



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

MÉTODO DE DISEÑO APLICADO AL FUTBOL SALA
PARA CIEGOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

Presentan:

López García Francisco Javier

Obispo González Susana Itzel

ASESOR:

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria

México D.F. 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicado a:

Mi madre, quien ha sido mi apoyo moral y mi sostén durante toda mi vida, me enseñó que con dedicación todo es posible y me dio aliento para continuar con mis sueños en todo momento sin importar lo difícil que pueda ser alcanzarlos.

Mi padre, quien con sus consejos y paciencia, me ha dado la experiencia para afrontar cualquier problema.

Mis hermanos, quienes me apoyaron con sus conocimientos y me dieron la experiencia necesaria para ser quien soy ahora.

Mi tía, que depositó su confianza y esperanza en mí.

Mi novia, con quien comparto el gusto por la ingeniería y me ha dado apoyo y me alentó a culminar este trabajo de tesis y mi formación profesional.

López García Francisco Javier

Dedicado a:

Mi papá quien fue la principal inspiración para la realización de este trabajo, porque pese a su limitación visual y las pocas facilidades que existen en esta sociedad para personas con discapacidad, me dio las herramientas necesarias, enseñándome con el ejemplo que no existen barreras cuando nos proponemos salir adelante.

A mis papas en general por que no solo fueron mi apoyo y mi motor durante este proceso, sino también por confiar y creer en mí, pese a todas las circunstancias que se presentaron para poder llegar hasta este punto.

A mis abuelos que fueron parte fundamental en mi decisión de estudiar esta carrera.

A mi compañera de viajes por regalarme vivencias, consejos y apoyo sobre mi superación personal y profesional.

A mis hermanas y al resto de mi familia por estar conmigo en todo momento, por ser simplemente una familia muégano y lo que ello conlleva.

Y a mi novio no solo por compartir este trabajo, también por creer en mí y ayudarme en todo momento a culminar esta etapa profesional, por compartir la misma pasión por la ingeniería y las ganas de superación personal y profesional.

Obispo González Susana Itzel

Agradecemos a:

La Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por darnos la oportunidad de complementar nuestra formación profesional en sus magníficas aulas.

A los profesores que aportaron de su conocimiento para nuestra formación profesional.

Al Dr. Adrián Espinosa Bautista por ser nuestro asesor y guía durante el desarrollo de este trabajo.

A los jugadores del deportivo Francisco Javier Mina por brindarnos su apoyo, permitiéndonos realizar el análisis pertinente para llevar a cabo este trabajo.

A todas aquellas personas que forman parte de nuestra vida, a las que les agradecemos su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles.

*Obispo González Susana Itzel
López García Francisco Javier*

ÍNDICE GENERAL

II PRÓLOGO.....	(8)
------------------------	------------

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	(10)
1.2 PRINCIPALES ADAPTACIONES GENERALES DEL FÚTBOL SALA PARA CIEGOS (B1), DE IBSA.....	(12)
1.2.1 Deportistas considerados como B1.....	(12)
1.2.2 El balón.....	(12)
1.2.3 Dimensiones y terreno de juego.....	(12)
1.2.4 Número de jugadores y sustituciones.....	(13)
1.2.5 Área de penalti y área del portero.....	(13)
1.2.6 Vallas laterales y saques de banda.....	(13)
1.2.7 Equipamiento de los jugadores.....	(13)
1.2.8 Porterías.....	(14)
1.2.9 Terreno de juego.....	(14)
1.2.10 Equipo arbitral y megafonía.....	(14)
1.3 PROBLEMÁTICA.....	(15)
1.4 PROPÓSITO.....	(15)
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	(17)
1.6 HIPÓTESIS Y OBJETIVO.....	(17)
1.7 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	(18)
1.8 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	(18)

CAPÍTULO 2: LA ERGONOMÍA EN EL FUTBOL SALA PARA CIEGOS

2.1 DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL MÉTODO.....	(20)
2.1.1 Metodología.....	(20)
2.1.2 Puntuación de la carga o fuerza.....	(27)
2.1.3 Puntuación de agarre.....	(28)
2.1.4 Puntuación final.....	(29)
2.1.5 Conclusiones del metodo.....	(30)
2.1.6 Encuesta.....	(31)
2.2 CONCLUSIONES.....	(34)

