “**MODELIZACIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO EMPLEANDO REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)**”, realizado por la Srta. GLORIA ESTEFANIA TAIPE MENA, se ha revisado en su totalidad y analizado en el Software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la Srta. GLORIA ESTEFANIA TAIPE MENA para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Noviembre del 2017.

Atentamente,

Ing. Román Lara, PhD.

## AUTORIA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **GLORIA ESTEFANIA TAIPE MENA** con cédula de identidad # 1720852332 declaro que este trabajo de titulación **“MODELIZACIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO EMPLEANDO REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado derechos intelectuales de terceros, considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Noviembre del 2017.

Gloria Estefania Taipe Mena

C.I: 1720852332

## AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

### AUTORIZACIÓN

Yo, GLORIA ESTEFANIA TAPE MENA, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de titulación **“MODELIZACIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO EMPLEANDO REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Noviembre del 2017.

---

Gloria Estefania Tape Mena

C.I: 1720852332

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a...*

*A mi fiel amigo Jesús, quien ha estado a mi lado en todo momento de forma incondicional, todo lo que he logrado ha sido gracias a él que ha sido mi guía en este caminar y ha hecho que todo se de en el tiempo de Dios.*

*A mi segundo amor Glorita mi madre y amiga, quien ha luchado y trabajado duro para que yo culmine mi preparación profesional, gracias mamita por apoyarme, entenderme y amarme en todo momento. Todo lo logrado es gracias a ti te amo.*

*A mis hermanos, Darwin quien ha creído en mí, y me ha brindado su apoyo de forma incondicional. Gracias por ser como un segundo padre para mí. A mi hermana Pauly, quien ha estado pendiente de mí en todo momento, y es mi ejemplo a seguir como madre.*

*A mi papi Enrique, quien con sus conocimientos ha sabido apoyarme, por el amor que me da, por el desayuno de cada mañana y sobre todo por el cambio que ha logrado por amor a su familia; eres mi ejemplo de superación y perseverancia.*

*A mis sobrinos, Jonathan, Sebastián, Matías, Julián y la princesa de casa Doménica, que han sido mi alegría en los momentos de estrés y por quien velaré toda la vida. A mi cuñada Lucy y mi cuñado Fernando, quienes me han brindado su apoyo incondicional en mis estudios y también en lo personal.*

*Al amor de mi vida Esteban que llegó a complementar mi vida, quien con amor ha sabido apoyarme, es mi compañero con quien quiero compartir más logros; gracias amor por los consejos, la paciencia y por regalarme dos amores más Tomás y Joaquín.*

*Gloria Estefania Taipe Mena*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a...*

*Dios quien me ha dado la vida, por darme serenidad y enseñarme a confiar en el en todo momento. Sin ti no lo hubiera logrado, armaste todo de la forma correcta para que yo esté formándome como profesional, todo mi trabajo va a ser para ti y por ti.*

*A mi madre querida, por hacer hasta lo imposible por darme todo lo necesario, por su infinito amor y comprensión en este caminar; eres el amor más puro e incondicional que Dios me pudo enviar. Gracias por tu esfuerzo y dedicación hacia mí y por ser la mejor madre del mundo.*

*A mis hermanos, que han estado incondicionalmente para mí, me han demostrado su amor y apoyo en toda mi vida; sin duda son un ejemplo, los amo y admiro mucho.*

*A mi padre, quien ha demostrado el amor que tiene a su familia, por tu amor, apoyo y por estar siempre pendiente de mí.*

*Al amor de mi vida, quien con amor y dedicación me ha sabido guiar y llevar de su mano; es mi orgullo y le doy gracias por compartir conmigo sus sueños y metas.*

*A mi director de tesis, Ing. Román Lara, por brindarme la oportunidad de pertenecer a su grupo de trabajo, por extenderme la mano, por su tiempo y por compartirme sus conocimientos.*

*Al docente colaborador, Lic. Orlando Carrasco que me permitió inmiscuirme en el área del deporte, quien con su tiempo me facilito las herramientas necesarias para lograr este proyecto, su entera colaboración y por sus conocimientos compartidos.*

*Gloria Estefania Taipe Mena*

## INDICÉ DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>AUTORIA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XV</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos.....	5
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO.....	5
1.5 ESTADO DEL ARTE.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO.....	9
2.1.1 Factores que intervienen en el rendimiento deportivo.....	9
2.1.2 Entrenamiento deportivo.....	14
2.1.2.1 Proceso del entrenamiento deportivo.....	14
2.1.3 Capacidades físicas en el deporte.....	16
2.1.3.1 Resistencia.....	16
2.1.3.1.1 Clasificación de la Resistencia:.....	16

2.1.3.2 Fuerza .....	17
2.1.3.2.1 Clasificación de la fuerza .....	17
2.1.3.3 Velocidad .....	17
2.1.3.3.1 Clasificación de la velocidad .....	19
2.1.3.3.2 Métodos de entrenamiento de la velocidad.....	20
2.1.3.4 Flexibilidad .....	21
2.1.3.4.1 Clasificación de la flexibilidad .....	21
2.1.4 Ejemplos de modelos para evaluar el rendimiento deportivo.....	21
2.1.4.1 Modelo Psicológico .....	22
2.1.4.2 Modelo Técnico-Táctico .....	23
2.1.4.3 Modelo Nutricional .....	23
2.1.4.4 Modelo Condición Física.....	24
2.2 EL FÚTBOL .....	25
2.2.1 Posición de los jugadores desde el punto de vista Técnico-Táctico ...	26
2.2.2 Fisiología del futbolista.....	29
2.3 REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) .....	32
2.3.1 Definición .....	32
2.3.2 Características de una red WSN.....	33
2.3.3 Arquitectura de una red WSN .....	33
2.3.3.1 Nodos sensores .....	34
2.3.3.2 Gateway o puerta de enlace .....	35
2.3.3.3 Estación base .....	35
2.3.4 Topología de las WSN .....	35
2.3.5 Tecnologías para las WSN .....	36
2.3.5.1 Zigbee .....	36
2.3.5.1.1 Comparación de Zigbee con otras tecnologías .....	37
2.3.5.2 Bluetooth.....	37
2.3.6 Aplicaciones de una red WSN .....	38
2.3.6.1 En la medicina .....	38
2.3.6.2 Agricultura.....	40
2.3.6.3 Catástrofes Ambientales .....	40
2.3.6.4 Estructuras.....	41



2.3.6.5 Domótica.....	42
2.3.6.6 Militar .....	43
2.4 SENSORES COMERCIALES PARA EL DEPORTE .....	44
2.4.1 Análisis de costo entre fabricantes .....	47
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>49</b>
<b>DESARROLLO DEL MODELO .....</b>	<b>49</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	49
3.2 PROPUESTA DE DISEÑO PARA UNA WSN CON EL MODELO PLANTEADO .....	51
3.2.1 Dispositivos para la medición de variables .....	55
3.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL MODELO FORMA DE EVALUACIÓN.....	56
3.3.1 Factores físicos.....	56
3.3.1.1 Velocidad .....	56
3.3.1.1.1 Sistema de adquisición de datos de velocidad .....	58
3.3.1.2 Fuerza .....	59
3.3.1.2.1 Sistema de adquisición de datos de fuerza.....	60
3.3.2 Factores psicológicos.....	61
3.3.2.1 Autoconfianza .....	61
3.3.2.2 Atención y concentración .....	62
3.3.3 Factores fisiológicos .....	64
3.3.3.1 Consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) .....	64
3.3.3.1.1 Sistema de adquisición $VO_2$ máx.....	66
3.3.3.2 Frecuencia cardiaca (FC).....	66
3.3.3.2.1 Sistema de adquisición FC .....	67
3.3.3.3 Regulación de la Temperatura Corporal .....	67
3.3.3.3.1 Sensores para medir la temperatura corporal.....	69
3.3.4 Factores técnicos.....	69
3.3.4.1 Métodos de entrenamiento de la técnica .....	70
3.3.4.2 Sistema de adquisición para analizar la técnica del jugador.....	71
3.3.5 Factores tácticos.....	73
3.3.5.1 Sistema de adquisición para el análisis de la táctica .....	74
3.3.6 Factores externos.....	75

3.3.6.1 Salud del deportista .....	75
3.3.6.1.1 Sistema de adquisición de datos para tratar y mejorar la salud del futbolista con respecto a las lesiones. ....	75
3.3.6.2 Entorno del lugar de juego .....	76
3.3.6.2.1 Sistema para adquisición de datos del entorno de juego.....	78
3.4 COSTOS REFERENCIALES DE LOS SENSORES.....	79
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>81</b>
<b>EVALUACIÓN DE UN FACTOR DEL MODELO .....</b>	<b>81</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL MODELO.....	81
4.2 DESARROLLO DEL MODELO .....	83
4.2.1 Población .....	83
4.2.2 Métodos .....	83
4.2.3 Técnicas e Instrumentos .....	84
4.2.4 Desarrollo del test RSA.....	88
4.3 RESULTADOS .....	88
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	93
5.2 RECOMENDACIONES .....	95
5.3 LÍNEAS FUTURAS .....	96
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades según la posición de juego .....	19
Tabla 2 Métodos de entrenamiento de la velocidad .....	21
Tabla 3 Porcentajes de trabajo de FC a diferentes niveles de intensidad.....	31
Tabla 4 FC media de los jugadores en competición. ....	32
Tabla 5 Análisis comparativo de pulsómetros. ....	47
Tabla 6 Factores que integran el modelo propuesto .....	50
Tabla 7 Parámetros de monitorización .....	51
Tabla 8 Tabla de Focos Atencionales.....	63
Tabla 9 Dispositivos electrónicos para medición del salto vertical .....	72
Tabla 10 Marco básico para entrenar táctica .....	74
Tabla 11 Impacto de la altitud en el rendimiento. ....	77
Tabla 12 Costos de sensores que integran el modelo .....	80
Tabla 13 Costos de componentes del nodo sensor .....	80
Tabla 14 Características de materiales empleados. ....	85
Tabla 15 Posición de juego de los evaluados. ....	89
Tabla 16 Velocidad (m/s) evaluados en cada sprint con el test RSA. ....	90
Tabla 17 Resultados estadísticos grupales de velocidad (m/s) en sprint.....	90
Tabla 18 Velocidad promedio (Max, Min, Med) cada evaluado en (m/s).....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores que intervienen en el rendimiento deportivo .....	10
Figura 2. Factores físicos para el rendimiento deportivo .....	10
Figura 3. Factores psicológicos para el rendimiento deportivo. ....	11
Figura 4. Factores fisiológicos para el rendimiento deportivo.....	11
Figura 5. Factores Técnicos para el rendimiento deportivo. ....	12
Figura 6. Factores Tácticos para el rendimiento deportivo. ....	13
Figura 7. Factores Externos para el rendimiento deportivo. ....	13
Figura 8. Fases del entrenamiento.....	14
Figura 9. Mecanismo adaptación del entrenamiento. ....	15
Figura 10. Desarrollo de la velocidad según la edad. ....	19
Figura 11. Modelo del sistema estado de rendimiento deportivo.....	22
Figura 12. Modelo integrado técnico-táctico de enseñanza de deportes colectivos. ....	23
Figura 13. Efecto placebo para aumento fuerza muscular.....	24
Figura 14. Posiciones del fútbol.....	29
Figura 15. Arquitectura WSN.....	34
Figura 16. Estructura interna de un Nodo. ....	34
Figura 17. Topología WSN. ....	36
Figura 18. Protocolos Zigbee. ....	37
Figura 19. Comparación tecnologías inalámbricas.....	37
Figura 20. Enlace a) punto a punto, b) punto a multipunto .....	38
Figura 21. Arquitectura WSN para signos vitales. ....	39
Figura 22. Esquema general red WSN.....	40
Figura 23. Escenario de pruebas.....	41
Figura 24. Escenario de pruebas (puentes).....	42
Figura 25. Vista arquitectónica del recinto de prueba. ....	43
Figura 26. Piedra espía como nodo sensor. ....	44
Figura 27. Pulsera de actividad. ....	45
Figura 28. Reloj GPS.....	45
Figura 29. Pulsometro POLAR.....	46

Figura 30. Modelo integrado de enseñanza y aprendizaje en fútbol. ....	49
Figura 31. Monitorización individual WSN. ....	52
Figura 32. Teselación formada por triángulos .....	53
Figura 33. Distribución de los nodos sensores para la cancha de fútbol.....	54
Figura 34. Arquitectura WSN para una cancha de fútbol. ....	54
Figura 35. Sensores miniaturizados .....	55
Figura 36. Velocidad de los futbolistas más rápidos. ....	58
Figura 37. Sensor acelerómetro ADXL345. ....	59
Figura 38. Entrenamiento de fuerza en fútbol. ....	60
Figura 39. Sistema encoder lineal. ....	60
Figura 40. Plataforma de fuerza 3 ejes.....	61
Figura 41. Gráfica confianza - rendimiento .....	62
Figura 42. Focos atencionales .....	64
Figura 43. VO <sub>2</sub> máx. respecto a la edad.....	65
Figura 44. Pulsioxímetro de dedo.....	66
Figura 45. Elementos técnicos del fútbol. ....	70
Figura 46. Sensor de presión FSR.....	76
Figura 47. Sensor de humedad. ....	78
Figura 48. Sensor de altitud. ....	79
Figura 49. Sensor de temperatura.....	79
Figura 50. Modelo de rendimiento en fútbol .....	82
Figura 51. Calentamiento previo estandarizado. ....	84
Figura 52. Área de evaluación en Google Earth .....	85
Figura 53. Escenario de pruebas para adquisición de datos. ....	86
Figura 54. Promedio distancias de Sprints e intervalos de descanso. ....	87
Figura 55. Etapas de la ejecución del test. ....	87
Figura 56. Desarrollo del test RSA .....	88
Figura 57. Velocidad máxima cada sprint conseguida por los evaluados al realizar el Test RSA. ....	89
Figura 58. Velocidad máxima, mínima y media de cada .....	91

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfoca en la modelización metodológica para la evaluación del rendimiento de un deportista de alto rendimiento empleando WSN. El proyecto se estructura en tres etapas. La primera, detalla los fundamentos teóricos, modelos y capacidades físicas actuantes enfocadas en el rendimiento deportivo; se define el fútbol desde el punto de vista técnico, táctico, fisiológico y con respecto al desarrollo de la velocidad en los jugadores. Seguido a esto se describe sobre las WSN y sus aplicaciones. Adicional se detalla el tipo de sensores inalámbricos comerciales presentes en el mercado. La segunda etapa se centra en el desarrollo del modelo que va enfocado al deporte de fútbol con WSN, en él se estructura un conjunto de métodos y técnicas teniendo en cuenta factores del rendimiento deportivo con sus respectivos parámetros, que fueron seleccionados y agrupados de acuerdo a necesidades de evaluación. La tercera etapa comprende la sustentación del modelo en el que se seleccionó el factor físico con su parámetro de velocidad máxima para evaluar el rendimiento deportivo mediante pruebas a un grupo de futbolistas de la carrera de Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación (CAFDER) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la adquisición se realizó empleando sensores inalámbricos no intrusivos que permiten monitorizar el entrenamiento en el fútbol, y su posterior procesamiento de datos mediante la herramienta computacional *MatLab* para análisis de medidas estadísticas de los resultados obtenidos. Todo este proceso con el fin de comprobar el modelo planteado.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **WSN**
- **MODELO**
- **RENDIMIENTO FÍSICO**
- **PARÁMETROS**
- **VELOCIDAD**

## **ABSTRACT**

The present research focuses on the methodological modeling for performance evaluation of a high performance athlete using WSN. The project is structured in three stages. The first, details the theoretical foundations, models and physical capacities acting focused on the sport performance; football is defined from the technical, tactical, physiological point of view and with respect to the development of the speed in the players. Then WSN and its applications are described. Additionally detailed the type of wireless commercial sensors present in the market. The second stage focuses on the proposal of the model that relates soccer with WSN, structure a set of methods and techniques that consider the factors of sports performance with their respective parameters, which were selected and grouped according to needs of evaluation. The third stage includes the model support in which the physical factor was selected with its maximum speed parameter to evaluate the sport performance by means of tests to a group of players of the career of Sciences of Actividad Física, Deportes y Recreación (CAFDER) of the Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, the acquisition was made using non-intrusive wireless sensors that allow soccer training monitoring and its subsequent processing of data using the MatLab computational tool to analyze statistical measures of obtained results. All this process in order to check the model proposed.

### **KEYWORDS:**

- **WSN**
- **MODEL**
- **PHYSICAL PERFORMANCE**
- **SETTINGS**
- **SPEED**

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes

Las redes de sensores inalámbricas (WSN del inglés *Wireless Sensor Network*) empezaron su estudio en ambientes militares, cuyo propósito era ayudar en la estrategia en contra del enemigo. Estados Unidos fue la encargada de desarrollar la primera red de sensores durante la guerra fría que consistía de sensores de sonido capaces de detectar submarinos soviéticos, el proyecto se nombró como Sistema de Vigilancia de Sonido (SOSUS del inglés *Sound Surveillance System*). En el año de 1980 comienzan las investigaciones con el proyecto (DSN del inglés *Distributed Sensor Networks*) por medio de la agencia encargada del desarrollo de nuevas tecnologías militares (DARPA del inglés *Defense Advanced Research Projects Agency*). A partir de este avance los sensores se empezaron a elaborar en tamaños reducidos y mejorando su autonomía (Red de sensores, 2017).

En la actualidad se consideran a las WSN como una tecnología convergente que por el tipo de prestaciones, su bajo costo y prolongado uso se las está integrando en diversos campos que requieren monitorización y control; dentro de estos campos tenemos la domótica, agricultura, aviónica, medicina, industria, entre otras; adicionalmente existen más líneas de investigación en las que ocupan estas redes para prevenir desastres naturales, como el proyecto de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE denominado Caracterización de un sistema de monitorización del volcán Cotopaxi empleando sensores inalámbricos, en el que plantea un sistema de monitoreo volcánico (Lara et al., 2009).

En los últimos años la importancia y utilidad de estas redes han permitido elaborar un sin número de investigaciones entre las cuales se encuentran proyectos referentes al ámbito de la salud y la medicina, este tipo de proyectos son los que más se asemejan al tema planteado en el presente proyecto de investigación. Dentro de esto tenemos el



proyecto de la Universidad Complutense de Madrid basado en WSN corporales para la detección de ondas características en ECG (Rincón, 2012). Antes de la aparición de las WSN este tipo de parámetros eran de carácter biomédico, ahora se fusiona la biomédica con la electrónica para obtener mejores resultados; sin embargo estos estudios se los ha orientado para la evaluación médica de deportistas y el entrenamiento deportivo, aunque el número de proyectos enfocados en esta área son muy reducidos.

En el Ecuador, se cuenta con algunos proyectos que dan importancia al deporte, pero no existe un proyecto en específico que ayude al rendimiento del deportista y que emplee WSN, la mayoría de proyectos son enfocados a la medición de signos vitales a través de sensores, pulsómetros y la creación de módulos para el entrenamiento deportivo para medir parámetros de un electrocardiograma (ECG); entre ellos se detalla un proyecto de la Universidad Técnica del Norte acerca de un sistema de monitorización de ritmo cardíaco destinado para las personas que realizan ejercicio físico aeróbico y busca facilitar el entrenamiento evaluando parámetros como la frecuencia cardíaca (Flores, 2015).

Asimismo, se detalla el proyecto de fin de carrera de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE encargado del Diseño e Implementación de un módulo didáctico para la medición del ritmo cardíaco mediante la técnica de pulsometría, en la que se puede observar la frecuencia cardíaca mediante una interfaz gráfica, las mediciones se obtuvieron a través de un módulo que consta de un sensor piezoeléctrico encargado de la adquisición de las señales fisiológicas (Andrade, 2015).

La importancia del deporte ecuatoriano en la actualidad va teniendo un rumbo diferente a comparación de años anteriores, hoy por hoy el gobierno ha creado centros de alto rendimiento que cuentan con la infraestructura necesaria para ayudar en la preparación de los deportistas y alcanzar éxitos competitivos a nivel mundial, las cifras muestran el incremento de medallas de un 17 a 32 preseas en competencias panamericanas y esto es consecuencia de la inversión que se le ha dado al deporte (Barona, 2015). El Ministerio del Deporte a su vez impulsa proyectos que permitan

llevar al país a ser un atractivo para deportistas de élite. Adicional a esto con el Plan Nacional del Buen Vivir trata de dar beneficios a las personas que se dedican a estas actividades deportivas, es así que se han creado leyes que avalen esta práctica como se menciona en la Política N° 2.8: “Promover el deporte y las actividades físicas como un medio para fortalecer las capacidades y potencialidades de la población”.

Ahora bien se tiene la Política N° 2.6: “Promover la investigación y el conocimiento científico, la revalorización de conocimientos y saberes ancestrales, y la innovación tecnológica”. Esto permite proyectar líneas de investigación orientadas a integrar la tecnología con otras ciencias o actividades diarias de la vida para mejorar sus capacidades y facilitar la vida del ser humano (Plan nacional para el buen vivir, 2009-2013, 2009)

Los trabajos citados son proyectos en los que interviene la electrónica en el ámbito deportivo, por medio de esto se da a conocer que ninguno plantea un modelo enfocado en el rendimiento mediante el uso de WSN, lo que hace a este proyecto de investigación un aporte nuevo y de guía para futuras investigaciones que persigan objetivos similares.

## **1.2 Justificación e Importancia**

El crecimiento tecnológico y el desarrollo de las telecomunicaciones juegan un papel muy importante en la vida del ser humano y se hacen cada vez más indispensables, su objetivo principal es dar solución a problemas relacionados con nuestro entorno tratando de facilitar y mejorar actividades del diario vivir.

Así pues un tema importante en este avance son las WSN que por medio de sus aplicaciones permiten la interacción del ser humano con el entorno y a la par son capaces de integrarse a varios ámbitos, esta última característica es la que impulsa al desarrollo del trabajo de titulación que busca integrar las WSN con el deporte en el cual su objetivo principal es recolectar información, para establecer un modelo que permita evaluar el rendimiento deportivo y sustentarlo con pruebas empleando

sensores inalámbricos no intrusivos en deportistas. En el modelo propuesto se toma en cuenta factores físicos, psicológicos, fisiológicos, técnicos, tácticos y externos; estos factores se seleccionó por ser los que más influyen en el rendimiento deportivo y los de mayor interés de estudio.

Para la comprobación del modelo el factor económico nos limita a seleccionar un grupo reducido de parámetros que integran el modelo como es la velocidad máxima y la temperatura del ambiente; estos parámetros fueron escogidos de acuerdo a las necesidades de evaluación del entrenador y lo que se busca es facilitar el análisis y observación del rendimiento de los deportistas en el entrenamiento, este proceso permitirá caracterizarlos según la posición de juego en relación al rendimiento obtenido. Los parámetros serán medidos por medio de los sensores y la parte técnico - táctica será guiada por el entrenador.

El motivo de optar por el deporte de fútbol es la importancia que tiene hoy en día tanto a nivel nacional como internacional, lo que hace que los preparadores exijan un rendimiento óptimo a sus jugadores por la presión social a la que están sometidos tratando de buscar nuevas herramientas que apoyen en sus conocimientos al momento de entrenarlos en este deporte. Adicional a esto el fútbol permite caracterizar a varios jugadores ya que cada jugador cumple una función diferente en el campo de juego lo que lo hace aún más interesante. Por esta razón las pruebas se realizaron a jugadores de fútbol con asesoramiento de un profesional en el área del deporte y con conocimientos de entrenamiento deportivo en fútbol, para respaldar el proyecto planteado.

Como aporte adicional, permite sentar bases para futuros proyectos basados en la asistencia del deportista o evaluar el desempeño que tienen los futbolistas en otros ambientes y en los que ya se implemente WSN guiados con el modelo planteado, el cual se puede adaptar para cualquier actividad deportiva en diferentes entornos o una actividad física que no necesariamente sea enfocada a deportistas de alto desempeño sino a personas que les gusta el deporte del fútbol todo esto con el uso de las WSN.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

- Modelar metodológicamente la evaluación del rendimiento de un deportista de alto rendimiento empleando WSN.

### **1.3.2 Específicos**

- Describir el estado del arte sobre redes de sensores inalámbricas.
- Investigar los diferentes parámetros y factores que intervienen en el rendimiento de un deportista de alto desempeño y clasificarlos.
- Estructurar un modelo que permita evaluar el rendimiento del deportista, considerando los parámetros y características necesarias.
- Realizar la adquisición de datos a través de sensores inalámbricos, mediante un protocolo de pruebas para sustentar el modelo propuesto en el cual se evalúa el factor físico a través de la velocidad máxima para el análisis de resultados obtenidos con respecto al rendimiento del deportista.