CAPÍTULO 3: MÉTODO DE DISEÑO

3.1 ¿QUÉ ES EL DISEÑO?.....	(35)
3.2 ¿EXISTE UNA SOLA Y/O ÚNICA TÉCNICA DE DISEÑO EFICIENTE?....	(35)
3.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	(36)
3.3.1 Reconocimiento de la necesidad	(36)
3.3.2 Definición del problema.....	(36)

3.3.3 Etapa de descomposición y búsqueda de información o divergencia.....	(34)
3.3.4 Etapa de ordenamiento y jerarquización de información o, transformación.....	(37)
3.3.5 Etapa de composición de elementos con base en información o convergencia.....	(37)
3.3.6 Evaluación.....	(37)
3.3.7 Comunicación de diseño.....	(37)
3.4 NECESIDADES DEL PRODUCTO.....	(41)
3.4.1 Con respecto al balón.....	(41)
3.4.2 Con respecto al terreno de juego.....	(42)
3.5 REQUERIMIENTOS.....	(43)
3.5.1 Con respecto al balón.....	(43)
3.5.2 Con respecto al terreno de juego.....	(44)
3.6 ESPECIFICACIONES.....	(44)
3.6.1 Respecto al balón.....	(45)
3.6.2 Respecto al terreno de juego.....	(45)
3.7 PROPUESTAS DE DISEÑO.....	(46)
3.7.1 Selección de Materiales.....	(47)
3.7.1.a CONCLUSIONES.....	(54)
3.7.2 Sistema de sonoridad.....	(55)

CAPÍTULO 4: FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

4.1 DEFINICIÓN DE CARGA ELÉCTRICA.....	(56)
4.2 CONCEPTO DE FUERZAS ELÉCTRICAS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN.....	(56)
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA ELÉCTRICA.....	(57)
4.3.1 Diferencia de potencial.....	(57)
4.3.2 Corriente Eléctrica.....	(57)
4.3.3 Resistencia.....	(58)
4.4 LEY DE OHM.....	(59)
4.4.1 Circuito eléctrico.....	(60)
4.4.1. a Circuitos en serie.....	(60)
4.4.1. b Circuitos en paralelo.....	(60)
4.5 ELECTRÓNICA BÁSICA.....	(61)
4.5.1 SEÑALES ANALÓGICAS.....	(62)
4.5.1.a Desventajas de las señales analógicas.....	(62)
4.5.2 SEÑALES DIGITALES.....	(62)
4.5.2.a Desventajas de las señales digitales.....	(63)
4.5.3 MULTIVIBRADORES.....	(63)
4.5.3. a Multivibrador estable.....	(63)
4.5.3.b Multivibrador estable con un 555.....	(64)

4.5.3.c Multivibrador biestable.....	(65)
4.5.3.d Multivibrador monoestable.....	(66)
4.5.3.e Multivibrador monoestable con un 555.....	(67)

CAPÍTULO 5: DISEÑO PRELIMINAR

5.1 COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS.....	(69)
5.1.1 Composición con base en información.....	(69)
5.1.1.a Leyes aplicables al proyecto.....	(70)
5.1.1.b Requisitos de diseño o especificaciones.....	(70)
5.1.1.c Determinar si el material ya fue probado.....	(70)
5.1.1.d Determinar si los ensayos se llevaron a cabo en un laboratorio bajo las condiciones de operación del equipo.....	(70)
5.1.1.e Utilizar el factor estándar.....	(70)
5.1.2 Composición con base en elementos.....	(71)
5.1.2.a Cualidades del sonido.....	(71)
5.1.3 Composición con base en elementos.....	(74)
5.1.3.a La electrónica en el circuito.....	(74)

CAPÍTULO 6: EL PRODUCTO FINAL

6.1 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL.....	(80)
6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	(81)
III ANEXOS.....	(84)
IV GLOSARIO.....	(97)
V BIBLIOGRAFÍA.....	(98)

I- RESÚMEN

Esta tesis tiene como principal objetivo mejorar las condiciones en que las personas débiles visuales practican el fútbol, partiendo de la teoría de que la mala difusión del sonido por parte del balón y las condiciones del terreno de juego, obligan a los jugadores a adoptar posturas que podrían a largo plazo generar lesiones corporales. Teniendo muy claro esto, se pretende aplicar la metodología de diseño, la cual permitirá estudiar a un grupo de personas de un lugar específico, que practica este deporte en particular, para poder conocer sus fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de mejora y con base en esto y con la ayuda de un análisis ergonómico facilitar que más personas tengan acceso a este deporte de una forma más segura y confiable.