## **1.4 Alcance del proyecto**

El tema de investigación se encamina al cumplimiento de los objetivos planteados divididos en tres partes fundamentales: Recolección de información referente al rendimiento deportivo y su perspectiva en el deporte del fútbol, estructura metodológica del modelo para evaluar el desempeño del deportista y realización de pruebas mediante sensores inalámbricos a futbolistas para sustentar el modelo planteado. Todo este proceso se lo realizó con la supervisión de un docente en el área del deporte.

En la recolección de datos se realiza una investigación de tipo exploratoria definiendo temas sobre el rendimiento deportivo, la clasificación de factores con sus respectivos parámetros que fueron escogidos de acuerdo a investigaciones deportivas,

seguido de la importancia del entrenamiento y su proceso para alcanzar un alto desempeño; posterior a esto se detallan ejemplos de modelos que evalúan el rendimiento para la práctica deportiva. Por otra parte, se enfoca el estudio para el fútbol estableciendo las principales características de este deporte. Finalmente se define las WSN, sus características y los tipos de sensores inalámbricos que se usaron para la adquisición de los datos y sus especificaciones.

Para la estructura del modelo se integró más de un modelo con sus correspondientes métodos y técnicas, dentro de los modelos que se incluyen está el modelo integrado compuesto por el modelo analítico y global, que fueron los que permitieron enfocarnos en la evaluación del parámetro de velocidad máxima que es el indicador de rendimiento, pero a la vez tener en cuenta otros factores como son los externos, psicológicos, fisiológicos, técnicos y tácticos. Con respecto a los métodos, se emplea el método deductivo que va a la par con el modelo integrado, para la parte deportiva se tiene un método de entrenamiento interválico intensivo con una técnica a través del empleo de un test que permite lograr recolectar información del indicador mencionado.

Las pruebas se las efectuó a un grupo de deportistas a los cuales se los colocó el sensor inalámbrico de forma individual y se procedió el entrenamiento de acuerdo al protocolo de pruebas basadas en el modelo planteado y que permiten la sustentación del mismo. Una vez que se adquieren los datos de la métrica medida de velocidad se procede a procesarlas en Matlab para determinar parámetros estadísticos y obtener los resultados de evaluación clasificando el rendimiento que obtuvo cada jugador del equipo y poder caracterizarlos.

## **1.5 Estado del Arte**

La tecnología avanza a pasos agigantados con respecto a las comunicaciones inalámbricas y hoy en día tratando de conseguir que sean autónomas, capaces de valerse por sí solas sin necesidad de un operador humano. Un ejemplo de ello son las WSN y la importancia que están teniendo en la vida del ser humano, especialmente en la industria ya que aparte de ser una red sencilla y fácil de manejar, también se

caracterizan por sus bajos costos. Sin embargo, al ser una red muy diversa y capaz de emplearse en diferentes ámbitos, se busca integrarla con el deporte aunque las investigaciones y proyectos son muy reducidos con respecto a este tema, esto lo hace que sea más interesante y novedoso, pocos trabajos se han desarrollado sobre este tipo de temas o cercanos a su realidad como los que se detallan a continuación.

Dentro de los proyectos de investigación más asociados al tema que se plantea esta el del Grupo de Ingeniería Telemática (GIT) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) quien desarrolla un Sistema Autónomo para el Entrenamiento personalizado de atletas basado en Técnicas de Aprendizaje máquina e inteligencia Ambiental (SAETA), este proyecto tiene como objetivo desarrollar un entrenador virtual integral que sustituya las labores de un entrenador, este proyecto es la continuación del proyecto denominado Sistemas de inteligencia ambiental para asistencia a deportistas con perfiles específicos que realiza la adquisición de datos biométricos en tiempo real del atleta y recolecta datos ambientales mediante WSN desplegada en el área de entrenamiento; el proyecto SAETA enfoca su investigación en el deporte de Voley con el fin de conseguir datos para el aprendizaje del entrenador virtual mediante pruebas en jugadores (Página Principal - SAETA, 2017).

Otro tipo de proyectos relacionados con el deporte son los que emplean sensores de forma individual, como se tiene el proyecto denominado “Un dispositivo portátil con seguimiento de movimiento inercial y retroalimentación vibro-táctil para atletas deportivos estéticos de buceo”. Este proyecto desarrolló un Monitor de Entrenamiento de Buceo compuesto de un módulo sensor portátil que es llevado por un buceador y una aplicación de teléfono inteligente para el entrenador del buceador; el módulo sensor se encarga de obtener datos de inercia para el entrenamiento cinemático de los buceadores de élite (Kidman, D'Souza & Singh, 2016).

Otro tipo de tecnología es la que permite cuantificar el movimiento de los deportistas, un ejemplo es el proyecto de Técnicas de captura óptica para la valoración del desempeño deportivo, se trata de la captura de imagen de los movimientos del deportista con tecnología optoelectrónica con chips especializados de alta resolución y

los procesadores dentro de la cámara permiten identificar los marcadores reflectivos y calcular sus posiciones en la imagen. Los sistemas de captura de movimiento pueden recopilar datos de otros dispositivos como son los sensores de presión, guantes de datos, localizadores ópticos, electromiografía y otros dispositivos adicionales, permitiendo así realizar varias mediciones (Suarez, 2009).

Finalmente se tiene el proyecto de Inteligencia Artificial donde Investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid participan en un estudio para desarrollar un sistema de evaluación del rendimiento deportivo mediante la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial para analizar de forma automática el desarrollo del juego, la adquisición se la realiza por medio de cámaras y posterior a esto se describe lo que sucede durante la actividad para aplicar algoritmos que permitan determinar las tácticas que emplean los equipos en el juego (Patricio, 2017).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentos teóricos del rendimiento deportivo

El rendimiento en sí abarca una serie de conceptos en diferentes ámbitos. Cuando se habla de rendimiento por lo general viene a la mente la acción de ejecutar o cumplir una actividad específica de la mejor manera posible; este término se lo relaciona con la palabra *performance*, que proviene del inglés y se forma a partir del verbo *perform* que significa completar, ejecutar o cumplir. Por esta razón llevando este significado al contexto deportivo el *performance* de un deportista está ligado con el rendimiento, donde el individuo emplea una acción motriz en una actividad deportiva de la mejor manera todo esto para cumplir un objetivo planteado.

El rendimiento es esencial en el entrenamiento deportivo y es un punto clave en los deportes, principalmente para los entrenadores por la razón que siempre demandan a sus deportistas resultados que los lleven al triunfo en las competencias o actividades deportivas; pero se debe conocer que dentro de este proceso intervienen varios factores que hacen que esto se desarrolle de una forma correcta. Todos estos componentes dependen del sujeto, el ambiente y de la actividad deportiva en la que se desenvuelve (Billat, 2002).

##### 2.1.1 Factores que intervienen en el rendimiento deportivo

El entrenamiento como práctica deportiva permite evaluar el rendimiento de un deportista, se considera que para lograr este proceso se debe considerar una serie de factores. Existen investigaciones que a través de modelos logran abarcar los diferentes elementos que definen la práctica deportiva, cada modelo toma en cuenta ciertos factores según considera el investigador; por esta razón es preciso estos elementos. En la Figura 1 se presenta la clasificación de los factores de rendimiento deportivo.





Figura 1. Factores que intervienen en el rendimiento deportivo

**Factores físicos** son aquellas habilidades que posee el deportista y que al ser entrenados pueden ser de gran potencial obteniendo excelentes resultados que llevan a niveles altos de rendimiento en la Figura 2 se muestran los factores físicos.



Figura 2. Factores físicos para el rendimiento deportivo

Fuente: (Foran, Ensenat Sole & Blanco, 2007)

**Factores psicológicos** influyen mucho en el rendimiento del deportista, sin duda la mente puede ser un arma muy poderosa que el deportista debe controlar y saberlo manejar en la Figura 3 se detallan los principales factores psicológicos.

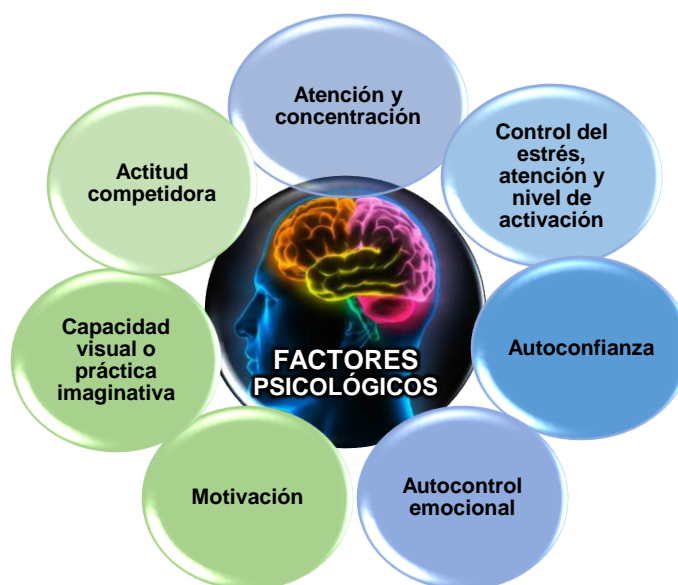


Figura 3. Factores psicológicos para el rendimiento deportivo.

Fuente: (López, 2011)

**Factores fisiológicos** hacen referencia al organismo del deportista y la importancia que tienen en el rendimiento en la Figura 4 se observan los factores.



Figura 4. Factores fisiológicos para el rendimiento deportivo.

Fuente: (Billat, 2002)

**Factores técnicos** son propios del deportista, es la serie de movimientos que realiza donde emplea sus destrezas y eleva al máximo sus capacidades en la Figura 5 se observa los factores principales.



Figura 5. Factores Técnicos para el rendimiento deportivo.

Fuente: (Weineck, 2015)

**Factores tácticos** son los que permiten desarrollar la técnica en situaciones de competencia siendo capaz el deportista de decidir y actuar de la mejor forma en la Figura 6 se muestran los factores principales.



Figura 6. Factores Tácticos para el rendimiento deportivo.

Fuente: (Weineck, 2015)

**Factores externos** son todos aquellos ajenos e imprevistos al momento de la práctica deportiva en la Figura 7 se detallan los principales.



Figura 7. Factores Externos para el rendimiento deportivo.

Fuente: (López de Subijama et al., 2015)

## 2.1.2 Entrenamiento deportivo

Es la base fundamental del deporte y considerado como un proceso ordenado en el cual se integra un gran número de factores que son considerados dependiendo de la actividad deportiva; éste proceso formativo busca perfeccionar las habilidades que posee la persona por medio de la práctica y preparación, guiada en la mayoría de casos por un entrenador encargado de formar al deportista para explotar al máximo sus capacidades, a la par analiza todas las condiciones deportivas que posee la persona con el fin de poder planificar un entrenamiento y lograr aumentar su rendimiento deportivo de la forma más óptima en la disciplina deportiva, o a su vez, su desempeño en deportes colectivos.

La importancia del entrenamiento deportivo se centra en los resultados que son los que califican el proceso de entrenamiento, y éste a su vez el rendimiento del deportista con el fin de obtener un triunfo o llegar al éxito personal en la actividad deportiva. Por esta razón se dice que este proceso es de tipo sistemático. El entrenamiento es un proceso planificado que persigue un objetivo, posee una estructuración, organización, contenidos y métodos; este proceso es llevado a cabo evaluando los factores de cada deportista (Vargas, 2007).

### 2.1.2.1 Proceso del entrenamiento deportivo

Este proceso es una parte importante en la mejora del rendimiento deportivo, se lo define como una adaptación progresiva en la que se aplican diferentes cargas a los

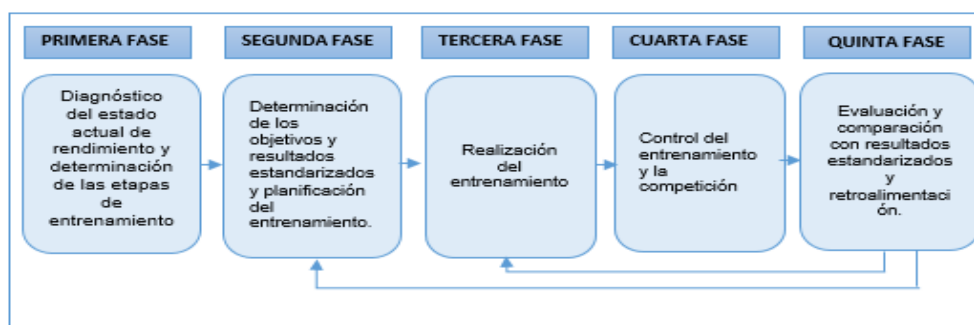


Figura 8. Fases del entrenamiento.

Fuente: (Carrasco, 2013)

deportistas siguiendo un proceso sistemático en el plan de entrenamiento y con periodos de recuperación. Es importante maniobrar de forma correcta la alternancia entre las cargas y la recuperación para potenciar las capacidades del deportista (Campos, 2017). En la figura 8 se muestra un modelo de proceso de entrenamiento aplicado para resultados a largo y a corto plazo para mejorar el rendimiento.

El entrenamiento se basa en las capacidades que posee el deportista y cuanto de provecho se puede sacar en su preparación al aplicar una serie de ejercicios con cargas, cuando nos referimos a cargas se trata de los estímulos utilizados en la práctica del entrenamiento y están determinados por la duración, intensidad, volumen, densidad y frecuencia que se exige al deportista (Manzano, 2015). Al aplicar estas cargas llega un punto que el deportista no puede seguir al mismo nivel llegando a una fase de fatiga para lo cual necesita un lapso de tiempo de recuperación para reponerse y compensar el esfuerzo realizado. La fase de supercompensación es la que permite una mejora en el nivel de rendimiento en este tiempo el cuerpo permanece en reposo y genera una adaptación de su organismo a la intensidad de trabajo realizado. Finalmente, está el desentrenamiento en el cual el sujeto al llegar a un punto máximo de supercompensación empieza a decrecer, este periodo es necesario para preservar la salud del atleta. Todo este proceso se denomina mecanismo de adaptación permitiendo al deportista lograr un buen rendimiento y conseguir adaptar el organismo al entrenamiento (Stone & Stone, 2017). Este proceso se puede observar en la Figura 9.



Figura 9. Mecanismo adaptación del entrenamiento.

Fuente: (Stone & Stone, 2017)

### **2.1.3 Capacidades físicas en el deporte**

Las capacidades físicas son componentes de la condición física de cada individuo y por medio de un entrenamiento adecuado se puede potenciar sus destrezas básicas como es la Resistencia, Fuerza, Velocidad y Flexibilidad.

#### **2.1.3.1 Resistencia**

Considerada como la capacidad que permite al organismo del ser humano ser capaz de resistir durante el mayor tiempo posible las cargas del entrenamiento. Cuando nos referimos a la resistencia en el deporte se la puede clasificar desde diferentes puntos de vista, teniendo en cuenta la estructura muscular, el organismo y la temporada de juego.

##### **2.1.3.1.1 Clasificación de la Resistencia:**

###### **Destinada al entrenamiento muscular se tienen dos tipos:**

- Resistencia Local: destinada a la preparación de una parte pequeña del músculo con cantidad menor a un tercio de su totalidad (ejercitar bíceps).
- Resistencia general: prepara al grupo muscular en cantidades mayores a los dos tercios de su total (saltar cuerda).

###### **Destinada al sistema energético:**

- Resistencia aeróbica: realiza un determinado esfuerzo durante un largo tiempo ayudado del consumo de oxígeno (nadador, ciclista, futbolista).
- Resistencia anaeróbica: realiza un esfuerzo de alta intensidad con poca duración sin consumo de oxígeno. Se divide en resistencia de tipo láctica cuando se da en tiempos prolongados a alta intensidad y aláctica cuando el esfuerzo es muy corto (pesistas, velocistas).

**Asociada con otras condiciones físicas:**

- Resistencia de la fuerza: tiempo en el cual se puede mantener la fuerza.
- Resistencia de la velocidad: mayor tiempo en el cual un deportista puede mantenerse a velocidad.

**2.1.3.2 Fuerza**

Capacidad que tiene el ser humano para lograr por medio de la activación muscular vencer una resistencia u oponerse a ella. Al referirse a la fuerza en forma general se tiene que la fuerza está determinada por el producto entre la masa y la aceleración expresado en la siguiente Ecuación1.

$$F = m \cdot a \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde  $F$  es fuerza,  $m$  masa y  $a$  aceleración.

Si llevamos estos términos a la parte deportiva para conseguir un rendimiento alto en esta habilidad, se ve claramente que se necesita de tres condiciones la masa, la aceleración de la masa que deberán ser lo suficientemente grandes para obtener buenos resultados y con ello lograr el aumento de la fuerza del deportista (Mirella, 2001).

**2.1.3.2.1 Clasificación de la fuerza**

- Fuerza máxima: es la mayor cantidad de fuerza que se exige al sistema neuromuscular para soportar u oponerse a una resistencia.
- Fuerza rápida: o de tipo explosivo en la que actúa el sistema neuromuscular a velocidades altas en contra de un tipo de resistencia.
- Fuerza de resistencia: se somete al músculo a tiempos prolongados de fuerza (Mirella, 2001).

**2.1.3.3 Velocidad**



La velocidad en forma general se define como una magnitud física, establecida por el desplazamiento que realiza un objeto en un determinado tiempo. Se la expresa en la siguiente Ecuación 2.

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde  $v$  es velocidad,  $d$  es distancia y  $t$  es tiempo.

Si llevamos el concepto de velocidad al campo deportivo nos permite observar que no existe una noción general, por la razón que se la estudia dependiendo de la modalidad deportiva y se la adapta según las necesidades de evaluación. Sin embargo, se puede decir que es la acción que realiza un sujeto en el menor tiempo posible (Vizuete, 2017).

La velocidad se considera como una de las capacidades más completas por la razón que se encuentra condicionada por la fuerza, resistencia y flexibilidad. Sin embargo, existen otras condicionales como son los factores fisiológicos, genéticos y neurodinámicos, es decir, por la composición de las fibras musculares (fibras de contracción lenta o células rojas y fibras de contracción rápida o células blancas) y por la organización del sistema locomotor que es encargado de la coordinación intermuscular, impulsos nerviosos y su relación con las neuronas; estas características hacen que cada persona tenga cualidades diferentes como por ejemplo que unos sean más veloces que otros (Ortiz & Iglesias, 2004).

Se puede observar en la Figura 10 el entrenamiento para el desarrollo de la velocidad, se tiene que entre los 6-8 años es una buena edad para mejorar la velocidad gestual y la de reacción; mientras que de 8-12 años se puede seguir trabajando la velocidad de reacción y a partir de los 10 años la velocidad de desplazamiento. A los 20 años se alcanza un entrenamiento de velocidad máxima que con entrenamiento se puede mantener hasta aproximadamente los 30 años y luego decrece exponencialmente (Muñoz, 2009).

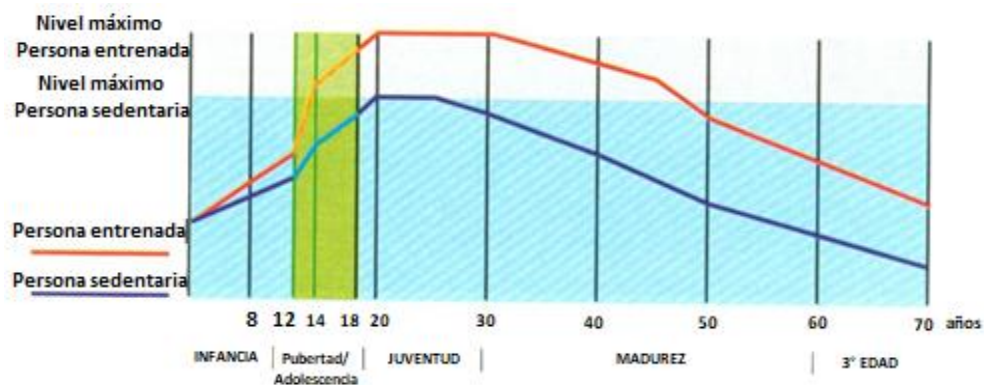


Figura 10. Desarrollo de la velocidad según la edad.

Fuente: (Tapia, 2012)

### 2.1.3.3.1 Clasificación de la velocidad

Un futbolista de élite alcanza valores de velocidad superiores a los 30km/h. Sin embargo la posición que ocupa en el juego influye en estos resultados como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Velocidades según la posición de juego*

Posición de juego	Velocidad
Defensas centrales	< 11 (km/h)
Centrocampistas	11 a 23 km/h
Delanteros	> 23 km/h

Fuente: (Calahorra et al., 2011).

### En función de los estímulos y toma de decisiones

Se tiene la velocidad de reacción que es la respuesta a un estímulo en el menor tiempo posible, se clasifica en dos tipos:

- Velocidad de reacción simple: es la velocidad que se da al estímulo teniendo en mente una única respuesta predefinida (señal de salida carrera de atletismo).

- Velocidad de reacción compleja: respuesta que se da a una serie de estímulos imprevistos durante la actividad deportiva (reacción al pase en voleibol).

### **Determinadas en el transcurso de la acción motriz**

- Velocidad inicial: es la respuesta al estímulo desde que inicia la acción hasta su fin, o en ciertas ocasiones cuando se llega a una máxima velocidad; en algunos casos se la conoce como velocidad de aceleración.
- Velocidad máxima: es la velocidad que realiza el deportista en una trayectoria mediante ejercicios cíclicos o acíclicos, segmentarios y globales, en el menor tiempo posible. Por sus características es una de las más empleadas al momento de la práctica deportiva empleando métodos de entrenamiento de velocidad.

Movimientos cíclicos y acíclicos.- los de tipo acíclicos son los que realizan una única acción en el menor tiempo posible, mientras que los cíclicos realizan más de una acción de forma continua en un ciclo.

Movimientos segmentarios y globales.- están definidas por los elementos corporales y la respuesta de estos a las diferentes acciones, un ejemplo es la velocidad gestual (Vizúete, 2017).

Cuando se trata de la velocidad del futbolista hay que tener en cuenta que las distancias que recorre no son grandes a diferencia de un velocista, los futbolistas se desplazan de 25 a 30 metros en el área cuando nos referimos a una velocidad máxima.

#### **2.1.3.3.2 Métodos de entrenamiento de la velocidad**

La velocidad y su entrenamiento deben ir a la par para poder lograr su desarrollo, si bien es claro que se integran varios aspectos para definir a un deportista si es veloz o no, el entrenamiento es una parte fundamental, en la Tabla 2 se muestran tres tipos de métodos.

**Tabla 2*****Métodos de entrenamiento de la velocidad***

<b>Método de Repeticiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrer una distancia a la máxima velocidad</li> <li>• Recuperación completa</li> <li>• Con y sin balón</li> </ul>
<b>Método Interválico intensivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrer una distancia a la máxima velocidad</li> <li>• Recuperación incompleta</li> </ul>
<b>Método integral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo más parecido a la competición</li> <li>• Reproducción de recorridos a la máxima velocidad</li> </ul>

**Fuente:** (Balaguer, 2010)

**2.1.3.4 Flexibilidad**

El entrenamiento de la flexibilidad facilita la práctica deportiva en la cual exige gran agilidad y destreza. Por medio de este parámetro las articulaciones son capaces de realizar una máxima amplitud en sus movimientos.

**2.1.3.4.1 Clasificación de la flexibilidad**

- Flexibilidad Estática.- no se considera la velocidad y se basa más en la amplitud de movimiento que se puede dar a la articulación (postura de yoga).
- Flexibilidad dinámica.- se basa en la repetición de estiramientos y contracciones direccionados a un músculo, tanto a velocidad normal como acelerada (patada de karate) (Vargas, 2007).

**2.1.4 Ejemplos de modelos para evaluar el rendimiento deportivo**

Una estructura metodológica es el camino para plantear un modelo, con esto el investigador puede plantear su pensamiento pero no solo conlleva a eso; dentro de esta elaboración se sigue una serie de pasos en la que se incluye un conjunto de métodos. El método no es más que el camino para llegar a conseguir un objetivo planteado, por medio de él podemos ir categorizando según la necesidad de la investigación. Al dar

paso a una investigación surge el método científico, que tiene su validez cuando se basa en el conocimiento empírico y se lo comprueba por medio de la medición experimental, pero en muchos casos no siempre se logra aseverar con exactitud la hipótesis debido a la complejidad de la investigación.

Las técnicas empleadas permiten utilizar instrumentos y medios que son los que estructuran el método. Todo este proceso depende del objetivo a seguir y del investigador.

Los modelos orientados al rendimiento deportivo en su mayoría se basan en factores psicológicos, técnico-tácticos, nutricionales, físicos y fisiológicos. Los entrenadores o instructores aplican modelos que les permiten evaluar el rendimiento y su herramienta principal es el entrenamiento. A continuación se presentan ejemplos específicos de modelos basados en estos factores.

#### 2.1.4.1 Modelo Psicológico

La parte psíquica de la persona influye en su comportamiento, la mente es un arma poderosa en toda actividad, y por esta razón los investigadores se basan en la parte psicológica para intervenir en el deportista, y con esto tratar de controlar otros aspectos por medio de modelos, como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Modelo del sistema estado de rendimiento deportivo.

Fuente: (Martín et al., 2014)

#### 2.1.4.2 Modelo Técnico-Táctico

Otro ejemplo es el enfoque a la parte técnico- táctica, en donde se debe especificar que los modelos se crean de acuerdo al deporte o a un objetivo deportivo. Se entiende por técnica deportiva a la acción propia de la persona, la manera de ejecutar un deporte empleando sus capacidades motoras; mientras que la táctica es la acción de responder de forma inmediata en una actividad deportiva, donde el deportista emplea sus técnicas frente a un oponente; se trata de una acción lógica inmediata. La táctica y la técnica no siempre van a la par en un deporte, en algunos casos solo se emplean una de las dos.

Un ejemplo es el modelo que propone (López-Ros & Castejón, 2005), en el que se busca integrar la técnica y la táctica a partir de las habilidades y destrezas, como se muestra en la Figura 12.

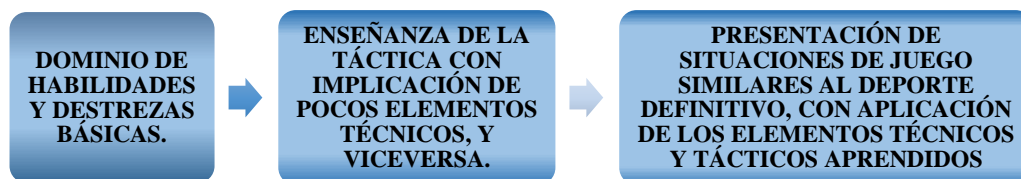


Figura 12. Modelo integrado técnico-táctico de enseñanza de deportes colectivos.

Fuente: (Castejón & López Ros, 2005)

#### 2.1.4.3 Modelo Nutricional

Con respecto a la nutrición del deportista, una dieta equilibrada es lo más adecuado para conseguir un rendimiento óptimo; pero se pueden evaluar otros aspectos. Un aspecto a tener en cuenta, es el que presenta una investigación que emplea la ayuda ergogénica, que es la encargada de aumentar la potencia muscular; basándose en un experimento clásico con respecto al efecto placebo. El placebo está compuesto de azúcar, infusiones, o hasta puede ser agua; el resultado es que actúa de manera psicológica en el paciente haciéndole creer que es una medicina que lo cura.

El modelo enfocado en el efecto placebo se efectuó con 6 sujetos que pasaron etapas de entrenamiento y pruebas de control médico para ser seleccionados. En la fase de evaluación los deportistas fueron tratados por 4 semanas con placebo, pero se les hacía creer que ingerían Dianabol un asteroide anabólico, mientras realizaban una serie de entrenamientos de peso en cuatro levantamientos diferentes, con la finalidad de evaluar en sus participantes su fuerza máxima de semanas de entrenamiento anteriores sin ninguna sustancia, con respecto al transcurso del período de evaluación con placebo (Wilmore & Costill, 2010).

Este modelo obtuvo como resultado un incremento de fuerza al ingerir placebo, se lo puede observar en la Figura 13.

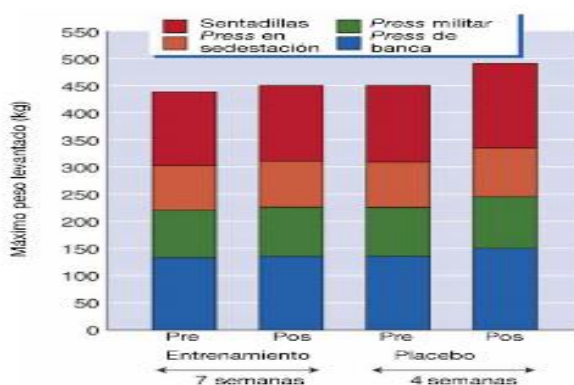


Figura 13. Efecto placebo para aumento fuerza muscular.  
Fuente: (Wilmore, & Costill, 2010)

#### 2.1.4.4 Modelo Condición Física

Un modelo físico, es el modelo Vivir alto/Entrenar bajo propuesto por los fisiólogos (Levine & Stray-Gundersen, 2017) que utiliza la altitud para el aumento del rendimiento a través de la fuerza. Se trata de vivir a gran altura con el objetivo que el cuerpo produzca cantidad de glóbulos rojos para que la sangre transporte oxígeno a los músculos que se requiere trabajar y de esta forma mejorar el rendimiento de resistencia; a la par entrenar en baja altura.

El modelo fue comprobado en 39 corredores universitarios divididos en tres grupos durante 28 días; el primero grupo vivía y entrenaba en baja altitud a nivel del mar, el segundo vivía y entrenaba en altitud y el último vivía en alto pero entrenaba en baja altitud. Al evaluar resultados los tres grupos se sometieron a una prueba de velocidad a 5000m a nivel del mar dando como resultado que el grupo que vivió en altura y entrenaron en baja altitud mostraron un aumento en su rendimiento; los otros grupos solo aumentaron sus glóbulos rojos pero no aumentaron su rendimiento el porcentaje de aumento es el siguiente:

Vivir Bajo y Entrenar Bajo 0%

Vivir Alto y Entrenar Alto 0%

Vivir Alto y Entrenar Bajo 1,5%

Sin embargo, a pesar de los resultados se debe tomar en cuenta que en algunos casos interviene la fisiología del ser humano dando resultados diferentes, por ejemplo que unos reaccionen mejor al entrenar y a vivir en altitud.

Es considerable terminar el entrenamiento con cercanía al día de competencia y a la vez dejando unos días para adaptarse al ambiente de competencia tratando de no perder la ganancia sanguínea adquirida (Entrenamiento y Altitud. Biolaster , 2017).

## **2.2 El fútbol**

Es la práctica deportiva en equipo más popular en el mundo, se lo conoce como balompié en Europa y América Latina y con el nombre de fútbol *soccer* en Estados Unidos. Se estima que alrededor de 270 millones de personas lo practican ya sea de forma profesional o por afición, se lo realiza con la participación de dos equipos a enfrentarse cada uno con once jugadores y con la participación de árbitros encargados de hacer cumplir las reglas del juego, el propósito del juego es marcar el mayor número de goles para conseguir ser el ganador en un tiempo de duración de 90 minutos de juego (Fútbol, 2017).



En Ecuador el fútbol es el deporte con más relevancia con la capacidad de reunir a varios espectadores, la historia de la llegada del fútbol a nuestro país fue por los hermanos guayaquileños Juan Alfredo y Roberto Wright quien a mediados de 1899 crean el Club Sport Guayaquil para la práctica deportiva motivando a los ecuatorianos a practicar este deporte, se expande poco a poco en todo el país y en la década de los cincuenta se comienza a ver al fútbol de forma profesional y hoy en día es regulada y guiada por la Federación Ecuatoriana de Fútbol (FEF) (Sitio Oficial de la Federación Ecuatoriana de Fútbol, el portal del fútbol ecuatoriano , 2017).

### **2.2.1 Posición de los jugadores desde el punto de vista Técnico-Táctico**

Cuando se habla de la técnica del futbolista se refiere a los movimientos posibles que el jugador manobra con el balón en el juego (controles, conducción, saques, pases, regate, etc.) o a su vez sin balón, por esta razón es considerado de tipo acíclicos; la técnica de cada jugador se va formando desde temprana edad y con el tiempo se define la posición en el equipo en la que más destrezas técnicas poseen, a mayor técnica tengan los jugadores mayor será la táctica.

La táctica en cambio es la forma en la que los futbolistas emplean la técnica ante una situación en contra de su adversario, mediante el entrenamiento se puede mejorar la técnica y la táctica de los jugadores, pero adicional a esto se debe manejar a la par los factores del rendimiento deportivo definidos en apartados anteriores. A continuación se habla de la táctica de los jugadores según el rol que desempeñan.

- **Arquero**

Es la parte esencial en la defensa del fútbol ya que por su ubicación tiene la capacidad de impedir los goles y es el único jugador del equipo que se le permite usar las manos, posee características especiales que lo hacen actuar de forma rápida en frente del adversario en diferentes situaciones.

La técnica del arquero se basa en los movimientos que realiza en el arco para evitar que el equipo contrario realice marcaciones, como por ejemplo impedir y retener para que el balón no entre a la portería, la velocidad de reacción es una de sus cualidades y realizar pases mediante lanzamientos largos y de potencia ya sea con las manos, el pie o con el empeine. Al tener una visión del juego desde una perspectiva diferente tendrá la obligación de guiar a sus defensas ubicándolos para evitar ataques, la táctica que use debe ser en base a decisiones rápidas pero evitando que estas tengan resultados negativos (Merino, 2017).

- **Defensa lateral**

Su posición es en los laterales y actúa como defensa, es el encargado de evitar que los contrarios intercepten su área realizando jugadas de tipo uno contra uno haciendo que el oponente retroceda poco a poco y no llegue al área de la portería, también se lo conoce como marcador de punta.

La velocidad, su juego de cabeza, intercepción y disparos correctos permiten el dominio de sus técnicas; lo rápido y eficaz que es al momento de decidir en pases que sean largos o cortos determina su táctica como también los cambios que hace en la defensa para evitar que el equipo contrario avance realizando ataques que pueden tener riesgos como lograr una entrega precisa a sus compañeros, un pase a las bandas y a la portería.

- **Defensa central**

Es la parte central y el pilar de la defensa encargado de conectar entre los laterales y proteger al arquero en caso de ataques, es veloz y potente en el juego con tácticas similares al defensa lateral con la variación de su posición central.

- **Defensa libre**

Encargado de cubrir a los defensas cuando pierden posición, las técnicas que domina son las de juego con la cabeza y una buena visión.

- **Volantes**

Es el encargado de crear las jugadas, guía el ritmo del juego y con la capacidad de cambiar la acción defensiva a la ofensiva, se clasifican en tres, el primero tiene las características mencionadas y se lo denomina creador del juego, el segundo es conocido como el defensivo encargado de evitar las jugadas del creador del juego del equipo oponente y por último tenemos al ofensivo o media punta encargado de organizar el ataque.

Los tres tienen que dominar los pases cortos y largos, con buen dominio para realizar desplazamientos.

- **Delantero centro**

Es el que define el juego por lo general son los encargados de realizar los goles, se destacan por sus técnicas como el disparo, jugar con la cabeza y el regateo del balón con el oponente.

- **Delantero extremo**

La velocidad es lo que caracteriza a estos futbolistas y su precisión son capaces de hacer pases desde diferentes puntos de la cancha o hasta realizar goles desde la posición en que se encuentre (Carrasco, 2013).

En la Figura 14 se observa la ubicación de los jugadores según su posición.



Figura 14. Posiciones del fútbol.

### 2.2.2 Fisiología del futbolista

La fisiología es la encargada de estudiar la función de los órganos de los seres vivos, desde el punto de vista deportivo la fisiología nos permite evaluar la condición física del deportista los resultados varían según el deporte, en este caso se hace referencia al fútbol. Si bien es claro el fútbol es considerado un deporte donde el futbolista realiza una serie de movimientos de tipo acíclicos de gran intensidad en la que hace funcionar todo su cuerpo dependiendo de la acción que realiza, es decir, la respuesta fisiológica del futbolista es diferente dependiendo de la posición en el juego y de su organismo en sí. Los requerimientos fisiológicos en el fútbol han sido de amplio estudio con el fin de mejorar el rendimiento del deportista dentro de los estudios se toman en cuenta indicadores como el gasto energético, sustrato energético, lactato, frecuencia cardiaca,  $VO_2$  máximo, vía aeróbica y anaeróbica; para su medición se realizan diferentes prácticas en el entrenamiento y también se las analiza en el partido de fútbol. A continuación se detalla los estudios que han permitido caracterizar al futbolista en la parte fisiológica.

- **Gasto calórico y energético**

En el periodo de desarrollo del partido de fútbol se consume una gran cantidad de calorías las cuales producen el gasto calórico, derivado de esto y teniendo en cuenta el peso corporal que en cada partido se asume una pérdida de 1 a 3 kg se tiene el gasto

energético el cual su nivel depende del esfuerzo físico aplicado, condición de temperatura y la humedad, si se aplica un gran esfuerzo la frecuencia respiratoria aumentara generando mayor consumo de oxígeno que mantiene el metabolismo de los carbohidratos y grasas, encargados de producir el trifosfato de adenosina (ATP) encargado de la obtención de energía para la contracción muscular.

- **Distancia recorrida**

Dependiendo de la posición del jugador se tiene que la distancia promedio de un jugador es de 10 kilómetros por juego, aunque los centrocampistas alcanzan hasta 15 kilómetros todo depende de la función que ocupen en el juego. Además, los futbolistas no están todo el tiempo desplazándose se considera que los primeros 60 minutos se realiza un juego efectivo donde los jugadores realizan 7 kilómetros de carrera y 3 de marcha equivalentes a un 5% de esfuerzo de alta intensidad, mientras que el 95% restante se encuentran en intensidades bajas a medias o en reposo (Villaquiran, Quijano & Chalapud, 2014).

- **Exigencias aeróbicas y anaeróbicas**

La parte aeróbica del futbolista se valora con el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\text{max}$ ) el fútbol en el mayor tiempo de juego es determinado por la parte aeróbica, el promedio de consumo de  $VO_2\text{max}$  de los futbolistas es 55 y 68  $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$  pero en un entrenamiento este se puede elevar a niveles de 70  $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ .

En cambio existen tiempos intermitentes en donde se exige mayor intensidad en el juego a lo que se hace referencia como parte anaeróbica. Este elemento es determinante en carreras cortas (sprint) y otras jugadas específicas del deporte. La concentración de lactato en sangre es el indicador de evaluación de la parte anaeróbica se ha encontrado un valor de 2.10  $\text{mmol.l}^{-1}$  durante el juego de fútbol competitivo. Sin embargo, se observó que las mediciones de lactato en sangre son variables entre los jugadores (Rojo, 2014).

- **Frecuencia cardiaca en el futbolista**

La frecuencia cardiaca (FC) es un indicador que permite medir la intensidad de carga en el entrenamiento o en la actividad deportiva, en la Tabla 3 se puede observar que porcentaje se necesita con su respectiva intensidad para obtener buenos resultados. La FC en el entrenamiento resulta de porcentajes referentes de la FC máxima, esta última se la puede calcular con la siguiente fórmula expresada en la Ecuación 3 y se la mide de acuerdo a las pulsaciones por minuto (ppm).

$$FC_{MAX} = 220 - edad \quad \text{Ec. 3}$$

Otro método de cálculo de la FC de entrenamiento se observa en la Ecuación 4, que por medio de la fórmula de Karvonen que ocupa la FC máxima y la de reposo que es la que tiene la persona cuando no realiza actividad (Great, 2017).

$$FC \text{ entrenamiento} = (FC \text{ máxima} - FC \text{ reposo}) \cdot \% \text{ intensidad} + FC \text{ reposo} \quad \text{Ec. 4}$$

**Tabla 3**

*Porcentajes de trabajo de FC a diferentes niveles de intensidad.*

<b>INTENSIDAD</b>	<b>%FC</b>	<b>RESULTADOS</b>
Muy Ligera	50-60	Trabajos de recuperación, calentamiento y vuelta a la calma.
Ligera	60-70	Zona para el trabajo base de la condición física y se emplea en inicios de temporada
Moderada	70-80	Intervalo en el que se persigue un objetivo de mejora en rendimiento y se trabaja la eficiencia del corazón.
Dura	80-90	El objetivo es ganar rendimiento y poder trabajar a alta intensidad a lo largo del tiempo.
Máxima	90-100	Máximo esfuerzo que pueden tolerar nuestros órganos y músculos, se trata de un entrenamiento anaeróbico en tiempos cortos.

**Fuente:** (Great, 2017)

La FC del futbolista en competición se encuentra más relacionado con las situaciones propias del partido referentes a la técnica, la táctica, las exigencias físicas y fisiológicas del jugador, que de condiciones externas. El valor de FC en competencias es considerado como un valor no uniforme no se rige a un solo intervalo fijo, lo que permite decir que el fútbol se lo efectúa con intensidades variables. En la Tabla 4 se muestra los resultados de FC medidos en competencia recopilados de diferentes investigaciones (García, 2005).

**Tabla 4**

*FC media de los jugadores en competición.*

<b>Autor</b>	<b>FC media (% de la FC máxima)</b>
Seliger, 1968	80%
Agnevik, 1970	93%
Potiron-Josse y cols, 1980	± 90%
Ekblom, 1986	80 – 90%
Van Gool y cols, 1988	84.9 - 86.7%
Chamoux y cols, 1988	90%
Fornaris y cols, 1989	80 – 91%
Jiménez y cols, 1993	81 – 83%
Castellano y cols, 1996	87.11% ± 2.09
Nogués Martínez, 1998	80.74% ± 3.89
García y Ardá, 2005	87.65% ± 2.55

**Fuente:** (García, 2005)

## **2.3 Redes de Sensores Inalámbricos (WSN)**

### **2.3.1 Definición**

Redes de sensores inalámbricos o del inglés Wireless Sensor Network (WSN) se refiere a una red inalámbrica conformada por un grupo de dispositivos (nodos) ubicados en forma espaciada, y con la capacidad de comunicarse por medio de enlaces inalámbricos hacia un nodo principal que es el encargado de recibir la información;

estos dispositivos integran sensores que son los encargados de captar y monitorizar diferentes condiciones en los lugares que se implementa la red.

### **2.3.2 Características de una red WSN**

- Se caracterizan por ser de bajo consumo energético y costo.
- No requieren infraestructura propia, ni administración centralizada. Tienen la capacidad para lograr que sus propios nodos cumplan con diferentes funcionamientos, por ejemplo, actuar como router, ser emisores o receptores.
- Son autónomos no requieren de la supervisión constante, por lo que pueden funcionar adecuadamente un intervalo de tiempo grande sin un mantenimiento constante. Tienen la capacidad de organizarse entre ellos, en el caso de que un nodo se encuentre dañado permitiendo mantener su funcionamiento.
- Su topología permite tener nodos auto configurables, que se los puede desplegar en un sitio fácilmente y a la vez ocupan un tamaño reducido, debido a su diseño pequeño.
- Es tolerante a fallos, usa múltiples rutas si la densidad de nodos es lo suficientemente grande, contemplando rutas redundantes y alternativas para balancear el consumo entre los nodos.
- Estas redes por sus características pueden ser empleadas en diversos ámbitos, dependiendo de las necesidades que lo requieran (Chacon, 2014).

### **2.3.3 Arquitectura de una red WSN**

Una arquitectura WSN está compuesta por elementos que hacen posible su funcionamiento, esta arquitectura es planteada con la necesidad de monitorizar un objeto o elemento de la naturaleza; dentro de esta área están ubicados los nodos sensores que envían su información a la estación base por medio del Gateway, esta información es recolectada para posterior poder procesarla.

A continuación se puede observar en la Figura 15 la arquitectura de una WSN y los elementos que lo conforman:



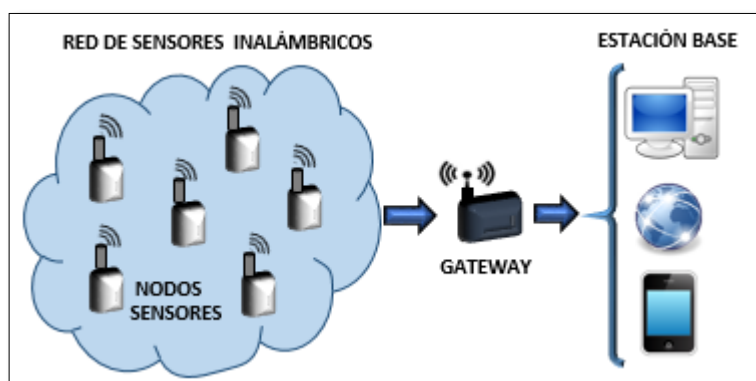


Figura 15. Arquitectura WSN.  
Fuente: (Llanga, & Cano, 2014)

### 2.3.3.1 Nodos sensores

Son los sensores encargados de detectar, procesar, recolectar y almacenar la información para enviarla a la estación base. Un nodo sensor se encuentra estructurado de la siguiente manera como se observa en la Figura 16:

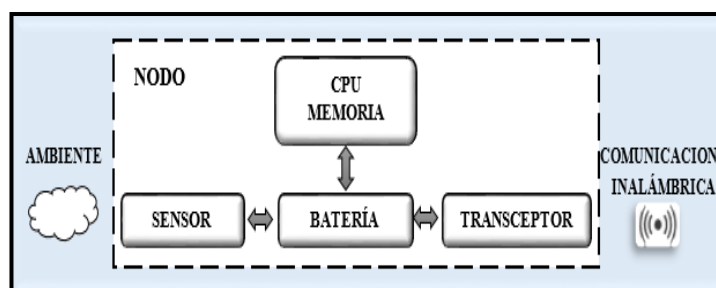


Figura 16. Estructura interna de un Nodo.  
Fuente: (Chicaiza, 2009)

- **CPU:** la Unidad Central de Proceso del nodo sensor integra un microcontrolador, quien cumple con las funcionalidades de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida que permiten la comunicación con otros nodos.
- **Memoria:** la memoria junto a la unidad de proceso forman la unidad programable en el nodo sensor, permite almacenar datos y efectúa las tareas de comunicación.

- **Módulo sensor:** Cumplen con la función de captar la información que existe en el medio y convertirla en señales eléctricas. Existe un gran grupo de sensores destinados a diferentes funciones como son los sensores biométricos, de humedad, sensores de contaminación, sensores de decibelios acústicos, sensores de efecto hall, temperatura, ópticos, presión, movimiento, vibración, entre otros.
- **Módulo de comunicaciones inalámbricas:** en este grupo se destaca el transceiver o transceptor conformado por un transmisor y receptor, que permite la comunicación entre sensores.
- **Fuente de alimentación:** conformado por lo general por baterías que son elegidas de acuerdo a la aplicación que se requiera (Meneses, 2015).

#### **2.3.3.2 Gateway o puerta de enlace**

Este tipo de redes requiere monitorización para acceder a la información, en estos casos se establece un nodo como Gateway que permita la conexión de la red de nodos con la estación base, la función que cumple es actuar como puente entre una red inalámbrica que se emplea en los nodos y una red de datos de tipo (TCP/IP) que es la que llega al punto final donde se procesan los datos (Maroto, 2010).

#### **2.3.3.3 Estación base**

Elemento en el que el usuario puede acceder a los datos que se recolecta de los nodos, estos datos se almacenan en una base de datos.

#### **2.3.4 Topología de las WSN**

Las WSN siempre buscan la mejor agrupación entre nodos y buscando el mejor camino de envío y recepción, por lo que necesitan agruparse de una forma adecuada en la que puedan interactuar entre nodos y seleccionando uno como nodo coordinador, en la Figura 17 se muestra las diferentes topologías de red WSN.

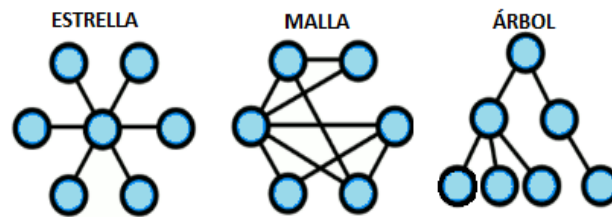


Figura 17. Topología WSN.

### 2.3.5 Tecnologías para las WSN

La alternativa para la transmisión de datos entre los nodos sensores es variada, pero la más adecuada en este tipo de redes es la denominada Tecnología Zigbee basa en el estándar IEEE 802.15.4 cuyo propósito es definir el nivel físico y el control de acceso al medio con tasas de transmisión bajas para redes inalámbricas de área personal.

#### 2.3.5.1 Zigbee

Es el nombre que se le da a un conjunto de protocolos de alto nivel para comunicaciones inalámbricas, trabaja en la banda sin licencia Industrial Científica y Médica (ISM) y adopta la banda de 2.4GHz lo que le permite comunicarse con otros dispositivos. Lo que hace relevante a esta tecnología es su bajo consumo de energía, su sencillez y sobre todo el bajo costo de producción que hace que su implementación sea una propuesta atractiva para las empresas. Con respecto a su protocolo permite la comunicación entre nodos con la característica de empezar a transmitir solamente cuando se solicita y el tiempo que no se requiera transmitir los nodos permanecen en reposo, esto con el fin de ahorrar energía (Gutiérrez, 2015). En la Figura 18 se puede observar cómo se compone el protocolo de Zigbee.

<b>Aplicación / Perfil</b>	Usuario
<b>Soporte de Aplicación</b>	
<b>Red (NWK) / Seguridad (SSP)</b>	ZigBee Alliance
<b>MAC</b>	
<b>PHY</b>	IEEE 802.15.4

Figura 18. Protocolos Zigbee.

Fuente: (Gutiérrez, 2015)

### 2.3.5.1.1 Comparación de Zigbee con otras tecnologías

En la Figura 19 se puede observar las características de comparación entre tecnologías, en las que se puede evidenciar las razones del uso de Zigbee para WSN.




	 Wi-Fi	 Bluetooth	 ZigBee	
Estándar	Wi-Fi 802.11g	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1	ZigBee 802.15.4
Aplicación principal	WLAN	WLAN	WPAN (sustituir cable entre dos dispositivos)	Control y monitorización
Memoria necesaria	1MB+	1MB+	250KB+	4KB - 32KB
Vida Bateria (días)	0,5 - 5	0,5 - 5	1 - 7	100 - 1000+
Tamaño Red	32 nodos	32 nodos	7	255 / 65.000
Velocidad (Kbps)	54 Mbps	11 Mbps	720 Kbps	20 - 250 Kbps
Cobertura (metros)	100	100	10 (v1.1)	1 - 100
Parámetros más importantes	Velocidad y Flexibilidad	Velocidad y Flexibilidad	Coste y perfiles de aplicación	Fiabilidad, bajo consumo y muy bajo coste

Figura 19. Comparación tecnologías inalámbricas.

Fuente: (López, 2012)

### 2.3.5.2 Bluetooth

Es un protocolo de comunicación de corto alcance a través de señales de radiofrecuencia en el rango de 2.4 a 2.48 GHz para transmisión de voz y datos perteneciente a la banda ISM lo que hace que su compatibilidad sea universal entre

dispositivos Bluetooth. Las características más relevantes con respecto a otras tecnologías de corto alcance son la confiabilidad al transmitir datos, baja interferencia, baja potencia, alto alcance de transmisión y sus bajos costos.

La transmisión de datos llega a velocidades hasta 1Mbps que es la tasa básica y 2 o 3 Mbps con tasa de datos mejorados, con un alcance de 50m con 6ms de latencia y hasta 7 dispositivos interconectados. Las conexiones se dan entre Maestro – Esclavo, son de tipo sincrónico punto a punto como se observa en la Figura 20 (a) y asíncrono sin conexión punto a multipunto Figura 20 (b).



Figura 20. Enlace a) punto a punto, b) punto a multipunto

Fuente: (Suquilanda & Torres, 2013)

### 2.3.6 Aplicaciones de una red WSN

Las WSN es la nueva tecnología en crecimiento, la cual se está dando a conocer por sus beneficios con respecto a la monitorización de ambientes, parámetros fisiológicos del ser humano, entre otros; sus diversas aplicaciones han permitido que cada vez abarque más áreas de estudio como las que se presentan a continuación:

#### 2.3.6.1 En la medicina

Siendo esta una de las principales aplicaciones en las que se emplean este tipo de redes, la mayoría se desarrollan para la monitorización de pacientes proporcionando facilidad para el control de la salud permanente y en el caso de llegar a tener una emergencia la respuesta médica es más pronta.

Dentro de esta área se enfocan redes basadas en sensores para monitorear factores fisiológicos, biomédicos, biocinéticas y ambientales. Alguno de los ejemplos son los sensores de Electrocardiograma ECG, sensor para medir la presión arterial, la tasa de respiración, la frecuencia cardiaca, sonidos del corazón, la glucosa de la sangre para pacientes con diabetes, para medir la capacidad física de los músculos Electromiograma EMG, los movimientos del cuerpo, con respecto al cerebro Electroencefalograma EEG. Todas estas aplicaciones con sensores facilitan el control del diagnóstico del paciente, su proceso de evolución con respecto a un tratamiento, el suministro de medicamentos, y facilidad en el control de la salud (Campaña, & Londoño, 2013).

En esta línea de investigación está el proyecto “Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores” (Ruiz, 2016).

Trata de un prototipo no intrusivo que se lo coloca al paciente para monitorear los signos vitales como son: ritmo cardiaco, presión arterial y temperatura corporal, sus resultados se almacenan en un terminal local o remoto, dispositivo móvil o una computadora. Los datos pueden ser visualizados por medio de una plataforma Web que tendrá acceso el especialista de la salud la arquitectura y su interfaz se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Arquitectura WSN para signos vitales.

Fuente: (Ruiz, 2016)

### 2.3.6.2 Agricultura

Cultivar la tierra es una de las actividades que realiza el ser humano para poder generar fuentes económicas por tal motivo la importancia de llevar un proceso adecuado y hoy en día con ayuda de tecnología de tipo inalámbrico por medio de las WSN. Los usos que se le puede dar son amplios dependiendo de las necesidades del área a trabajar, un ejemplo es el proyecto:

“Red WSN para el Control y Monitoreo de un Sistema de Riego por Goteo de una Plantación de Fresas en la Granja Experimental Yuyucocha– UTN” (Burbano, 2014). En la Figura 22 se ilustra el sistema que se encarga de medir la humedad, temperatura y luminosidad por medio de sensores que envían sus datos a un módulo central y por medio de una interfaz gráfica poder visualizarlos.

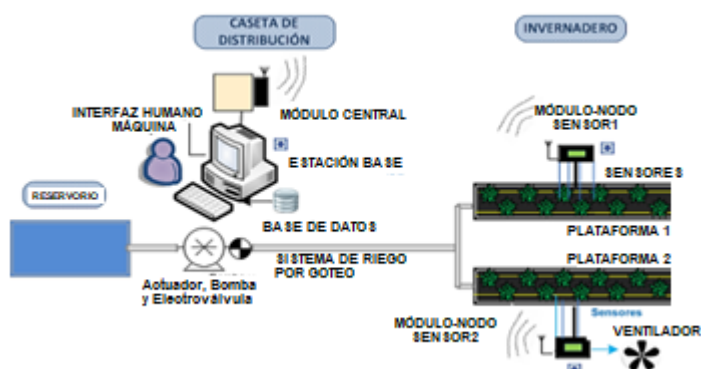


Figura 22. Esquema general red WSN.

Fuente: (Burbano, 2014)

### 2.3.6.3 Catástrofes Ambientales

La monitorización del medio ambiente se beneficia de las redes WSN como el proyecto basado en el “Diseño e Implementación de un Sistema de Monitorización de Incendios para la prevención de pérdidas forestales empleando una Red De Sensores Inalámbricos” (López, 2015).

Se desarrolló en un ambiente perteneciente al campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con presencia de árboles, suelo seco, filtración de Luz solar y en un área aproximada de  $81\text{m}^2$  como se observa en la Figura 23; se desplegaron 8 nodos sensores para obtener datos de temperatura, humedad relativa y concentración  $\text{CO}_2$  en 4 pruebas diferentes concluyendo que si existe fuego en la zona, se incrementará la concentración de  $\text{CO}_2$ , de temperatura y la humedad relativa disminuirá.



Figura 23. Escenario de pruebas.

Fuente: (López, 2015)

#### 2.3.6.4 Estructuras

La importancia que las estructuras (puentes, túneles, edificios, muros, y otras obras civiles), se encuentren en buen estado y a futuro no presenten problemas es un tema de importancia y varios investigadores emplean nuevas tecnologías para lograr este objetivo. Una de esas investigaciones denominada “Evaluación y Análisis de un prototipo de Sensores Inalámbricos para la monitorización de Infraestructuras críticas de puentes” (Martínez, 2014).

Este proyecto implementa una red WSN que permite captar las aceleraciones que presentan dos puentes, el puente peatonal ubicado en la parte frontal del Campus Politécnico de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y el puente “SAN PEDRO” ubicado en el Valle de los Chillos evidenciados en la Figura 24. Este



procedimiento adquiere información de las vibraciones y de esta manera permite obtener un sistema de monitoreo de puentes.



Figura 24. Escenario de pruebas (puentes).

Fuente: (Martínez, 2014)

### 2.3.6.5 Domótica

La principal función de la domótica es la automatización de los elementos del hogar, edificios y de la industria, para que la persona pueda controlar y supervisar desde un mismo lugar por medio de aparatos tecnológicos inteligentes. En la actualidad la domótica y las WSN han empezado a trabajar en conjunto, un trabajo enfocado en el tema es el “Sistema de Sensores Inalámbricos para la Implementación de Espacios Inteligentes” (Cázares et al., 2014).

Se trata de un sistema dedicado al monitoreo y supervisión de factores ambientales para una residencia o edificio comercial para el ahorro de energía eléctrica reduciendo el uso de aire acondicionado e iluminación. Cuenta con un grupo de sensores de Temperatura, iluminación, monóxido de carbono, humedad, gas licuado de petróleo (GLP), presencia y ruido.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Autónoma Indígena de México en dos aulas en las que se instalaron los módulos de adquisición para determinar variables de Temperatura, iluminación, humedad, y presencia, junto con actuadores para activar y desactivar el sistema de refrigeración y para controlar la fuente de luz. A continuación en la Figura 25 presenta el escenario de pruebas.



Figura 25. Vista arquitectónica del recinto de prueba.

Fuente: (Cázares et al., 2014)

### 2.3.6.6 Militar

El desarrollo de las WSN tuvo origen en ambientes militares quienes empezaron con investigación basadas en este tipo de redes, el motivo principal era encontrar una herramienta tecnológica que les permita conocer en tiempo real el campo de batalla y así tener el control del mismo para el ataque y defensa contra enemigos. Estas redes cumplen un papel importante en los comandos militares, comunicaciones, inteligencia, supervivencia, reconocimiento, detección de intrusos y ubicación de objetos enemigos; por sus características al ser de tamaños reducidos su ubicación es fácil en el sitio de batalla, o pueden ser ubicados en equipos militares (tanques, aviones de combate, submarino, misiles, torpedos, vehículos robóticos no tripulados). Estas redes han sido de importancia para la milicia (Cobos, 2007).

Enfocado en aplicaciones militares se encuentra el proyecto del Ejército de los Estados Unidos denominado “*pedra espía*”. Se trata de una red de sensores camuflados como si fuesen una roca Figura 26, estos sensores se organizan y comunican de forma automática y son capaces de activar otros dispositivos. Algunas de las características de estos mecanismos es la de permanecer en reposo, sin mantenimiento, y su fuente de alimentación a base de energía solar lo que hace a esta tecnología de bajo costo para su operación (Emmanuel, 2017).



Figura 26. Piedra espía como nodo sensor.

Fuente: (Emmanuel, 2017)

## 2.4 Sensores comerciales para el deporte

El uso de tecnología en los deportes cada vez es mayor, dentro de ello está el uso de los sensores para la monitorización deportiva la mayor parte de ellos son destinados a la adquisición de datos biométricos y fisiológicos, otros son empleados en accesorios como son balones, raquetas, ruedas, zapatos, etc.

A los que nos vamos a centrar en este apartado son a los nombrados *Wearables* o dispositivos vestibles se los llama así porque el usuario los puede llevar en alguna parte de su cuerpo interactuando de forma continua con el usuario, sus continuos avances han permitido que puedan ser compatibles con otros accesorios electrónicos que faciliten su funcionamiento como son los Smartphone, dentro del grupo de *wearables* están los relojes inteligentes o *smartwatches*, relojes GPS, pulsera de actividad, pulsómetros, Smart ring, entre otros (¿Qué es Wearable? - Los dispositivos vestibles, 2017).

Existen una gama de pulsómetros, pulseras de actividad y reloj GPS que son los más cotizados en los deportes, en este espacio se toma en cuenta los pulsómetros que acogen las características de los dos anteriores.

Las pulseras de actividad son más destinadas a analizar la actividad diaria de una persona que le guste el deporte en la Figura 27 podemos ver un ejemplo de su diseño y funcionalidades.



Figura 27. Pulsera de actividad.

Fuente: ("Pulsera de ritmo cardíaco+actividad física Fitbit Charge 2™", 2017)

Los relojes GPS son muy eficientes para entrenamiento al aire libre, permite marcar distancias, combinar series y lo mejor es que el recorrido que realiza el deportista lo puede observar su entrenador y no precisamente tiene que estar en el mismo lugar, los datos son enviados a una app lo que hace que se los pueda observar en el momento que se desee y desde cualquier lugar, en la Figura 28 se observa un ejemplo de este dispositivo.



Figura 28. Reloj GPS

Finalmente tenemos los pulsómetros que en sus características dependiendo del modelo ya tienen incorporado GPS y permiten controlar la actividad diaria. Su principal función es medir la frecuencia cardíaca del deportista, muchos de ellos permiten integrar accesorios con sensores integrados como son las bandas o harness que se colocan al pecho y envía los datos adquiridos del deportista al pulsómetro, La Figura 29 muestra un ejemplo (Mitre, 2016).



Figura 29. Pulsometro POLAR

Fuente: ("Support | Polar.com", 2017)

Lo útil de este dispositivo es que integra varias funcionalidades para un entrenamiento personalizado esta característica es muy importante porque permite al usuario llevar un entrenamiento según las técnicas y tácticas que se requiera para elevar su rendimiento, cuenta con una plataforma web donde se puede observar los datos del monitoreo en tiempo real del jugador mientras realiza la práctica deportiva y adicional se los puede descargar para su posterior procesamiento, registro de la actividad diaria, es compatible con otros sensores como correas que se adhieren al pecho para medir la frecuencia cardíaca que incluye un módulo electrónico que se encarga de recolectar y enviar los datos, la adquisición se da gracias a los electrodos que se encuentran embebidos en la propia tela constituyendo así el sensor de frecuencia. A continuación se enlista características del pulsometro Polar.

- Su compatibilidad y capacidad de integrar diferentes sensores como el running o los harness H7 HR sensor diseñados para adquirir datos de frecuencia cardíaca.
- Integra GPS facilitando la ruta de entrenamiento.
- Funciones de entrenamiento dependiendo del deporte y control de actividad diaria. Funciones de registro hasta 30h de entrenamiento opción de descarga de un feedback desde el servicio web Polar.
- Duración de batería hasta 8h en entrenamiento y 24 días en funciones de actividad.
- Resistente al agua y con tecnología bluetooth ("Support | Polar.com", 2017).

### 2.4.1 Análisis de costo entre fabricantes

Para el desarrollo de las pruebas y sustentación del modelo fue necesario determinar que equipos usar para la adquisición de datos teniendo en cuenta aspectos relevantes de acuerdo a las especificaciones que ofrecen. En la Tabla 5 se detallan los principales pulsómetros presentes en el mercado.

**Tabla 5**

*Análisis comparativo de pulsómetros.*

MODELO	IMAGEN	GPS	SENSOR FC	CARACTERÍSTICAS	COSTO \$
Polar M400		si	Banda pectoral	Calidad – Precio Duración de la batería hasta 8 horas. Tecnología bluetooth Transferencia de datos	184,99
Polar RS800CX		si	Banda pectoral	Calidad – Precio Duración de la batería hasta 8 horas. Tecnología IrDA USB Transferencia de datos	199,99
Garmin Fénix 3		si	Banda pectoral	Máxima Calidad Duración de la batería hasta 20 horas. Tecnología bluetooth Transferencia de datos	349,99
Suunto Ambit3		si	Banda pectoral	Mayor precisión Duración de la batería hasta 15 horas. Tecnología bluetooth Transferencia de datos	347,99
Garmin Vivoactive HRM		si	Banda pectoral	Máxima Calidad Duración de la batería hasta 10 horas. Tecnología bluetooth Transferencia de datos	159,95
Garmin Vivofit 2		no	Banda pectoral	Más vendido Duración de la batería hasta 15 días. Tecnología bluetooth y ANT +	66,70

---

**Sensores adicionales**


---

Polar bluetooth Stride Sensor		Datos de velocidad, distancia, cadencia de carrera y paso con la máxima precisión y sensibilidad. Bluetooth	64,00
Polar H10 Heart Rate Sensor		Medidor de frecuencia cardíaca.	89,95

---

**Fuente:** (El mejor reloj pulsómetro con GPS barato, 2017)

Una vez detallado la comparación entre los principales pulsómetros es necesario determinar las características a tener en cuenta al momento de adquirir uno, la tecnología que integra para la transmisión de datos es una característica importante, existen en el mercado dos tipos de tecnologías que emplean los fabricantes de estos equipos entre ellas ANT+ y Bluetooth, lo ideal es que cuente con esta última por motivos de compatibilidad con otros equipos como son los celulares y otros accesorios, el tiempo de la batería, integración de sensores adicionales como ejemplo de ello en este caso el dispositivo bluetooth stride sensor para medir la velocidad, modo multideporte, descarga de datos y que permita realizar un plan de entrenamiento. Todas estas características las tiene la marca Polar modelo M400 y a un precio asequible en comparación a otros modelos (M400 | Polar España, 2017).

El motivo de usar este tipo de equipos es porque se requiere de un sistema confiable probado con anterioridad referente al ámbito del deporte, por esta razón se recurre a los sensores de tipo comercial presentes en el mercado, aunque si bien es cierto este tipo de dispositivos no permiten integrar varios nodos sensores a la vez, si nos proporcionan una toma de datos confiable al momento de emplearlos para la evaluación y comprobación del modelo (Support | Polar.com, 2017).

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL MODELO

#### 3.1 Descripción del modelo

El modelo a plantear tiene un enfoque inicial siguiendo una línea de investigación de tipo descriptivo que permite la recopilación de información para estar al tanto sobre el tema de estudio. Para su estructura se planteó el modelo integrado que se puede observar en la Figura 30, compuesto por la unión del modelo analítico que propone un entrenamiento aislado para la mejora específica de una capacidad y el modelo global que realiza un entrenamiento simultáneo de varias capacidades del jugador relacionados con la situación real de juego. El objetivo principal del modelo integrado es incluir diferentes factores pero al momento de entrenamiento dar prioridad a uno de ellos dependiendo del plan de entrenamiento y los resultados que se quieran conseguir.

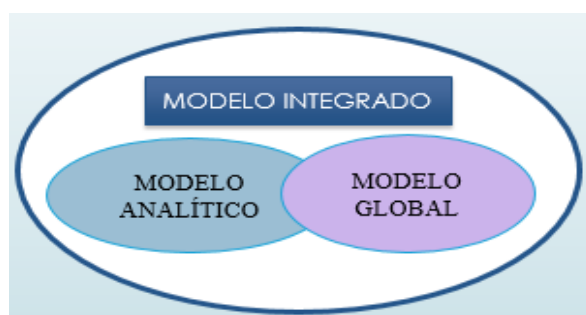


Figura 30. Modelo integrado de enseñanza y aprendizaje en fútbol.

Fuente: (Tineo, 2017)

En la estructura del modelo se considera los factores de rendimiento detallados en apartados anteriores que son un total de seis y de cada uno de ellos hemos seleccionado los parámetros más relevantes en la práctica deportiva como se muestra en la Tabla 6 que son definidos en función del deporte del fútbol; seguido a esto se detalla la propuesta de diseño, la forma en la que se puede evaluar estos parámetros, su importancia y si existen sensores que permiten la adquisición de datos de los mismos.



Tabla 6

*Factores que integran el modelo propuesto*

<b>FACTOR</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>FÍSICOS</b>	Velocidad	Acelerómetros	Nivel de velocidad del jugador.
	Fuerza	Sensor de Fuerza Resistivo. Encoder rotatorio	Fuerza muscular en las extremidades inferiores del jugador.
<b>FISIOLOGÍCOS</b>	Consumo de Oxígeno (VO <sub>2</sub> )	Pulsioxímetro	Capacidad aeróbica del jugador.
	Frecuencia Cardíaca (FC)	Pulsómetros con bandas pectorales. Sensor de FC	Carga fisiológica de los deportistas.
	Temperatura Corporal	Sensores LM35	Niveles de temperatura al realizar ejercicio.
<b>EXTERNOS</b>	Humedad	Sensor de humedad	Nivel de humedad en el entorno del lugar de juego.
	Altitud	Sensor de altitud	Medir la altitud en base a la presión atmosférica en el lugar de juego.
	Temperatura ambiente	Sensor de temperatura	Medir la temperatura ambiente del lugar en exteriores o interiores.
<b>TÉCNICOS</b>	Destrezas motrices	Plan de entrenamiento guiado por parte del entrenador para cada jugador.	Mejorar la técnica del jugador dependiendo de la posición que tenga en el juego.
	Capacidades coordinativas		
	Capacidad de aprendizaje		
<b>TÁCTICOS</b>	Conocimiento de la acción de juego	Plan de entrenamiento guiado por parte del entrenador para el grupo de jugadores.	Evaluar el rendimiento que el jugador tiene al trabajar con el equipo ideando estrategias de ataque contra el oponente.
	Estrategia		
	Toma de decisiones		
<b>PSICOLÓGICOS</b>	Experiencia motriz	Ejercicios para evaluar el grado de confianza	Medir el grado de seguridad del deportista
	Atención y concentración		

### 3.2 Propuesta de diseño para una WSN con el modelo planteado

Una vez detallado los parámetros de interés seleccionados de cada factor que integra el modelo, se plantea la propuesta de diseño de una WSN para exteriores destinada para el deporte fútbol que se estructura acorde a los parámetros que permiten la adquisición de datos mediante sensores como se detallan en la Tabla 7. Cabe recalcar que para los factores restantes (técnicos, tácticos y psicológicos) no se determinó un sensor específico para su evaluación pero en apartados posteriores se detalla la forma en que se los puede evaluar.

**Tabla 7**

*Parámetros de monitorización*

FACTORES	FÍSICOS	FISIOLÓGICOS	EXTERNOS
PARÁMETROS	Velocidad	VO <sub>2</sub> MÁX.	Humedad
	Fuerza	FC	Altitud
		Temperatura corporal	Temperatura ambiente

La arquitectura se divide en dos partes una destinada a la parte física y fisiológica (monitorización del usuario) y la segunda parte los factores externos que hacen referencia al lugar de monitorización, en donde se plantea la forma de ubicación de un nodo sensor en el lugar de evaluación (cancha de fútbol). Posterior a esto se muestra la propuesta del despliegue de nodos sensores en la cancha encargados de receptor la información de todos los parámetros propuestos.

Para la monitorización del usuario, la idea se proyecta con una monitorización de tipo individual en el que el usuario llevara consigo de forma no intrusiva los sensores para adquisición de los parámetros físicos y fisiológicos, los sensores se encuentran ubicados en puntos estratégicos del cuerpo del deportista, sus datos son enviados y procesados en un nodo sensor que lo lleva cada usuario formando una red con topología tipo estrella como se muestra en la Figura 31, una vez realizado este paso el nodo del usuario establecerá una comunicación con el nodo más cercano perteneciente

a la red de nodos sensores que se encuentra ubicada en la cancha de juego, que es la encargada de recibir los datos de cada jugador, la idea de hacerlo de forma individual es evitar confusiones y hacerlo más personalizado obteniendo un detalle completo de todos los parámetros por cada jugador; para que esto se pueda realizar ordenadamente se determina un identificador destinado a cada nodo que llevan los jugadores que permitirá determinar a qué jugador corresponde los datos recibidos.

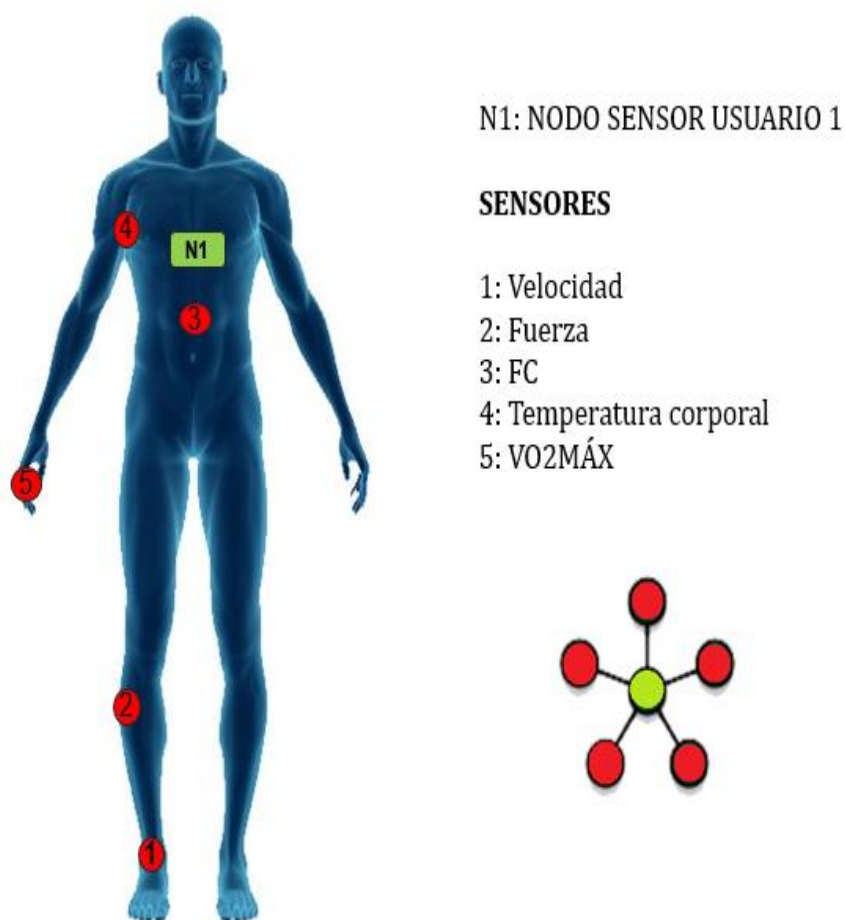


Figura 31. Monitorización individual WSN.

Para la monitorización ambiental se ubica un grupo de sensores en la cancha de fútbol encargados de monitorizar los parámetros externos, que envían la información a los nodos ubicados en la cancha de fútbol.

A continuación se muestra el diseño final que emplea una topología tipo malla seleccionada por sus características ya que es la que provee mejor escalabilidad, comunicación con todos los nodos de la red lo que posibilita la redundancia de caminos, movilidad de nodos y una mayor cobertura. Adicional a eso esta topología permite el uso del concepto de teselación que no es más que la unión de polígonos regulares para cubrir un área determinada, con ello se ha seleccionado una teselación formada por triángulos como se observa en la Figura 32, esto permitirá que la comunicación entre nodos sea equidistante para lograr que los tiempos de propagación sean lo más similares (Caicedo et al., 2015).

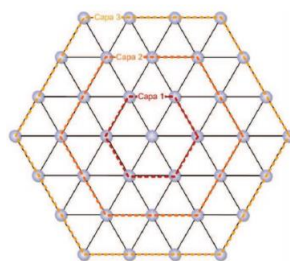


Figura 32. Teselación formada por triángulos

Fuente: (Caicedo et al., 2015)

La ubicación de los nodos se puede observar en la Figura 33 con un total de 10 nodos con separación equidistante de 21m nodos a lo largo de la cancha y 34m en lo ancho de la cancha entre si aproximadamente determinado acorde a las medidas de la cancha de fútbol de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE que es de 105m de largo x 68m de ancho y adicional considerando la posición de juego de los jugadores (arquero, defensas, volantes y delanteros), la idea es que los nodos puedan adquirir la información de todos los jugadores de cada equipo que son un total de 22, cabe recalcar que los nodos se encuentran alrededor de la cancha para evitar que sufran daños al momento del juego. La comunicación entre nodos sensores es a través de la tecnología *ZigBee* seleccionada porque permite integrar un número elevado de nodos inalámbricos de forma económica, compatibilidad con diferentes equipos y consumo mínimo de la batería. Dentro de la topología se selecciona un nodo sensor asignado como *Gateway* que servirá de puente para transmitir la información hacia la estación base (PC, PDA, LAN/WAN o una base de datos) como se observa en la Figura 34, con

el fin que el entrenador de fútbol pueda observar la información de sus jugadores mediante un ordenador que incluso puede estar ubicado lejos del área de evaluación o a su vez mediante el uso de un celular con acceso a la red, esto permitirá obtener datos del jugador en tiempo real ya sea en el entrenamiento o en un partido de fútbol, y servirá de ayuda al entrenador para poder caracterizar a sus jugadores y determinar un plan de entrenamiento personalizado.

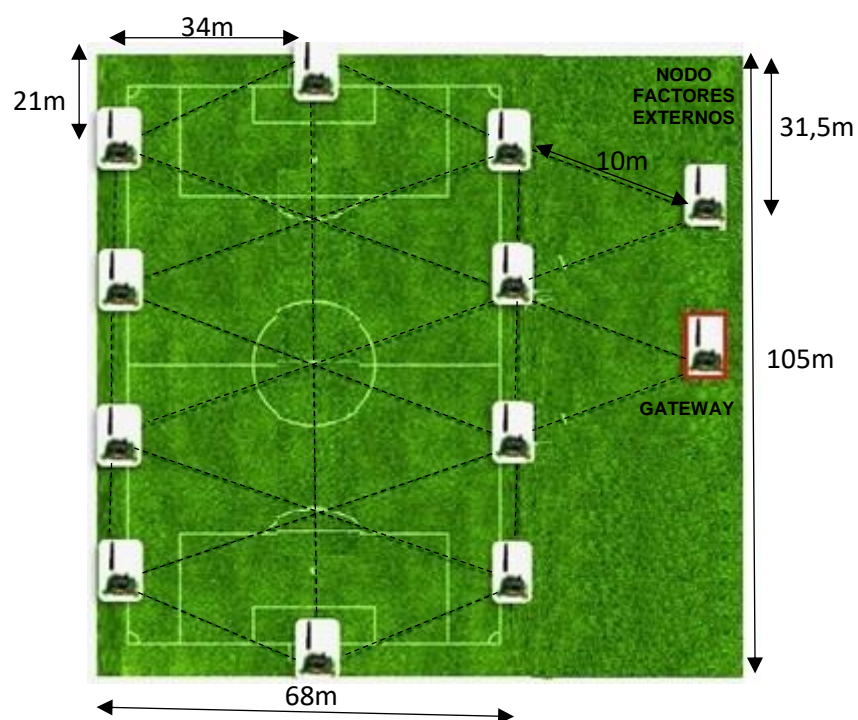


Figura 33. Distribución nodos sensores para la cancha de fútbol.

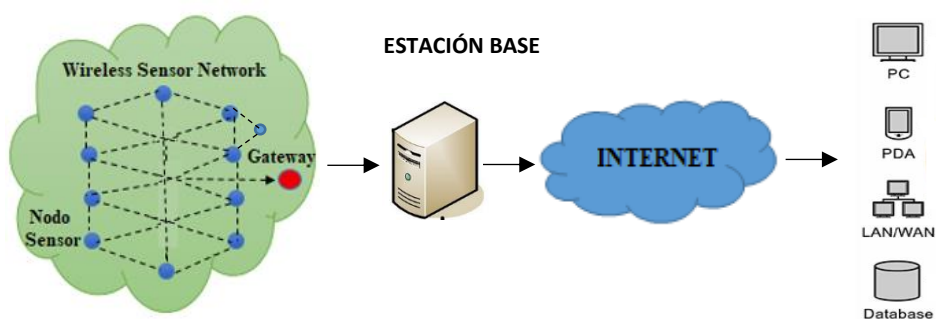


Figura 34. Arquitectura WSN para una cancha de fútbol.

### 3.2.1 Dispositivos para la medición de variables

En este apartado se detalla los nodos sensores para la adquisición de datos de las variables propuestas en el modelo. Se definen dos tipos de nodos sensores un grupo destinado a la adquisición de datos del jugador y el otro para la adquisición de datos en la cancha. La selección de equipos varía de acuerdo a sus características por lo que lo más recomendable es escogerlos de acuerdo a la aplicación a la que irá destinada.

Para la adquisición de datos del jugador es necesario contar con un nodo sensor que permita integrar varios sensores y que cuente con capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos. La idea que se propone es que el nodo usuario en su diseño se enfoque en el tema de miniaturización, que se basa en la tendencia de la tecnología en desarrollar sistemas cada vez más pequeños. Se requiere integrar los diferentes tipos de sensores de los factores mencionados en una sola placa de tamaño reducido con el fin que el jugador pueda llevar estos dispositivos sin que le cause incomodidad al momento de realizar la práctica deportiva, inclusive se los puede ubicar dentro o fuera de una prenda de vestir o con el avance de la tecnología se los puede adherir a la piel como se muestra en la Figura 35.

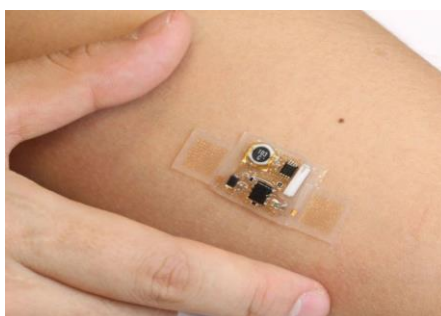


Figura 35. Sensores miniaturizados

Fuente: (Gabay Jon , 2017)

La arquitectura hardware que deben disponer los nodos sensores de la cancha de fútbol debe ser de bajo costo en la medida de lo posible y de igual forma con respecto al consumo de energía. Las cuatro características principales para formar un nodo son las siguientes:

- Sensor superior a los 5 canales y que sea de bajo consumo, esto permite la integración de los diferentes sensores para la monitorización del deportista.
- Microprocesador (2kB RAM, 60 kB ROM, 8 MHz, varios modos de consumo), con el fin de realizar el procesamiento de los datos adquiridos.
- Radio de comunicación inalámbrica que permita un alcance de 100m y se base en la tecnología Zigbee.
- Fuente de alimentación 2,8v (2 pilas), inclusive no se puede descartar usar otro tipo de energía como es la solar que también resulta una buena opción.

Una vez propuesto el modelo en la siguiente sección se detalla la importancia de cada parámetro que interviene en el modelo, su forma de evaluación y si existe sensores que permitan la adquisición de sus datos.

### **3.3 Factores que intervienen en el modelo forma de evaluación**

#### **3.3.1 Factores físicos**

Para que un deportista tenga un rendimiento satisfactorio uno de los factores más importantes son los físicos, estos son los que permiten que el ejercicio se desarrolle de la mejor forma posible por esta razón los entrenadores se basan en el entrenamiento y perfección en esta área y enfocando su enseñanza según la posición del jugador. A continuación se describe tres de los parámetros más estudiados y entrenados en el deporte de fútbol.

##### **3.3.1.1 Velocidad**

La velocidad en el fútbol es uno de los parámetros más referentes de un jugador de fútbol, como se describió en apartados anteriores existe una clasificación de la

velocidad. Sin embargo, dentro de esa clasificación la velocidad de desplazamiento y la de reacción son las más estudiadas, la primera por razón que el jugador en el transcurso del partido siempre está en constante desplazamiento y la de reacción es evaluada para determinar el menor tiempo posible en que el individuo reacciona de forma veloz ante un suceso en la cancha.

Velocidad de reacción: se manifiesta en el jugador cuando recibe un estímulo e inicia el movimiento en el menor tiempo un par de ejemplo de ello es cuando el jugador está en un contra ataque y debe reaccionar de forma veloz para no perder la oportunidad de ataque, o la velocidad del arquero para evitar los goles. Con respecto a su entrenamiento se considera que puede ser entrenada a partir de los 10 años edad en la que poseen mayor motricidad (Penagos & Viveros, 2011).

Entrenar la velocidad de reacción permitirá obtener jugadores capaces de responder a jugadas inesperadas y a una toma de decisiones en un tiempo muy corto, este parámetro permitirá evaluar su rendimiento, para su evaluación se puede aplicar un Test en este caso presentamos como ejemplo el test de sprint de 20m cuyo propósito es medir la velocidad de reacción, puede ser aplicada a niños, jóvenes y adultos. La prueba es individual y el evaluado deberá correr con la mayor velocidad los 20m, los resultados se evaluarán teniendo en cuenta la velocidad que consiguieron al pasar la línea de salida y medidos en el orden de segundos y centésimas de segundo (Penagos & Viveros, 2011).

Velocidad de desplazamiento: como ya se mencionó en el transcurso del juego el jugador realiza varios desplazamientos, los jugadores de fútbol durante el partido efectúan Sprints máximos de distancia de 10 a 20m y 75 acciones de alta intensidad. Un jugador de primera clase hace de 150 a 250 acciones de alta intensidad y un jugador de élite no se establece su marcación por la razón que actúa en situaciones de alta intensidad de forma intermitente. La velocidad de desplazamiento ha sido un factor de evaluación de los futbolista por esta razón existe la lista de los jugadores más rápidos del mundo en km/h como se muestra en la Figura 36 (Toscano, 2014).



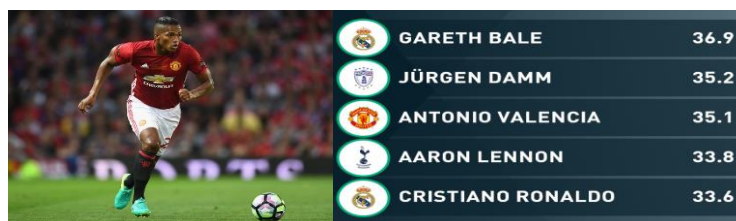


Figura 36. Velocidad de los futbolistas más rápidos.

Fuente: (Depor, 2015)

Para evaluar la velocidad de desplazamiento existen varios test entre los más empleados está el test de Repeat Sprint Ability (RSA) que se explicará de forma detallada en futuros apartados y el test de 50m; este último se desarrolla de forma individual en el cual los evaluados al escuchar la señal de salida por medio del entrenador, saldrán con la mayor velocidad sin detenerse hasta pasar la línea de meta, el tiempo se medirá por medio de dispositivos que midan velocidad o a su vez por cronómetros. El jugador tendrá dos oportunidades y se registrará el menor tiempo conseguido (García, 2013).

### 3.3.1.1.1 Sistema de adquisición de datos de velocidad

Para la recolección de datos se tiene dos formas. La primera es mediante el uso de los pulsómetros que cuentan con un sensor de movimiento con Sistema Microelectromecánico (MEMS del inglés *Microelectromechanical Systems*), que integra un acelerómetro, giroscopio y brújula digital; conjuntamente con el GPS permiten obtener datos en tiempo real de velocidad de carrera, distancia, Sprints y aceleraciones ya sea en interiores o exteriores ("Support | Polar.com", 2017).

La segunda opción es el uso de un sensor acelerómetro para las mediciones, uno de los más empleados es el ADXL345 que es un acelerómetro de 3 ejes y que permite mediciones de  $\pm 16g$ . Su diseño es pequeño, delgado y su consumo de energía es bajo. Adicional a esto se lo puede integrar para el uso de redes inalámbricas y configurarlo de acuerdo a las necesidades de diseño, en la Figura 37 se puede observar este tipo de sensores (Reinoso, 2013).



Figura 37. Sensor acelerómetro ADXL345.

Fuente: (Reinoso, 2013)

### 3.3.1.2 Fuerza

La fuerza en el fútbol hace referencia a la fuerza muscular que posee el jugador para realizar saltos, giros, pases, cambios de velocidad que demandan una respuesta muscular intensa. Por esta razón es un factor que conjuntamente con otros factores mejoran el rendimiento deportivo y si se lo entrena permite evitar lesiones.

La mayoría de los entrenadores llevan una metodología de entrenamiento de fuerza por medio de pesos libres y de máquinas guiadas, el éxito de esta práctica es su entrenamiento individual y su enfoque con respecto a la posición que tiene el jugador en el juego. A continuación se presenta una forma de entrenamiento de la fuerza en el fútbol.

- Trabajo con cargas: tiene como fin mejorar la potencia en los arranques y en saltos, se realiza por series con máximo de 6 repeticiones con un 80% de carga y es recomendable que el jugador al realizar el ejercicio mantenga una buena postura.
- Electroestimulación: es el uso de máquinas que permiten estimular los músculos (Cometti, 2002).

Una vez entrenado ya sea por métodos de cargas o por electroestimulación, se puede complementar con una serie de ejercicios para entrenar la fuerza como se muestra en la Figura 38.

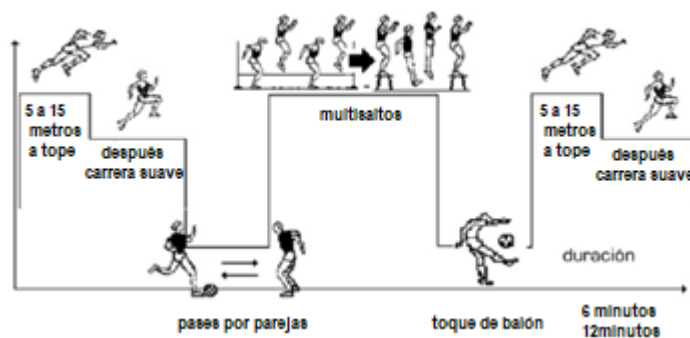


Figura 38. Entrenamiento de fuerza en fútbol.

Fuente: (Cometti, 2002)

### 3.3.1.2.1 Sistema de adquisición de datos de fuerza

El encoder lineal permite obtener datos de fuerza aplicada, está diseñado para ser usado en ejercicios de levantamientos de pesas o en ejercicios en los que se trabaja los músculos por medio del uso de cargas colocadas en forma vertical como son los equipos de gimnasio. El encoder rotatorio cuenta con un sensor electro-opto- mecánico que junto a un eje es capaz de obtener datos de la fuerza obtenida por medio de su movimiento rotatorio en la Figura 39 se puede observar el sistema completo (Acero, 2014).



Figura 39. Sistema encoder lineal.

Fuente: (Acero, 2014)

Otro sistema que permite medir este parámetro son las plataformas de fuerza que cuentan con un dinamómetro triaxial que capta la cantidad de fuerza en las tres dimensiones como se visualizan en la Figura 40 (Acero, 2014).

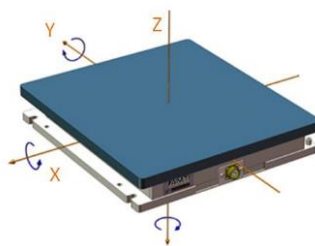


Figura 40. Plataforma de fuerza 3 ejes

Fuente: (Acero, 2014)

### 3.3.2 Factores psicológicos

Desde tiempo atrás se han venido desarrollando varios estudios pero no se había contado con la evaluación psicológica en el deporte, conforme al avance de investigaciones se ha podido constatar la importancia que tiene el trabajar este aspecto y aumentar la cultura psicológica de los deportistas, entrenadores y dirigentes deportivos. Al estudiar este factor nos permite analizar el proceso psíquico e influenciar las conductas internas del deportista y por medio de ello lograr aumentar su rendimiento sobre los factores físicos, técnicos, tácticos y externos al momento de realizar la práctica deportiva (Gálvez & Paredes, 2007).

#### 3.3.2.1 Autoconfianza

Cuando se refiere al grado de seguridad que tiene el deportista en realizar una acción o habilidad motriz estamos hablando de la autoconfianza. La confianza que tiene de sí mismo influye en el rendimiento deportivo y es un indicador puntual en el juego. Una forma de evaluar el rendimiento por medio de la autoconfianza se presenta en la Figura 41 en la gráfica de rendimiento-confianza, que tiene la forma de una U invertida conformada de tres etapas donde la poca confianza y el exceso de la misma pueden provocar la disminución del rendimiento, mientras que si se logra equilibrar ambas se puede obtener un alto rendimiento (Gálvez & Paredes, 2007).

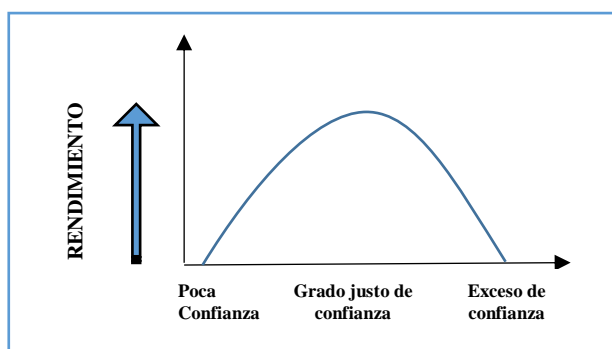


Figura 41. Gráfica confianza - rendimiento

Fuente: (Gálvez & Paredes, 2007)

### 3.3.2.2 Atención y concentración

Uno de los problemas en los deportistas a la hora del juego es la concentración y la atención, para lograr trabajar estos aspectos en el futbolista es necesario que conozcamos su definición.

La concentración no es más que focalizar toda la atención sobre una tarea en específico obviando todas las demás, con el fin de centrarnos solo en una; mientras que, la atención se define como el proceso psicológico por medio del cual elegimos estímulos que nos permiten concentrarnos en una determinada acción.

Estos aspectos se los puede trabajar para su mejora y aumento en el rendimiento, mediante los estilos atencionales que se definen a partir del foco atencional y relacionarlos con las situaciones de juego. A continuación se definen los cuatro focos atencionales basados en dimensiones de amplitud y dirección (España, 2016).

Amplitud cuando el deportista tiene una gran cantidad de información a la que debe prestar atención, dentro de esta tenemos:

- Amplia.- el jugador debe prestar atención a un número elevado de estímulos.
- Reducida.- el jugador presta atención a un número reducido de estímulos.

Dirección el jugador tiene la capacidad de dirigir su atención hacia un objeto, estos pueden ser:

- Externos.- son los que rodean al futbolista como es el público, árbitros, etc.
- Internos.- son propios del futbolista en el que intervienen las emociones, sensaciones del jugador (España, 2016).

Para poder evaluar y mejorar el rendimiento se han combinado estos cuatro focos atencionales de los cuales se puede seleccionar dependiendo de las necesidades de evaluación, se los puede observar en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Tabla de Focos Atencionales*

<b>AMPLIO-EXTERNO</b>	<b>AMPLIO-INTERNO</b>
Evaluación rápida de una situación. El deportista se centra en muchos estímulos de tipo ambiental. (ej. Un contraataque)	Análisis y planificación de una estrategia de juego. El jugador se centra en su estado físico o mental. (Ej. Desarrollo de una estrategia de juego)
<b>REDUCIDO-EXTERNO</b>	<b>REDUCIDO INTERNO</b>
Focalización de la atención en un estímulo del entorno (ej. Un lanzamiento de falta)	Preparación de la ejecución de una acción mediante el repaso mental. El jugador centra la atención sobre sí mismo.

Fuente: (España, 2016)

Existen ejercicios prácticos destinados a mejorar la atención y concentración, uno de ellos se detalla a continuación:

### **Ejercicio de tipo acumulado**

#### **Objetivos**

- Mejora de la atención y concentración
- Mejora de la memoria visual

#### **Materiales**

- Balones

### Descripción

Un jugador realiza una acción con el balón. El siguiente jugador realiza la misma acción y debe añadir una adicional. El siguiente realiza la suma de las acciones, y así sucesivamente. Como se presenta en la Figura 42.

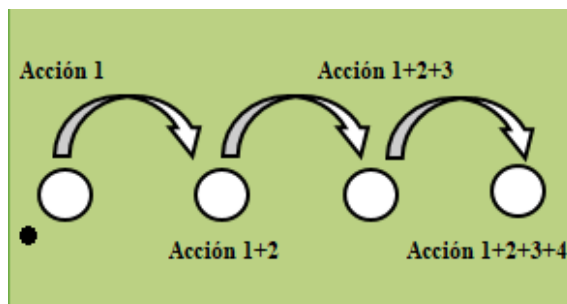


Figura 42. Focos atencionales

Fuente: (España, 2016)

### 3.3.3 Factores fisiológicos

#### 3.3.3.1 Consumo de oxígeno ( $VO_2$ )

El  $VO_2$  es un indicador que nos permite evaluar el rendimiento deportivo con respecto a la capacidad aeróbica del deportista, por medio del cual podemos medir la cantidad de oxígeno consumido por minuto, pero en la práctica el que nos interesa es el Consumo de Oxígeno Máximo ( $VO_{2\text{ máx.}}$ ), que no es más que el máximo nivel que una persona puede llegar a conseguir cuando realiza una práctica deportiva. El  $VO_2$  se incrementa en forma lineal y es directamente proporcional al esfuerzo que se realiza en el ejercicio, es decir, que a mayor ejercicio mayor cantidad de oxígeno consumido; llegando a un punto límite en el que se consigue el  $VO_{2\text{ máx.}}$  y por mucho que se incremente la carga este último no varía (Segura, 2011).

Para poder evaluar el rendimiento a partir de este indicador es conveniente que se lo compare en un grupo de deportistas, ya sea en el entrenamiento o en competición, para poder analizar cada perfil y determinar que deportista alcanza los valores más altos y por ende cual es capaz de conseguir una mejora en su rendimiento. Adicional,

esta variable fisiológica permite determinar la capacidad funcional en los sistemas cardiovascular y respiratorio del deportista (Segura, 2011).

El  $\text{VO}_2$  máx. se lo puede relacionar con la edad como se muestra en la Figura 43. Se observa que a la edad de los 14 años los valores son máximos en las mujeres, mientras que en los hombres es a los 16 años y a partir de los 25 años el  $\text{VO}_2$  máx. empieza a decrecer, esta diferencia se debe a que el hombre posee mayor masa muscular y menos grasa a diferencia de las mujeres (Segura, 2011).

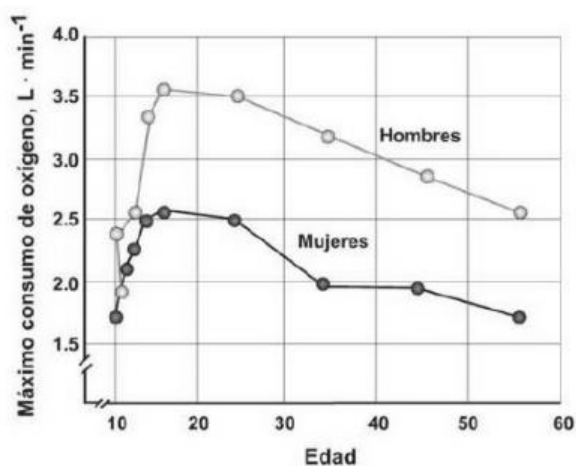


Figura 43.  $\text{VO}_2$  máx. respecto a la edad.

Fuente: (Segura, 2011)

Una forma de evaluar el  $\text{VO}_2$  máx. es mediante el uso del test denominado Yo-Yo test para resistencia o llamado Yo-Yo Endurance, este test consiste en carreras de ida y vuelta de 20m en la que el evaluado tiene que ir aumentando poco a poco su velocidad conforme escucha una señal sonora, el ejercicio termina cuando el individuo ya no puede seguir ejecutando la prueba (Antivero & Vargas, 2008).

Al momento del análisis de resultados los datos importantes a considerar son el tipo de deporte, la edad y el sexo. En estudios realizados se define que el  $\text{VO}_2$  máx. medido en milímetros de oxígeno utilizados en un minuto por kg de peso corporal ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) para el fútbol es de un rango de 54-64 para hombres y de 50-60 para mujeres (Wilmore, & Costill, 2010).



### 3.3.3.1.1 Sistema de adquisición $VO_2$ máx.

Para la adquisición de datos se lo puede realizar por medio de sensores de pulsioximetría de tipo no invasivos destinados a medir el nivel de oxígeno en la sangre como se muestra en la Figura 44. Este aparato se lo coloca en la yema del dedo de la persona, el proceso de adquisición de datos se lo hace a través de un emisor de luz y un sensor que toma como referencia el grado de azul que detecta en el dedo y por medio de este puede prever la cantidad de oxígeno en la sangre, cuando el tono de azul es mayor evita el paso de la luz roja haciendo que el sensor indique que existe mayor cantidad de oxígeno, esto se debe a la hemoglobina o el pigmento rojo contenido en la sangre que al liberar oxígeno pasa de un tono rosado a uno de color azul (Quirumed S.L., 2017).



Figura 44. Pulsioxímetro de dedo.

Fuente: (Quirumed S.L., 2017)

### 3.3.3.2 Frecuencia cardiaca (FC)

Otro aspecto en el fútbol para evaluar el rendimiento es la FC que permite medir la carga de trabajo fisiológica de los deportistas ya sea en entrenamiento o en competición, brindando información del grado de intensidad a causa del esfuerzo realizado. Este indicador es uno de los más investigados por especialistas ya que por medio de este se puede determinar las demandas energéticas que se producen en el transcurso del juego, detecta y previene el sobre entrenamiento y también permite estimar el consumo máximo de oxígeno.

Las investigaciones basan sus resultados en los valores de FC obtenidos en competencia y en función de las características de cada futbolista, es decir, según la demarcación en el juego; los valores que se obtiene de FC media durante el partido de fútbol se estima que es de un 85% de la FC máx (Gómez, 2016).

Para analizar la FC en el juego se evalúa la frecuencia antes, durante y al final del partido observando los cambios que presenta. Una herramienta que permite determinar la FC para valorar el rendimiento en base a la potencia aeróbica y determinación del umbral anaeróbico de un deportista es el Test de Conconi que consiste en realizar una carrera de velocidad en una pista de atletismo de 400m el cual conforme avance se debe ir aumentando la intensidad progresivamente cada 200m hasta que el evaluado llegue a un punto de agotamiento. El evaluado para saber el momento que debe aumentar la velocidad se guiará por medio de una grabación que cada 200m emitirá un sonido que coincidirá con señales ubicadas en la pista como son los conos, que deberá coincidir el sonido con el paso por el cono. Para este test se necesita el uso de un pulsometro para adquisición de los datos de FC (Villaescusa, 1998).

#### **3.3.3.2.1 Sistema de adquisición FC**

Existen sensores que permiten obtener la FC de una persona, pero que se los tiene que combinar con otros circuitos y muchos no son de tipo inalámbrico, para el caso de la adquisición de datos de FC lo más recomendable es el uso de los pulsometros o también de las pulseras de actividad, ya que son los más especializados y abarcan las características más importantes por la razón que la mayoría de estos son diseñados exclusivamente para el deporte en apartados anteriores se describió acerca de estos sensores de tipo comercial. Los pulsometros para FC vienen integrados en una pulsera e incluso algunos adicionan bandas pectorales para la medición, existen de diferentes precios dependiendo de las funciones que integren.

#### **3.3.3.3 Regulación de la Temperatura Corporal**

Antes de definir la importancia de este parámetro en el rendimiento deportivo es necesario comprender como se realiza la transferencia de calor, existen 4 modos:

- **Convección:** el aire es el que provoca que el calor se libere dependiendo de la temperatura del aire y del cuerpo.
- **Conducción:** contacto del cuerpo con el medio o con un objeto, que produce la transferencia de calor, un ejemplo es la natación.
- **Radiación:** cuando el cuerpo absorbe calor si es expuesto al sol, lo contrario en ambientes fríos que el calor se libera.
- **Evaporación del agua:** cuando la mayor parte del agua del cuerpo se evapora en forma de sudor, también se da cuando respiramos (Regulación de la Temperatura del Futbolista, 2017).

Cuando se habla de la regulación de temperatura nos referimos a la temperatura corporal que el ser humano es capaz de regular. El futbolista o las personas que practican deporte son los que más están sometidos a estos cambios, por esta razón se analiza dos situaciones:

- **Ejercicio a temperatura normal**

Al realizar ejercicio producimos calor pero no todo se elimina a través del sudor una parte de ello hace que la temperatura de nuestro cuerpo se eleve, provocando que a mayor intensidad del ejercicio mayor es la temperatura corporal llegando a valores hasta 41°C y la temperatura muscular a los 43°C que es la encargada de la mejora del rendimiento de los músculos. Con respecto a los futbolistas o deportistas preparados la temperatura corporal aumenta hasta los 38 °C debido a que consume el 50% de oxígeno ("Regulación de la Temperatura del Futbolista", 2017).

- **Ejercicio a temperatura sometida al calor**

En esta condición se tiene de contra las condiciones climatológicas que provocan la necesidad de perder calor por medio del sudor y haciendo que este se aumente de

forma elevada afectando en su rendimiento. Cuando se efectúan partidos de fútbol en ambientes calurosos la temperatura se eleva excesivamente provocando pérdida de líquido por sudoración lo que hará que disminuya la circulación de sangre, causando al corazón mayor *stress* y que la frecuencia cardiaca aumente para mantener el gasto cardiaco; todo esto si no se maneja de forma adecuada puede causar que el desempeño del futbolista disminuya.

La humedad es otro factor que afecta en el rendimiento deportivo de forma negativa, cuando es alta provoca que el calor que se quiere liberar por medio del sudor se pierda, con respecto a esto el cuerpo humano tiene la capacidad de defensa por medio de la regulación de su temperatura, de agua y sal de su cuerpo. En temperaturas ambientes leves el rango de temperatura en el fútbol va de 21 a 26 °C, mientras que la muscular se aproxima a los 41°C.

Se estima que el rango de temperatura corporal que el ser humano puede mantener va desde 35,4 a 42,8 °C. Pero estos valores pueden variar en los casos que se realice ejercicio en ambientes externos, por enfermedad o ejercicios que requieren grandes esfuerzos o son de periodos prolongados; en estos casos se debe tener cuidado ya que la temperatura puede sobrepasar el límite normal provocando problemas de salud ("Regulación de la Temperatura del Futbolista", 2017).

#### **3.3.3.3.1 Sensores para medir la temperatura corporal**

Para poder obtener los valores de temperatura los sensores LM35 por su tamaño reducido y sus características sencillas son una buena opción. El sensor trabaja en el rango de -55 hasta 150 °C y es de fácil acondicionamiento dependiendo de las necesidades de diseño que se requiera, para usarlo en el deporte es muy adecuado ya que se lo puede ubicar en el brazo del deportista sin ningún problema (Saavedra & Ordoñez, 2015).

#### **3.3.4 Factores técnicos**

La técnica en el fútbol requiere de una habilidad motora para su desarrollo, los movimientos que se efectúa con o sin balón permiten el control en el fútbol y el desarrollo de su técnica. Las destrezas motrices son propias de cada jugador y dependiendo de su entrenamiento se reflejará su rendimiento en la cancha. A continuación en la Figura 45 se presentan las destrezas motrices más importantes en el fútbol cuando el jugador realiza los movimientos con el balón y sin el balón.

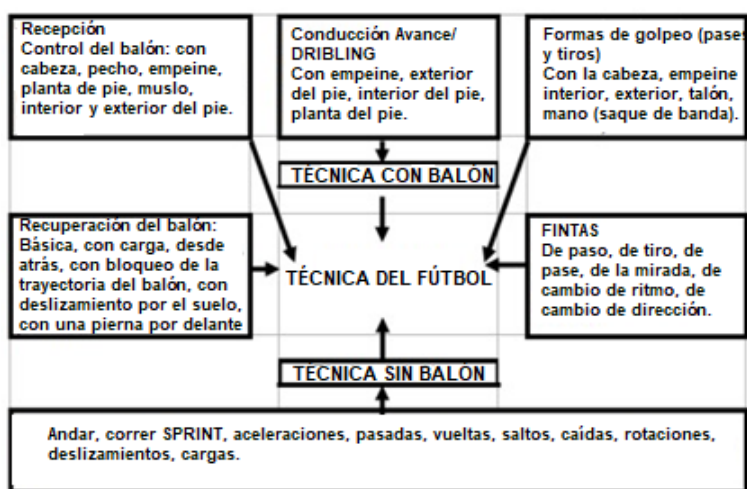


Figura 45. Elementos técnicos del fútbol.

Fuente: (Bottai, 2008)

Dentro de las habilidades motoras se encuentran las capacidades coordinativas que permiten perfeccionar la técnica al realizar movimientos de una forma más eficaz, precisa y en el menor tiempo posible; trabajando estas dos en conjunto permiten mejorar el rendimiento del jugador. La técnica del jugador de fútbol es propia de la persona dependiendo de cuan desarrollado este sus habilidades motoras y la posición en el juego, es así que la técnica que tiene un arquero será muy diferente a la que tenga un delantero.

### 3.3.4.1 Métodos de entrenamiento de la técnica

Al momento de realizar el entrenamiento un factor importante es el aprendizaje, ya que por medio de ello el jugador será capaz de captar, aprender y replicar lo

aprendido al momento de la competencia en la cancha. Dentro del aprendizaje existen dos formas:

- El aprendizaje aislado, cuando se realiza un entrenamiento de forma individual y atendiendo a una técnica en específico.
- El aprendizaje integrado en el que intervienen varios elementos realizando un entrenamiento más completo y complejo.

Considerando estas opciones existen dos métodos de entrenamiento de la técnica, una a través de los juegos o denominada enseñanza inductiva en la que el jugador adquiere más dominio sobre el balón, y por otra parte la enseñanza deductiva por medio de ejercicios en los que el jugador aprende las diferentes técnicas que requiere el fútbol (Bottai, 2008).

#### **3.3.4.2 Sistema de adquisición para analizar la técnica del jugador**

Como se pudo observar en la Figura 46 existe una amplia clasificación de la técnica. Sin embargo todo ello se puede resumir en la forma que el jugador realiza el control, la conducción, el pase y el disparo del balón; todos esos movimientos se los puede clasificar por grupos y de cada uno de ellos realizar pruebas a un grupo de jugadores de alto rendimiento con el fin de obtener características importantes que permitan determinar una clasificación de la técnica de cada jugador, como por ejemplo la que posee el arquero, el defensa y en sí de todas las posiciones que cumplen los jugadores. Para la adquisición de lo mencionado existen varias alternativas la más empleada a nivel de fútbol son los sistemas de análisis del movimiento 3D o el denominado video análisis que trata de un conjunto de cámaras de video de alta resolución y velocidad con una frecuencia de muestreo de hasta 1000 fps (Hz), con sus respectivos softwares de procesamiento de imágenes. Estas cámaras permiten observar los movimientos de cada jugador desde diferentes ángulos, las cámaras cuentan con sensores de dispositivos de carga acoplada (CCD) son encargados de crear la imagen a alta calidad y con poco ruido digital, al captar las imágenes y generar un video la información es enviada por medio de fibra óptica hacia un servidor que receptara el conjunto de

imágenes y empezará a procesarlas se estima que el tiempo es alrededor de 2min y ocupa 1TB de espacio. Este tipo de sistemas son los que se implementa en los estadios de fútbol. Un ejemplo del uso de este sistema es en la medición del rendimiento del salto vertical por medio de ello se puede estimar el tiempo de vuelo y la altura del salto, este ejemplo sirve para evaluar la técnica del arquero. En la Tabla 9 se puede observar otro tipo de dispositivos que permiten medir el salto vertical (Peña et al., 2017).

**Tabla 9**

*Dispositivos electrónicos para medición del salto vertical*

<b>Tipo de dispositivo</b>	<b>Plataformas de fuerza</b>	<b>Plataformas de contacto y ópticas (por infrarrojo)</b>	<b>Transductores ópticos de posición (por infrarrojos)</b>	<b>Acelerómetros (softwares y apps)</b>	<b>Videoanálisis (smart phones apps)</b>
<b>Medición directa</b> (según modelos)	Fuerza (N) Tiempo (t)	Tiempo de vuelo (tv) Tiempo de contacto (tc)	Distancia/espacio (e) Tiempo (tv)	Aceleración 3 ejes (a) Tiempo (t)	Tiempo (t) entre fotografías – selección manual
<b>Medición indirecta</b> (según modelos)	Velocidad máxima (centro de masas) Tiempo de vuelo (tv)	Altura del salto (h)	Velocidad máxima	Velocidad vertical máxima Aceleración vertical	Tiempo de vuelo (t)
<b>Medición doble indirecta</b> (según modelos)	Altura del salto (h)	-	Altura del salto (h)	Tiempo de vuelo. Altura del salto (h)	Altura del salto (h)

Fuente: (Peña et al., 2017)

### 3.3.5 Factores tácticos

Dentro del entrenamiento esta la enseñanza de la táctica, este apartado es muy importante para evaluar el rendimiento en equipo y es el que conjuntamente con la técnica permiten integrarse a los factores restantes para obtener resultados satisfactorios en la competencia. Para poder determinar la forma de estructurar la evaluación de este factor se divide en táctica ofensiva y defensiva; para su enseñanza se plante los siguientes métodos:

- **Explicación teórica en pizarra:** el entrenador o persona a cargo estructura de forma adecuada las posiciones de juego a utilizar de forma individual y posterior a ello la táctica grupal y las variantes posibles a usar en el juego.
- **Partido aplicado arreglado:** se realiza un partido en el que se plantean reglas, buscando analizar los aspectos ofensivos y defensivos de cada equipo para poder aplicar la parte teórica aprendida en la práctica grupal.
- **Análisis de video:** esto nos permite observar el desempeño que realizan los jugadores en la cancha y posterior poder corregir los errores cometidos en el juego, adicional a esto se puede observar los movimientos y jugadas del equipo rival para mejorar las tácticas de juego.
- **Partidos libres:** en este método el jugador empleará su técnica y lo aprendido teóricamente, con esto se trata de acercar más a la realidad del juego (Borbón & Alvarado, 2013).

Para poder emplear los métodos es necesario el uso de un sistema de juego o también denominado como el conjunto estructurado en el que se ubicarán los jugadores para un objetivo a lograr, cada uno con una función específica; los sistemas deben ser planteados considerando el objetivo a seguir, deben ser fundamentados capaces de conocer premisas del otro equipo, la cantidad y calidad de jugadores a tener en cuenta, saber las debilidades del equipo adversario y conocer las propias del equipo; todas estas características permitirán formar una alineación capaz de defender y atacar.



Cuando se hace referencia al sistema de juego se habla de las posibles combinaciones que se pueden dar en el campo, dentro de los sistemas más utilizados se encuentra el sistema 1-3-5-2 y el 1-4-4-2, la característica de estos sistemas es que ocupa solo dos delanteros y maneja el juego en el centro del campo. La táctica a emplear dependiendo de los objetivos a seguir se basa dependiendo de cada posición en el juego, cada jugador tiene diferentes formas de desempeñarse en la cancha, por esta razón (Borbón & Alvarado, 2013) han realizado una guía didáctica del curso: *Táctica y Estrategia en Fútbol*, en el que encontraremos la táctica que se debe usar para cada jugador según su ubicación en la cancha y los sistemas de juego con sus respectivos ejercicios y formas de aprendizaje.

### 3.3.5.1 Sistema de adquisición para el análisis de la táctica

De igual forma que el sistema para el análisis de la técnica se puede emplear las cámaras de video 3D para observar la táctica del equipo y de su rival. Lo más utilizado por los entrenadores al momento de estructurar un plan estratégico son los software de entrenamiento de fútbol que permiten realizar de forma gráfica la organización del equipo, una vez realizado y planteado la forma en la que se ubicarán los jugadores se puede realizar diversos análisis de rendimiento una técnica de evaluación son los métodos que proponen cada entrenador, los cuales deberán ser empleados a partir de los 10 años que es la edad en la que los jugadores son capaces de reaccionar a diferentes situaciones del juego y de la toma de decisiones. En la Tabla 10 se observa el entrenamiento dependiendo del nivel y el tipo de jugador (Campos & Pombo, 2012).

**Tabla 10**  
*Marco básico para entrenar táctica*

Nivel	Jóvenes	Amateur	Profesionales
<b>Bajo a medio</b>	+ regate, + tiro, - oponente (+1x1, +2x1, +2x2, +4x3)	+ regate, + tiro, + pases (+1x1, +2x1, +3x2, +4x3)	+ regate, + tiro, - contrarios (+1x1, +1x2,+2x1)
<b>Medio a alto</b>	+ fintas, + tiempo de finalización, - contrarios (+2x1)	+fintas, + creación de espacios, + secuencia táctica (+6x4, +8x6)	+ fintas, + tiempo de finalización, - contrarios (+3x2, (+4x3, +6x4 )

<b>Alto a muy alto</b>	+ regates, + juego combinado, - contrarios (+3x2, +5x3)	+Timing de pase, + precisión en finalización (+2x3,3x2)	+ corredores, +juego real, +juego posicional, + rotación de puestos
CLAVE:			
“+” = Mayor parte principal del entrenamiento “-” = Ocasionalmente			

Fuente: (Campos & Pombo, 2012)

### 3.3.6 Factores externos

Uno de los factores que no controla el jugador son los ocasionados por el ambiente, la práctica deportiva y la salud; este es un problema que afecta en el rendimiento del deportista, pero en la medida de lo posible se puede controlar y evitar.

#### 3.3.6.1 Salud del deportista

La salud del jugador es una clave importante para su desempeño, por tal motivo siempre se tiene la colaboración de un médico deportólogo encargado de llevar una evaluación de cada jugador en la pre temporada para que al llegar la competencia los jugadores estén aptos para un buen juego. Dentro de los factores que más afectan a la salud del deportista se encuentran las enfermedades, infecciones, lesiones, dolor y daño muscular. Una adecuada alimentación y un correcto control del ejercicio permiten mantenerse con una buena salud (López, 2016).

La principal problemática en el fútbol son las lesiones de rodilla, codo, tobillo, muñeca, etc. Que afectan el rendimiento del jugador, por esta razón un tema importante a tratar son las lesiones. A continuación se detalla la forma en la que se puede valorar el estado de salud de un deportista para evitar las lesiones o a su vez para tratarlas por medio de la rehabilitación (López, 2016).

##### 3.3.6.1.1 Sistema de adquisición de datos para tratar y mejorar la salud del futbolista con respecto a las lesiones.

El dinamómetro isocinético es un dispositivo que nos permite controlar y regular la velocidad de movimiento, se lo ocupa en la rehabilitación, la medicina deportiva, la traumatología, entre otros; por medio del cual podemos obtener la valoración muscular. Este dispositivo integra sensores de presión que están encargados de transformar la presión a una magnitud eléctrica, dentro de los que se emplea para evaluar la parte muscular están los sensores de presión sensibles a la fuerza, un ejemplo de ello se muestra en la Figura 46 del sensor (FSR del inglés *Force Sensing Resistors*) diseñado por *Interlink Electronics* la respuesta de este sensor es que al aplicarle una fuerza disminuye su resistencia, su acondicionamiento es sencillo y por su forma se lo puede ubicar fácilmente en los lugares deseados, un ejemplo del uso de estos sensores sería para el entrenamiento muscular o a su vez como medio de rehabilitación de la fuerza de los músculos (López, 2016).

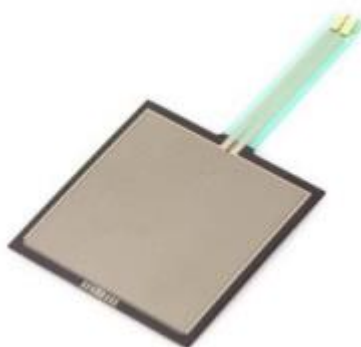


Figura 46. Sensor de presión FSR.

Fuente: (López, 2016)

### 3.3.6.2 Entorno del lugar de juego

Este factor es uno de los pocos estudiados pero que influyen mucho en el rendimiento deportivo, las condiciones ambientales ya sea el frío, el calor y la humedad afectan al deportista e incluso la altitud. Al ser el fútbol un deporte practicado en varios lugares, los futbolistas están sometidos a los cambios ambientales, para contrarrestar esto la mayoría de ellos viajan días antes de la competencia para realizar un periodo de aclimatización a la altitud. Con respecto al calor, los métodos de

enfriamiento al medio tiempo son una solución o una hidratación abundante antes y durante el juego.

Las investigaciones relacionadas con el calor y su influencia en el rendimiento del fútbol, estiman que existe una reducción de 2.6 a 57 % de la distancia recorrida a alta intensidad en el campo de juego, y en ambientes hipóxicos o llamados también ambientes con poca cantidad de oxígeno la reducción es de 3.1 al 20 %. En la Tabla 11 se muestra el impacto de la altitud en el rendimiento (Taylor, 2014).

**Tabla 11**

***Impacto de la altitud en el rendimiento.***

<b>Altitud</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Implicación</b>
0-500 m	Cercano al nivel del mar	
>500 – 2000 m	Baja altitud	Menor alteración en el rendimiento aeróbico. 3-5 días de aclimatación.
>2000 – 3000 m	Altitud moderada	Empieza a aparecer mal de montaña y la aclimatación se convierte altamente importante. 1-2 semanas de aclimatación.
>3000 – 5500 m	Gran altitud	Alteración considerable del rendimiento, la aclimatación se convierte clínicamente relevante. >2 semanas de aclimatación
>5500 m	Altitud extrema	La exposición prolongada resulta en un deterioro progresivo.

Fuente: (Taylor, 2014)

Con esta información puede surgir una serie de investigaciones en las que se analiza el rendimiento del deportista en diferentes climas, con el objetivo de analizar el rendimiento del jugador en cada escenario en el que se presenta ya sea de humedad, calor, frío o en altitud.

### 3.3.6.2.1 Sistema para adquisición de datos del entorno de juego

Para la recolección de datos existen varios sensores de los cuales los más empleados son los sensores de humedad, de temperatura y de altitud. A continuación se detalla cada uno de los mencionados.

Sensor de humedad: este es uno de los problemas que afectan en el rendimiento del futbolista, por lo que es necesario monitorizar este parámetro y una alternativa es el que se muestra en la Figura 47 de un sensor de humedad de tipo inalámbrico Monnit que nos permite monitorear la temperatura relativa del aire (Sensor de humedad - Monnit, 2017).



Figura 47. Sensor de humedad.

Fuente: (Sensor humedad – Monnit, 2017)

Sensor de altitud: encargado de medir la altitud en base a la presión atmosférica, este dispositivo se puede conectar a una red Ethernet, una red WiFi e incluso con una red GSM; los datos pueden ser grabados en una memoria flash interna para su posterior procesamiento. Un ejemplo de ello se puede observar en la Figura 48 del sensor Yocto-Altímetro que a más de medir la altitud puede medir la presión y la temperatura; una característica adicional es que nos permite integrar más dispositivos ("Sensor para medir la altitud - Yoctopuce ", 2017).

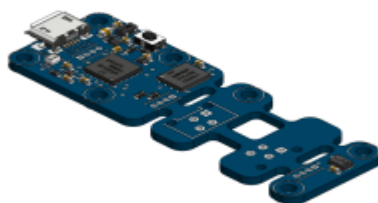


Figura 48. Sensor de altitud.

Fuente: (Sensor para medir la altitud – Yoctopuce, 2017)

Sensor de temperatura: este nos permite medir la temperatura ambiente del lugar en exteriores o interiores, un ejemplo de ello es el sensor inalámbrico de la marca monnit que utiliza en su estructura un termistor que hará que las mediciones sean con precisión, este sensor permite definir frecuencias de lecturas y establecer notificaciones mediante SMS y por correo electrónico en la Figura 49 se muestra su diseño (Sensor de temperatura – Monnit, 2017).



Figura 49. Sensor de temperatura.

Fuente: (Sensor de temperatura – monnit, 2017).

### 3.4 Costos referenciales de los sensores

Para los sensores de cada usuario se detalla un precio referencial en la Tabla 12 cuyos costos se considera para un total de 11 jugadores que son los que integran un equipo de fútbol y 4 sensores para cada esquina de la cancha correspondientes a los factores externos.

**Tabla 12***Costos de sensores que integran el modelo*

<b>CANTIDAD</b>	<b>SENSOR</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
11	Velocidad	9	99
11	Fuerza	17	187
11	VO2MÁX	7	77
11	Frecuencia Cardiaca	6	66
11	Temperatura corporal	12	132
4	Humedad y Temperatura ambiente	7	28
4	Altitud	7	28
<b>TOTAL</b>			<b>617</b>

Con respecto a los nodos sensores se planteó que se enfoquen en el tema de miniaturización por lo que se detalla los costos de los componentes que integran los nodos con el fin de que estos se los pueda diseñar, los costos se presenta en la Tabla 13.

**Tabla 13***Costos de componentes del nodo sensor*

<b>CANTIDAD</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
23	Microcontrolador MSP430FR599x	7	161
23	Pilas Litio CR2025	4	92
23	Radio modelo CC2430 IEEE 802.15.4	22	506
<b>TOTAL</b>			<b>759</b>

El valor total aproximado del costo del proyecto con respecto a equipos es de \$1376.

## CAPÍTULO IV

### EVALUACIÓN DE UN FACTOR DEL MODELO

#### 4.1 Descripción de la evaluación del modelo

Es necesario aclarar que el alcance del proyecto de investigación se enfocaba exclusivamente en la propuesta de un modelo de tipo teórico para evaluar el rendimiento de un deportista. Sin embargo, en esta etapa se vio la necesidad de realizar una prueba de uno de los parámetros que integra el modelo planteado con el fin de verificar la importancia y el impacto que el mismo puede tener en el área deportiva.

Para la parte de evaluación del factor del modelo seleccionado se recurrió a una investigación de tipo cuantitativa que permitió la recolección y análisis de datos sobre el parámetro elegido que fue la velocidad máxima de los deportistas, y seguido a esto mediante los datos numéricos recolectados se realiza el análisis estadístico de esta variable que permite caracterizar a los futbolistas con respecto a su velocidad de acuerdo a los resultados obtenidos y teniendo en cuenta su posición en el juego. Seguido a esto se tiene una investigación experimental que se aplica con un grupo de individuos para realizar un protocolo de pruebas midiendo la variable planteada y poder evaluar su rendimiento.

Cabe recalcar que la decisión de evaluación sobre el deporte a elegir fue por el motivo que el fútbol es uno de los deportes más practicados a nivel mundial con una gran importancia social. Otra razón es que el jugador es capaz de desarrollar varias capacidades mientras realiza este deporte los cuales sirven de indicadores para evaluar el rendimiento deportivo y de esta manera permiten determinar el camino que el entrenador debe seguir en el entrenamiento para elevar a sus jugadores a un nivel de alto rendimiento. Adicional a esto al ser una práctica que integra un número significativo de jugadores hace que se los pueda caracterizar a cada uno de ellos determinando el rendimiento que tienen en función de su posición en el juego.



Por otra parte el enfoque en la condición física por medio del parámetro de velocidad máxima se determinó en base a necesidades de evaluación del entrenador con el fin de analizar el rendimiento de cada jugador con respecto a su velocidad y determinar si el jugador tiene una velocidad adecuada acorde a su ubicación en el juego o a su vez determinar que jugador necesita un entrenamiento más intenso y personalizado; otra razón es que este parámetro es uno de los más evaluados a nivel del fútbol (Gómez & Hernandez, 2012).

El modelo planteado integra seis factores (físicos, psicológicos, fisiológicos, técnicos, tácticos y externos), de los cuales para las pruebas se seleccionó el factor físico con el parámetro de velocidad máxima como indicador de juego que permitió medir el rendimiento deportivo del futbolista, en la Figura 50 se puede observar su estructura.

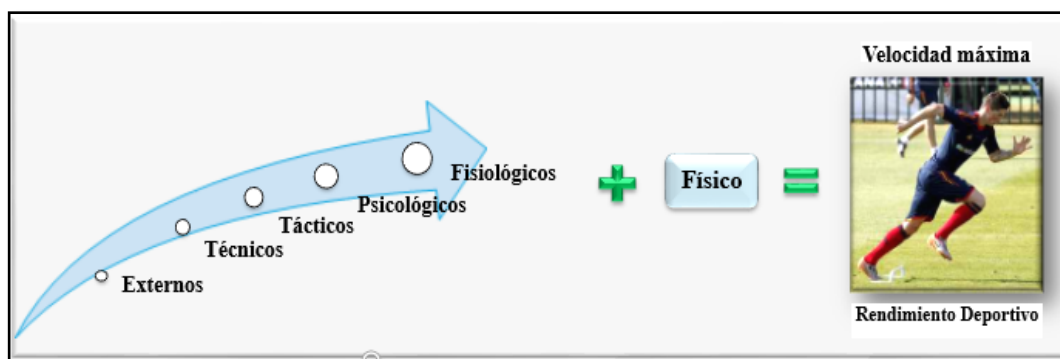


Figura 50. Modelo de rendimiento en fútbol

Cuando se trata de evaluar el rendimiento deportivo engloba una serie de factores que se debe tener en cuenta, sin embargo para estructurar un modelo óptimo lo más recomendable es centrarse en un tema en específico, en este caso se selecciona el deporte de fútbol orientado en el entrenamiento de la condición física, a través del indicador mencionado anteriormente, el motivo de centrarnos en este tema es la importancia de este parámetro para el aumento de rendimiento en la competición, debido a que el fútbol demanda una velocidad óptima en sus jugadores para poder responder de forma rápida y efectiva contra ataques del equipo contrario. La parte técnica-táctica y el desarrollo de las pruebas fueron supervisados por el docente

colaborador perteneciente a la CAFDER de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

## **4.2 Desarrollo del modelo**

### **4.2.1 Población**

Los participantes son un total de 6 jóvenes (entre 21 a 26 años) jugadores pertenecientes a la CAFDER de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, seleccionados para caracterizarlos según el rendimiento que presentan en las pruebas y en base a los parámetros del modelo. Todos los deportistas fueron informados sobre el objetivo de la evaluación, cuentan con una formación en fútbol y han tenido instrucción previa por parte del entrenador.

### **4.2.2 Métodos**

En la presente investigación se emplea el método deductivo que nos permite tratar aspectos generales sobre el rendimiento deportivo y posterior a ello poder determinar una situación particular, en este caso estructurando un modelo para evaluar el rendimiento basado en el deporte de fútbol.

En la estructura del modelo se establece un método de entrenamiento basado en el parámetro de velocidad del futbolista, en el cual el proceso de valoración se lo realiza de acuerdo al método interválico intensivo, y empleando las fases de entrenamiento deportivo.

En la fase de entrenamiento se definió en primera instancia un diagnóstico del lugar a realizar las pruebas, seleccionando una superficie lo más plana posible ubicada en las canchas de fútbol con el fin de obtener resultados más cercanos a la realidad del deporte, en la que se extendió a lo largo una cinta métrica para delimitar el área ubicando señaléticas al inicio y final de este tramo.

Previo a la realización de la prueba los participantes realizaron un calentamiento previo estandarizado de 12 minutos (1 sprints de 50m en carrera de baja intensidad, ejercicios de elasticidad y ejercicios de movilidad general) Como se evidencia en la Figura 51.



Figura 51. Calentamiento previo estandarizado.

Seguido a esto se explica el objetivo y los resultados a conseguir mediante el entrenamiento, el cual se realiza en un área delimitada por un inicio y fin, en ese tramo deben correr lo más rápido posible evitando frenarse antes de llegar al final. La señal para empezar la prueba la da el entrenador y a la par se pone en funcionamiento el sistema electrónico que permitirá obtener los datos.

#### **4.2.3 Técnicas e Instrumentos**

Una vez explicado el método a seguir se detalla a continuación la técnica para el desarrollo del protocolo de pruebas guiada del modelo planteado para sustentarlo, como primer factor especificamos el factor externo en el que evaluamos el lugar y el ambiente en que se realizan las pruebas. El lugar seleccionado es la cancha de fútbol de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en el valle de Los Chillos en Sangolquí, a una distancia de 22km de la ciudad de Quito, capital del Ecuador con una altitud de 2.520m sobre el nivel del mar (m.s.n.m) con un clima andino. La temperatura es de 18°C al medio día, tiempo en el que se realiza las pruebas. En la Figura 52 se visualiza el área.



Figura 52. Área de evaluación en *Google Earth*

Para la adquisición de datos se presenta el escenario de pruebas en la Figura 53 en el que se emplea el uso de los siguientes materiales como se detalla en la Tabla 14 y cuyas pruebas se las realizo de manera individual a cada evaluado.

**Tabla 14**

***Características de materiales empleados.***

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>
Pulsometro	Marca Polar modelo M400
Sensor de velocidad	Running Marca Polar con tecnología Bluetooth
Computador	Procesador Intel core i5 Memoria RAM 6GB Frecuencia de trabajo 2.5 GHz

Es necesario resaltar la importancia del uso del pulsometro Polar para la adquisición de datos. Una ventaja que tienen estos aparatos es el sistema con el que cuenta, al ser una tecnología dedicada exclusivamente al deporte permite tener datos fiables, exactos que servirá de referencia en futuras investigaciones y adicional a eso son evaluados en tiempo real. Una característica interesante es que este tipo de pulsometros permiten adicionar sensores como por ejemplo el sensor de *running* que es el que permitió la adquisición de datos de velocidad en (km/h) mediante tecnología Bluetooth. Adicional a esto una ventaja es que se puede personalizar el entrenamiento de forma *online* e incluso definir el tipo de deporte y sincronizarlo con el pulsometro mediante una plataforma web denominada *Polar Flow*, en el que puedes observar tus resultados en

el entrenamiento y descargar los datos al computador con un archivo GPX, TCX o CSV o a su vez observar los resultados de varios usuarios más no manipularlos (Support | Polar.com, 2017).



Figura 53. Escenario de pruebas para adquisición de datos.

Para poder caracterizar a los jugadores según la velocidad máxima, se aplicó el **Test de Capacidad de Repetir Sprints** o del inglés **Repeat Sprint Ability (RSA)**. La utilidad de este test en el fútbol se enfoca en evaluar la capacidad de repetir carreras a máxima velocidad, esta característica es importante ya que el jugador en el transcurso del juego realiza desplazamiento a intensidades altas permitiendo responder a contraataques o en acciones de defensa que son determinantes en el resultado al final del juego. A continuación se describe el protocolo del test RSA:

- Los Sprints se los realiza en una distancia menos de 40 m que serán suficientes, ya que la bibliografía indica que un jugador durante la competencia recorre una distancia media a máxima intensidad entre 5 a 15 m.
- El número de Sprints puede variar de 5 a 15 repeticiones, en nuestro caso se realizaran un total de 6 repeticiones suficientes para el análisis de la variación del parámetro de velocidad máxima.
- La recuperación será de tipo incompleta en el orden de los segundos, se recomienda que sea entre 25 a 30 segundos (Sánchez et al., 2016).

Estos valores son definidos dependiendo de la modalidad deportiva, como podemos observar en la Figura 54.

Sport	Sprint distance [yards (meters)]	Intervals between sprints [seconds]
Baseball, softball	30 (27)	30 - 60
Basketball	20 (18)	10 - 15
Football	10 - 40 (9 - 37)	25 - 30
Soccer, lacrosse, rugby, field hockey	10 - 40 (9 - 37)	5 - 15
Tennis	5 - 10 (5 - 9)	3 - 5 (same point) 20 - 30 (between points) 60 (between games)

Figura 54. Promedio distancias de Sprints e intervalos de descanso.

Fuente: (Sáenz, 2014)

La realización del test consta de tres etapas que se detallan a continuación y se las puede observar en la Figura 55:

- 1. Zona de salida.**- esta zona está situada a 0.5m de la zona de recorrido con el fin de evitar salidas erróneas y que al llegar a la zona 2 el jugador ya haya adquirido velocidad.
- 2. Recorrido.**- distancia en la que se evaluara la máxima velocidad que aplica el jugador.
- 3. Zona de recuperación.**- la recuperación será de 25s los cuales son suficientes para la recuperación entre las repeticiones (Sánchez et al., 2016).

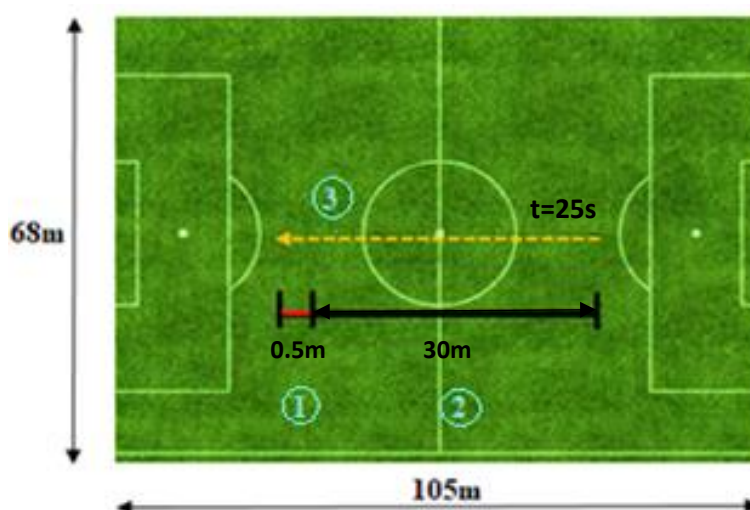


Figura 55. Etapas de la ejecución del test.

#### 4.2.4 Desarrollo del test RSA

Una vez detallado el modelo y el protocolo de pruebas a realizar, el entrenador o persona que evalúa el test es el encargado de verificar que todo este en orden, si es así, a continuación se ubica el primer evaluado en la zona de salida quien espera a la señal de aviso para empezar la carrera de máxima velocidad, al terminar el primer sprint se empezará a contar el tiempo de recuperación en voz alta para que el evaluado se prepare para la siguiente repetición, el conteo se da en el orden de los 1000 a 1025s para mayor exactitud del tiempo. En la figura 56 se puede observar el desarrollo del test RSA.



Figura 56. Desarrollo del test RSA

#### 4.3 Resultados

Los datos obtenidos fueron procesados mediante *Matlab*, para obtener un análisis estadístico y las gráficas correspondientes.

En la Tabla 15 se detalla el total de evaluados con su respectiva posición de juego. Es importante conocer la posición que tiene el jugador ya que por medio de ello se lo podrá caracterizar y determinar si el rendimiento que tiene es el correcto para la función que cumple.



Tabla 15

*Posición de juego de los evaluados.*

Evaluado	Posición	
<b>1</b>	<b>VOLANTE 1</b>	<b>V1</b>
<b>2</b>	<b>VOLANTE 2</b>	<b>V2</b>
<b>3</b>	<b>DELANTERO 1</b>	<b>D1</b>
<b>4</b>	<b>DELANTERO 2</b>	<b>D2</b>
<b>5</b>	<b>DEFENSA</b>	<b>DF</b>
<b>6</b>	<b>ARQUERO</b>	<b>A</b>

Los resultados conseguidos al finalizar el test RSA se detallan en la Figura 57 misma que muestra los valores conseguidos de velocidad en m/s que obtuvo cada evaluado en los seis Sprints. Finalmente la Tabla 16 corrobora la información gráfica

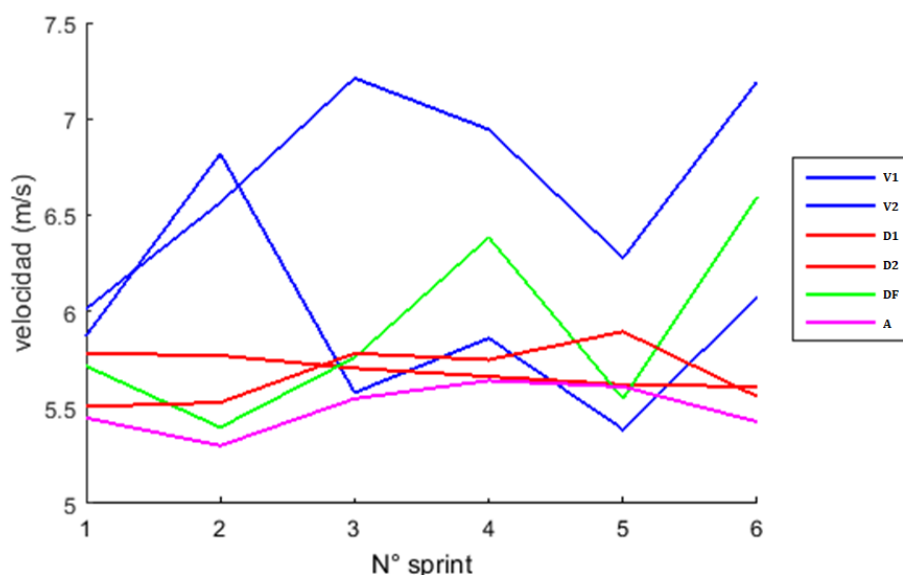


Figura 57. Velocidad máxima en cada sprint conseguida por los evaluados al realizar el Test RSA.



**Tabla 16***Velocidad (m/s) de los evaluados en cada sprint con el test RSA.*

<b>Evaluado</b>	<b>sprint1 (m/s)</b>	<b>sprint2 (m/s)</b>	<b>sprint3 (m/s)</b>	<b>sprint4 (m/s)</b>	<b>sprint5 (m/s)</b>	<b>sprint6 (m/s)</b>
Volante 1	6,01	6,56	7,21	6,94	6,28	7,19
Volante 2	5,87	6,82	5,58	5,86	5,39	6,07
Delantero 1	5,78	5,77	5,70	5,66	5,62	5,61
Delantero 2	5,50	5,52	5,78	5,75	5,89	5,56
Defensa	5,71	5,40	5,76	6,38	5,55	6,59
Arquero	5,44	5,30	5,55	5,64	5,61	5,42

A continuación en la Tabla 17 se muestra los datos de la velocidad máxima, mínima y el promedio de cada sprint y su variación.

**Tabla 17***Resultados estadísticos grupales de velocidad (m/s) en cada sprint.*

<b>Velocidad</b>	<b>sprint1 (m/s)</b>	<b>sprint2 (m/s)</b>	<b>sprint3 (m/s)</b>	<b>sprint4 (m/s)</b>	<b>sprint5 (m/s)</b>	<b>sprint6 (m/s)</b>
Promedio	5,72	5,90	5,93	6,04	5,72	6,07
Máximo	6,01	6,82	7,21	6,94	6,28	7,19
Mínimo	5,44	5,30	5,55	5,64	5,39	5,43

Analizar los datos grupales nos permite determinar el rendimiento en conjunto del equipo, como podemos observar se tiene una mejora en la velocidad conforme aumentan los sprints, aunque existen variaciones, esto podría ser a causa del esfuerzo que se aplica en cada vuelta haciendo que en un determinado tiempo el evaluado tenga bajas por la aparición de la fatiga que incapacita al músculo o a un organismo para mantener la misma intensidad de esfuerzo.

En la Figura 58 se evidencia en cambio el rendimiento que obtuvo cada evaluado en el desarrollo del test donde se observa el valor de velocidad máxima, media y mínima que consiguió. En la Tabla 18 se muestran los valores de velocidad

correspondientes de cada evaluado durante los seis sprints que hace referencia a la gráfica.

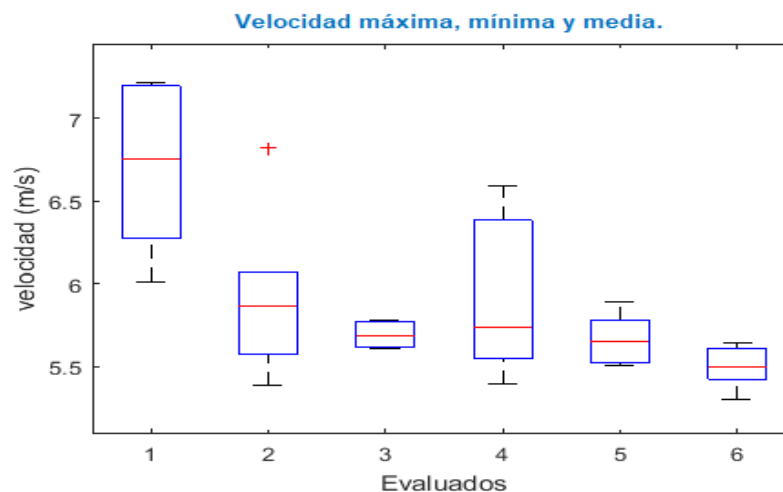


Figura 58. Velocidad máxima, mínima y media de cada evaluado al finalizar test RSA

**Tabla 18**

*Velocidad promedio (Max, Min, Med) de cada evaluado en (m/s).*

Velocidad	E1 (m/s)	E2 (m/s)	E3 (m/s)	E4 (m/s)	E5 (m/s)	E6 (m/s)
Promedio	6,70	5,93	5,69	5,90	5,67	5,49
Máxima	7,21	6,82	5,78	6,59	5,89	5,64
Media	6,75	5,87	5,68	5,74	5,65	5,49
Mínima	6,01	5,39	5,61	5,40	5,50	5,30

Como se puede observar los resultados de velocidad de cada evaluado van variando conforme se realizan los Sprints. Uno de los objetivos de realizar el test RSA es analizar el rendimiento individual de cada jugador en el aumento de la velocidad máxima como indicador de rendimiento y por otro lado, comparar el rendimiento entre cada jugador teniendo en cuenta su posición en el juego. Podemos evidenciar que el evaluado 1 consiguió los valores de velocidad más alto en el grupo con 7.21 m/s, seguido se encuentra el evaluado 2 con 6.82 m/s, con un valor medio se encuentra el

evaluado 4 con una máxima velocidad de 6,59 m/s y el evaluado 6 con el menor rendimiento de 5.64 m/s.

Con respecto a la posición en el fútbol, el evaluado 1 quien muestra mejor rendimiento del grupo ocupa la posición de volante al igual que el evaluado 2, con una velocidad media con respecto al grupo se tiene al defensa que es el evaluado 5 y el evaluado 6 de posición de arquero. Si bien es claro se puede evidenciar que los volantes son los que mejor rendimiento obtuvieron, seguido de defensas y finalmente el arquero; pero no existe una diferencia significativa con respecto a los valores obtenidos esto se debe a que no necesariamente la posición del jugador es un limitante del rendimiento, existen varios factores que son parte a la hora de analizar a un jugador como es su fisiología o hasta el plan de entrenamiento empleado con anterioridad. Sin embargo en nuestro caso se observa que los resultados para cada evaluado tienen relación con la posición que ocupa, ya que en datos detallados anteriormente existen estudios en los que definen que los que más recorren en la cancha son los volantes y defensas. Lo que se evidencia que el rendimiento es el adecuado para cada evaluado de acuerdo a la función que cumple. No obstante los valores de velocidad máxima se pueden mejorar con un plan de entrenamiento adecuado a lo largo de la temporada y volver aplicar el test RSA para determinar el incremento de rendimiento en la velocidad máxima del jugador.

Estos resultados sobre el rendimiento deportivo son de importancia para el entrenador, ya que le permite conocer el perfil físico de los jugadores y la manera de reestructurar su plan de entrenamiento para mejorar el rendimiento de sus jugadores.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Al término del presente proyecto de investigación se logró plantear un modelo metodológico que integra los principales factores que permiten evaluar el rendimiento en deportistas, el cual está destinado para ser empleado en WSN para el deporte.
- Se estudió el estado del arte de las WSN y sus principales aplicaciones, con el fin de obtener una base de la forma de diseñar este tipo de redes. Adicional a esto se detalló el tipo de tecnologías que se destinan a estas redes, dando énfasis al estándar IEEE802.15.4.
- Se planteó un modelo de rendimiento deportivo para ser empleado en una WSN, este modelo fue estructurado en base al modelo integrado con la finalidad de dar al usuario la posibilidad que pueda enfocarse en la evaluación del rendimiento de forma específica, es decir basándose en un solo parámetro o a su vez de forma conjunta evaluando el rendimiento teniendo en cuenta varios parámetros.
- Se planteó una propuesta de diseño para el despliegue de una WSN para la cancha de fútbol en el que se consideró los parámetros que permiten la adquisición de datos mediante sensores, esta red permite monitorizar los factores físicos y fisiológicos de los jugadores y los parámetros externos pertenecientes al ambiente del lugar de juego. Conformada por dos grupos de nodos sensores uno destinado al usuario y otro ubicado en la cancha para receptar los datos de cada jugador y a su vez un nodo sensor para monitorizar los datos del ambiente, esto servirá para futuras investigaciones.

- Se realizó la comprobación de un factor del modelo para lo cual se seleccionó la forma de evaluación individual mediante el factor de la condición física evaluando el parámetro de velocidad máxima en el deporte de fútbol como indicador de rendimiento deportivo. En el que se pudo observar que los volantes y los defensas son los que emplean mayores velocidades a diferencia del delantero y el atero.
- Una vez realizada la adquisición de datos de cada evaluado se analizaron sus resultados mediante medidas estadísticas en Matlab donde se pudo determinar el rendimiento de cada uno de ellos y verificar que conforme repetían el test su velocidad incrementaba y en algunos se mantenía, debido a que cada uno se desempeña de diferente forma. De esta manera se corroboró la utilidad del modelo propuesto.
- La adquisición de datos mediante sensores inalámbricos de tipo comercial como son los pulsómetros permitieron obtener datos fiables debido a que están diseñados exclusivamente para el deporte y permiten el seguimiento del entrenamiento en tiempo real de los deportistas. Sin embargo, uno de los limitantes es el costo del equipo ya que para poder analizar a más de un jugador cada uno debería contar con un equipo, sin contar que el alcance de estos productos es limitado ya que la mayoría integra tecnología bluetooth, por tal motivo para la propuesta del diseño de la WSN se propuso la tecnología Zigbee que es mucho más recomendable y ofrece mayores prestaciones.
- Se comprobó que el test es la técnica más factible para medir y evaluar diferentes parámetros del deporte, existe una serie de test que se los selecciona dependiendo de las necesidades de evaluación y por medio de ello podemos obtener resultados sobre el estado del deportista. Además es económico, fácil de implementar ya sea de forma individual o para grandes grupos.
- Esta investigación servirá para proyectos a futuro destinados al uso de WSN en ambientes deportivos para mejorar el entrenamiento y poder evaluar el rendimiento. Adicional a esto es una herramienta útil para los entrenadores que

por medio de una WSN podrán analizar las características de sus jugadores dependiendo de las necesidades de evaluación.

## 5.2 Recomendaciones

- Para poder plantear un modelo de rendimiento deportivo es necesario tener en claro que la parte teórica es de suma importancia para poder estructurarlo y tener una idea clara del objetivo que se quiere conseguir al evaluar el rendimiento de un deportista.
- Siendo este un proyecto escalable, se desea que tenga una mejora continua por lo que se recomienda a futuros investigadores que tengan interés en este tema, la reestructuración del modelo en el que puedan integrar más parámetros a evaluar con el fin de lograr resultados más completos sobre el rendimiento del deportista.
- Otra recomendación se basa en la integración de más modelos que permitan evaluar el rendimiento no solo individual sino de forma colectiva, el uso de técnicas como son los test se puede integrar de forma variada dependiendo de las necesidades, por lo que se recomienda implementar un test que permita evaluar el rendimiento pero con el uso del balón de fútbol o poder aplicar varios test dependiendo de la acción motriz que se requiera evaluar del deportista en el juego.
- Para el uso del pulsometro polar es necesario cargar el plan de entrenamiento mediante su página web previo a las pruebas de campo, para poder adquirir los datos de una forma más ordenada y que al momento de ponerlos en funcionamiento no existan fallas.
- Finalmente se recomienda realizar una implementación de una WSN propia y adaptar el modelo planteado, de manera que no sea necesario el uso de los pulsometros polar por la razón que este tipo de sensores son de alto costo.

### 5.3 Líneas futuras

Las investigaciones a futuro que nuestro grupo desea incursionar se basan de acuerdo al modelo planteado.

- Mediante el uso de una WSN evaluar el rendimiento del deportista mientras se realiza un partido de juego.
- Implementar una WSN para realizar pruebas con futbolistas con la finalidad de comparar su rendimiento deportivo en las diferentes regiones del Ecuador.
- Realizar la adquisición de datos del parámetro de velocidad de manera simultánea a más de un jugador de fútbol.
- Realizar una comparación del rendimiento deportivo entre hombres y mujeres en el deporte de fútbol, mediante una red WSN.
- Implementar una red WSN en pruebas con atletas y determinar su rendimiento deportivo.
- Realizar la evaluación de más de un factor para evaluar el rendimiento del deportista.
- Evaluar el rendimiento en deportistas, utilizando el modelo enfocado en el efecto placebo mediante WSN.

## Referencias

- ¿Qué es Wearable? - Los dispositivos vestibles. (2017). Obtenido de Dispositivos Wearables: <http://www.dispositivoswearables.net/>
- Acero, J. (2014). *Principio de la confiabilidad en la Medición de la fuerza: Tecnología Biomecánica. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE)*. Obtenido de <http://g-se.com/es/biomecanica/blog/principio-de-la-confiabilidad-en-la-medicion-de-la-fuerza-tecnologia-biomecanica>
- Andrade, G. (2015). *Diseño E Implementación De Un Módulo Didáctico Para La Medición Del Ritmo Cardíaco Mediante La Técnica De Pulsometría. Tesis De Grado. Universidad De Las Fuerzas Armadas-ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/10100/>
- Antivero, E. & Vargas, C. (2008). Consumo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>) Directo en Jugadores del Fútbol Profesional Argentino. *Calidad de Vida y Salud*, 1(1).
- Balaguer, J. (2010). *Enseñanzas Deportivas Bloque Específico Fútbol 2010*. Obtenido de [http://ffcv.es/images/stories/curso\\_2010/CURSO2\\_2010/03\\_GS/PrepFisicaEsp\\_N3.pdf](http://ffcv.es/images/stories/curso_2010/CURSO2_2010/03_GS/PrepFisicaEsp_N3.pdf)
- Barona, J. (2015). *Ecuador fomenta el deporte con una inversión de 270 millones de dólares en los últimos ocho años. Andes*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-fomenta-deporte-inversion-270-millones-dolares-ultimos-ocho-anos.html>
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento (1st ed.)*. Barcelona: Paidotribo.
- Borbon, O. & Alvarado, E. (2013). Guía Didáctica del Curso: Táctica y Estrategia en Fútbol. *Revistas.una.ac.cr*. Obtenido de <http://revistas.una.ac.cr/index.php/mhsalud/article/view/5323>
- Bottai, A. (2008). *Fútbol: consideraciones generales sobre el entrenamiento de la técnica*. Obtenido de Portalfitness.com.: [http://www.portalfitness.com/1796\\_futbol-consideraciones-generales-sobre-el-entrenamiento-de-la-tecnica.aspx](http://www.portalfitness.com/1796_futbol-consideraciones-generales-sobre-el-entrenamiento-de-la-tecnica.aspx)
- Burbano García, J. (2014). *Red WSN para el control y monitoreo de una sistema de riego por goteo de una plantación de fresas en la granja experimental Yuyucocha – UTN. Universidad Técnica del Norte*.
- Caicedo, J., Acosta, M. & Cama, A. (2015). Modelo de despliegue de una WSN para la medición de las variables climáticas que causan fuertes precipitaciones. 13(1), 106-115.



Calahorra, F., Torres-Luque, G., Lara, A. J., & Zagalaz, M. L. (2011). Parámetros relacionados con la preparación física del futbolista de competición. *Journal of Sport and Health Research*, 3(2), 113-128.

Campaña, S., & Londoño, J. (2013). Estudio de Redes de Sensores y Aplicaciones orientadas a la Recolección y Análisis de Señales Biomédicas. *Revista GTI*, 12(33), 85-99. Obtenido de <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/3558>

Campos, G. (2017). *El proceso del entrenamiento deportivo - La batalla por tu cuerpo*. Obtenido de La batalla por tu cuerpo: <http://labatallaportucuerpo.com/el-proceso-del-entrenamiento-deportivo/>

Campos, I. & Pombo, M. (2012). Como enseñar táctica. Fútbol táctico. *Revista profesional de fútbol y fútbol sala*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/javiblanco33/14-ensear-tactica>

Carrasco, O. (2013). *Análisis de los sistemas energéticos (Glucolítico-Oxidativo) en el rendimiento físico de los jugadores de fútbol en las diferentes posiciones del juego*. Escuela Politécnica del Ejército.

Cázar, G., Duarte, A., Castillo, H., Rodríguez, A., Lugo, S., & Ramírez, M. (2014). Sistema De Sensores Inalámbricos Para La Implementación De Espacios Inteligentes. *Ra Ximhal*, 10(3), 15-25. Obtenido de <http://www.uacm.kirj.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111002>

Chacon, P. (2014). *Análisis visual y transmisión de imágenes en redes inalámbricas de sensores*. Tesis de grado, Universidad de Sevilla.

Chicaiza García, D. F. (2009). *Estudio de las redes de sensores bajo el agua y sus principales aplicaciones*. Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército.

Cobos, E. (2007). *Estudio De Las Redes Sensoriales Como una Nueva Alternativa de Comunicación Inalámbrica*. Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército.

Cometti, C. (2002). *Preparación física en el fútbol (1st ed.)*. Barcelona: Paidotribo.

Depor. (2015). *Gareth Bale es el jugador más rápido del planeta, según estudio (VIDEO)*. Obtenido de Depor: <http://archivo.depor.com/futbol-internacional/gareth-bale-jugador-mas-rapido-planeta-segun-estudio-video-1038551>

*El mejor reloj pulsómetro con GPS barato*. (2017). Obtenido de <http://www.comprarpulsometros.com/mejor-reloj-pulsometro-gps-barato/>

Emmanuel, H. (2017). *Nueva arma del Ejército de los Estados Unidos: una piedra*. Obtenido de Marcianos: <https://marcianosmx.com/arma-espia-ejercito-eua-piedra/>

*Entrenamiento y Altitud. Biolaster*. (2017). Obtenido de Biolaster.com: <https://www.biolaster.com/news/1355153410/>

- España, S. (2016). *Atención y concentración en fútbol*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/deponastyle/atencion-y-concentracion-en-el-futbolpsicologia-61839194>
- Flores, E. (2015). *Sistema de Monitoreo de Ritmo Cardíaco (S.M.R.C.) Para Personas que Realizan Ejercicio Físico Aeróbico*. Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte.
- Foran, B., Ensenat Sole, A., & Blanco, A. (2007). *Acondicionamiento físico para deportes de alto rendimiento (1st ed.)*. Barcelona: Hispano Europea.
- Fútbol*. (2017). Obtenido de Es.wikipedia.org: [https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%BAtbol#Posici.C3.B3n\\_t.C3.A1ctica\\_de\\_los\\_jugadores](https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%BAtbol#Posici.C3.B3n_t.C3.A1ctica_de_los_jugadores)
- Gálvez, A., & Paredes, J. (2007). Aspectos psicológicos que influyen en el futbolista. *Efdeportes*, 11(106). Obtenido de <http://www.efdeportes.com/efd106/aspectos-psicologicos-que-influyen-en-el-futbolista.htm>
- Gabay, J. (2017). Tecnología de sensores para la salud y el estado físico | DigiKey. Obtenido de Digikey.com: <https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2015/oct/sensor-technology-for-health-and-fitness-applications>
- García, M. (2013). *Test de velocidad 50m. Aprendizaje de la carrera*. Obtenido de <https://aprendizajedelacarrera.wordpress.com/2013/08/23/test-de-velocidad-50-m/>
- García, O. (2005). *Estudio de la Frecuencia Cardíaca del Futbolista Profesional en Competición: Un Modelo Explicativo a Partir del Contexto de la Situación de Juego*. Doctorado, Universidad de A Coruña.
- Gómez, J. (2016). *Determinación de un Modelo de Cuantificación de La Carga de Entrenamiento en Fútbol en Base a la Competición*. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura.
- Gómez, R. & Hernandez, A. (2012). Revisión de indicadores de rendimiento en fútbol. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Ffísica y el Deporte*, 1(1), 1-14.
- Great, D. (2017). *Frecuencia cardíaca y entrenamiento*. Obtenido de Femfutbol.blogspot.com. : <http://femfutbol.blogspot.com/2011/05/frecuencia-cardiaca-y-entrenamiento.html>
- Gutiérrez, M. (2015). *ZigBee, la tecnología barata para comunicación inalámbrica*. Obtenido de El Androide Libre: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>

- Kidman, E., D'Souza, M., & Singh, S. (2016). A wearable device with inertial motion tracking and vibro-tactile feedback for aesthetic sport athletes Diving Coach Monitor. *IEEE Xplore Document. Ieeexplore.ieee.org*. Obtenido de <http://ieeexplore.ieee.org>
- Lara, R., Vizcaino, P., Alvarez, J., & Acosta F. (2009). *Caracterización de un Sistema de Monitoreo del Volcán Cotopaxi empleando Sensores Inalámbricos*.
- Levine, B. & Stray-Gundersen, J. (2017). "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. Obtenido de [Jap.physiology.org](http://jap.physiology.org): <http://jap.physiology.org/content/83/1/102.full.pdf+html>
- Llanga, D., & Cano, D . (2014). *Implementación del Prototipo para el Control De Acceso Docente mediante la Interoperabilidad de WSN y RFID*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- López de Subijama, C., Barriopedro, M., Conde, E., Sánchez, J., Ubago, E., & Gallardo, L. (2015). Análisis de las barreras percibidas por los deportistas de élite españoles para acceder a los estudios. *Cuadernos De Psicología Del Deporte*, 15(1), 265-274. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4321/s1578-84232015000100025>
- López, C. (2016). *Desarrollo de un sistema para la monitorización de contracción muscular en base a un sensor de presión en superficie*. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia.
- López, I. (2011). *La evaluación de variables psicológicas relacionadas con el rendimiento en fútbol: Habilidades psicológicas para competir y personalidad resistente*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- López, J. (2012). *Estudio e Implementación de un Sistema de Seguimiento de Vehículos con una Red de Sensores Inalámbrica*. Tesis de grado, Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Telecomunicación Universidad Politécnica De Cartagena.
- López, W. (2015). *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitorización de Incendios para la Prevención de pérdidas forestales empleando una Red De Sensores Inalámbricos*. Tesis de grado, Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE.
- López-Ros, V. y Castejón, F. J. (2005). La enseñanza integrada técnico-táctica de los deportes en edad escolar: Explicación y bases de un modelo. *Apunts: Educación Física i Esports*, 79, 41-42.
- Manzano, J. (2015). *DSpace CEU: Clarificación de conceptos relacionados con el entrenamiento deportivo / J. Ignacio Manzano Moreno*. Obtenido de [Dspace.ceu.es](http://dspace.ceu.es): <http://dspace.ceu.es/handle/10637/6799>

- Maroto, J. (2010). *Desarrollo de Aplicaciones Basadas en WSN*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Valencia.
- Martín, D., Klaus, C., Lehnertz, K., & Polledo, R. (2014). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo (1st ed.)*. Barcelona: Paidotribo.
- Martínez, H. (2014). *Evaluación y Análisis de un prototipo de Sensores Inalámbricos para la monitorización de Infraestructuras críticas de puentes*. Tesis de Grado, Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe.
- Meneses, P. (2015). *Implementación de un Sistema de Monitorización de CO2 mediante Redes de Sensores Inalámbricos en el Campus Universitario de la ESPE*. Tesis de Grado, Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe.
- Merino, F. (2017). *Características del jugador de fútbol por posición*. Obtenido de Futbolmerino.jimdo.com:  
<https://futbolmerino.jimdo.com/2011/06/09/caracter%C3%ADsticas-del-jugador-de-f%C3%BAtbol-por-posici%C3%B3n/>
- Mirella, R. (2001). *Nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Mitre, C. (2016). *Pulseras de actividad y relojes GPS ¿diferencias?*. Obtenido de The Beauty Mail. : <http://www.thebeautymail.es/pulseras-actividad-relojes-gps-diferencias/>
- Muñoz, D. (2009). Capacidades físicas básicas. Evolución, factores y desarrollo. Sesiones prácticas. *Revista efdeportes*, 14(131). Obtenido de <http://www.efdeportes.com/efd131/capacidades-fisicas-basicas-evolucion-factores-y-desarrollo.htm>
- M400 | Polar España. (2017). Obtenido de Polar España: <https://support.polar.com/es/ayuda/M400>
- Open Automation | Productos | Imote2. (2017). Obtenido de Openautomation.net: <http://www.openautomation.net/page/productos/id/25/title/Imote2>
- Ortiz, R. & Iglesias, A. (2004). *Tenis*. Barcelona: INDE.
- Página Principal - SAETA*. (2017). Obtenido de Ait.upct.es. : [http://ait.upct.es/saeta/index.php/P%C3%A1gina\\_Principal](http://ait.upct.es/saeta/index.php/P%C3%A1gina_Principal)
- Patricio, M. (2017). *Inteligencia Artificial para la mejora de los deportes de equipo*. Obtenido de Portal.uc3m.es: [http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/noticias/inteligencia\\_artificial\\_deportes](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/noticias/inteligencia_artificial_deportes)

- Penagos, J. & Viveros, M. (2011). *El Desarrollo De La Velocidad De Reacción En Jóvenes Futbolistas De 12 A 14 Años*. Tesis de grado, Universidad del Valle.
- Peña, G., Heredia, J., Arenas, A., Pérez, C., & Aguilera, J. (2017). *Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos?* Obtenido de Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE): <http://g-se.com/es/salud-y-fitness/articulos/dispositivos-y-tecnicas-para-la-medicion-del-rendimiento-del-salto-vertical-que-opciones-tenemos-2280>
- Plan nacional para el buen vivir, 2009-2013. (2009). Quito, Pichincha, Ecuador.
- Pulsera de ritmo cardiaco + actividad física Fitbit Charge 2™*. (2017). Obtenido de Fitbit.com: <https://www.fitbit.com/es/charge2>
- Quirumed S.L. (2017). *Pulsioxímetro de dedo con onda plestimografica con cargador a corriente electrica - Pulsioxímetros de Dedo - Pulsioxímetros - Electromedicina*. Obtenido de Quirumed.com: <https://www.quirumed.com/es/catalog/product/view/id/57739/s/pulsioximetro-de-dedo-con-onda-plestimografica-con-cargador-a-corriente-electrica/category/729/?sid=57738>
- Red de sensores*. (2017). Obtenido de Es.wikipedia.org : [https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_sensores](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_sensores)
- Regulación de la Temperatura del Futbolista. (2017). *Deporteynutricion.net*. Obtenido de <http://www.deporteynutricion.net/Articulos/futbol-articulo65.aspx>
- Reinoso, C. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA ALERTA TEMPRANA DE DESLAVES* . Tesis de Maestría, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Rincón, F. (2012). *Técnicas de diseño de redes inalámbricas de sensores corporales inteligentes y energéticamente eficientes*. Universidad Complutense De Madrid. Obtenido de <http://eprints.ucm.es/18141/1/T34252.pdf>
- Rojo, J. (2014). Análisis sobre las demandas físicas y fisiológicas en fútbol . *Efdeportes*, 18(188). Obtenido de <http://www.efdeportes.com/efd188/demandas-fisicas-y-fisiologicas-en-futbol.htm>
- Ruiz, W. (2016). *Redes de sensores inalámbricas enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Saavedra, C., & Ordonez, D. (2015). *Diseño e Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos para el Monitoreo de Temperatura Corporal*. Tesis de grado, Escuela Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31096>

- Sáenz, J. (2014). *Revisión sobre la Capacidad de Repetir Esprines o RSA en jugadores de fútbol*. Tesis de grado, Universidad del País Vasco.
- Sánchez, J. S., Familiar, C. H., Muñoz, V. M., García, A. G., Fernández, A. R., & González, M. C. (2016). Efecto de un entrenamiento intermitente con y sin cambios de dirección, sobre el rendimiento físico de jóvenes futbolistas. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 30, 70-75. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345744747013>
- Segura, R. (2011). *Fundamentos De La Capacidad Aeróbica (VO2MAX)*. Obtenido de <http://altorendimiento.com/fundamentos-capacidad-aerobica/>
- Sensor de humedad inalámbrico Monnit - Commercial Coin Cell Powered | MNS-9-W1-HU-RH*. (2017). Obtenido de Monnit.com: <https://www.monnit.com/Products/Wireless-Sensors/Coin-Cell/Wireless-Humidity-Sensors>
- Sensor de temperatura inalámbrico Monnit - Commercial Coin Cell Powered | MNS-9-W1-TS-ST*. (2017). Obtenido de Monnit.com: <https://www.monnit.com/Product/MNS-9-W1-TS-ST>
- Sensor para medir la altitud - Yoctopuce - Yocto-Altimeter - Sumelco*. (2017). Obtenido de Sumelco: <http://www.sumelco.com/productos/registro-de-datos/datalog/sensores-de-posicion/sensor-para-medir-la-altitud-yoctopuce-yocto-altimeter/>
- Sitio Oficial de la Federación Ecuatoriana de Fútbol, el portal del fútbol ecuatoriano*. (2017). Obtenido de Ecuafutbol.org: <http://ecuafutbol.org/web/historia.php>
- Stone, M., & Stone, M. (2017). *Recuperación – Adaptación: Deportes de Fuerza y Potencia*. Obtenido de Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE): <https://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/recuperacion-adaptacion-deportes-de-fuerza-y-potencia--431>
- Suarez, G. (2009). *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento (1st ed.)*. Medellín: Funámbulos.
- Support | Polar.com*. (2017). Obtenido de Support.polar.com: <http://support.polar.com/en>
- Suquilanda, T. & Torres, M. (2013). *Diseño Y Montaje De Enlace Inalámbrico Para Transmisión De Datos Utilizando Tecnología Bluetooth*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Tapia, P. (2012). *Entrenamiento de la velocidad*. Universidad de las Américas, Escuela de Kinesiología. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kinepaganini/entrenamiento-de-la-velocidad-11680694>
- Taylor, L & Rollo, I. (2014). Impact of Altitude and Heat on Football Performance. *Sports Science Exchange*, 27(131), 1-9.

- Tineo, D. (2017). *Modelos entrenamiento o modelo de entrenador*. . Obtenido de Es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/futbolramia/modelos-entrenamiento-o-modelo-de-entrenador-12923948>
- Toscano, F. (2014). *Análisis De Los Desplazamientos A Muy Alta Velocidad En Fútbol Profesional Mediante Tecnología GPS*. Tesis doctoral, Universidad Pablo de Olavide.
- Vargas, R. (2007). *Diccionario de teoría del entrenamiento deportivo*. UNAM, Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas.
- Villaescusa, J. (1998). Los Tests Físicos Para Valorar La Resistencia. *Efdeportes*, 3(12). Obtenido de <http://www.efdeportes.com/efd12/javierv1.htm>
- Villaquiran, A., Quijano, M., & Chalapud, I. (2014). *Condición Física Del Jugador De Fútbol Universitario En Condiciones Especiales De La Ciudad De Popayan*. Tesis De Grado, Universidad Autonoma De Manizales.
- Vizueté, J. (2017). *MAR-5 Entrenamiento de La Velocidad en Los Deportes Colectivos*. Obtenido de Scribd: [https://es.scribd.com/document/59793510/MAR-5-Entrenamiento-de-La-Velocidad-en-Los-Deportes-Colectivos#fullscreen&from\\_embed](https://es.scribd.com/document/59793510/MAR-5-Entrenamiento-de-La-Velocidad-en-Los-Deportes-Colectivos#fullscreen&from_embed)
- Weineck, J. (2015). *Entrenamiento total (1st ed.)*. Badalona: Paidotribo.
- Wilmore, J., & Costill, D. (2010). *Fisiología del esfuerzo y del deporte (1st ed.)*. Badalona: Paidotribo.