Se identificó que el balón al ser el elemento principal de juego, es el principal detonante para las malas posturas, esto debido a que el material con el cual se encuentra elaborado, no cuenta con las propiedades necesarias y suficientes para la práctica correcta de este deporte, por lo cual, con base en la ingeniería y haciendo uso de los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, se propusieron ciertas mejoras para ser implementadas, sobre todo en el balón, que mejoran las condiciones actuales de la práctica de dicho deporte. Dichas mejoras consisten en un dispositivo electrónico, capaz de producir el sonido suficiente para ser localizado por los jugadores i.e. sin llegar a ser molesto, dispuesto en el interior del balón de forma tal que no modifique las condiciones externas propias del mismo, es decir, la trayectoria de desplazamiento, tiempo de giro, ángulo, forma, etc., y que cumpla con los requerimientos y especificaciones necesarias. Dichas propuestas van también encaminadas a mejorar las condiciones del terreno de juego, pero al ser las mismas de difícil implementación y con un costo elevado i.e. fuera de nuestro alcance, solo quedarán plasmadas en este trabajo de tesis como una propuesta de mejora, proporcionando todos los datos técnicos necesarios para su futura implementación, de ser necesario o en caso de ser retomado este trabajo de tesis para su posterior seguimiento por quien así lo desee.

II- PRÓLOGO

Desde el inicio de los tiempos las personas con discapacidad han sido socialmente marginadas y discriminadas en cuanto a las actividades en las que son capaces de desarrollarse y las personas físicamente sanas se han sentido con el poder para decirles a personas discapacitadas las cosas que pueden y no pueden hacer, quienes han tenido la oportunidad de convivir con personas discapacitadas visualmente pueden darse cuenta de los que son realmente sus límites y capacidades, los cuales no tienen nada que ver con los que la sociedad se ha encargado de atribuirles, muestra de ello es el fútbol sala para ciegos, una adaptación del fútbol sala común con los aditamentos adecuados y los cambios necesarios para que pueda ser practicado por personas con diferentes capacidades visuales, en donde se hace muestra de las habilidades que son capaces de desarrollar este tipo de personas.

Es bien sabido que en México las personas con discapacidades no son prioridad para el gobierno y las personas con debilidades visuales no son la excepción, ya que, los recursos destinados por el gobierno para el desarrollo de las capacidades de este tipo de personas o simplemente para la recreación de las mismas, son bastante escasos o prácticamente nulos, lo cual ha provocado que las condiciones en las que se desarrollan este tipo de personas y, por lo tanto, las condiciones en las que se practica este deporte sean bastante riesgosas y poco adecuadas.

Esta situación ha motivado como futuros ingenieros a desarrollar este trabajo de tesis, para poder aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación profesional en un grupo muy específico de la población, y así, poder contribuir con un bien social, por medio de un análisis y la mejora de los elementos que intervienen en la práctica de este deporte.

En este trabajo se presentan los factores que fueron analizados en el futbol sala para ciegos, haciendo particular énfasis en el balón, el cual constituye el elemento más importante de este deporte, así mismo, se hace una aplicación del método de diseño para la generación de algunas propuestas que mejoren dichos elementos, haciendo de este deporte algo más seguro para poder ser practicado por este grupo específico de personas.

En la actualidad las personas suelen creer erróneamente que la ingeniería es una ciencia orientada al desarrollo de la tecnología, que se encuentra peleada con las ciencias sociales, por lo cual, se tiene como determinación y como un objetivo implícito de esta tesis, mostrar que la ingeniería puede ser un medio para trabajar en conjunto y lograr la mejora en la calidad de la vida en sociedad.

CAPÍTULO 1: **INTRODUCCIÓN**

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

No se sabe cuándo fue precisamente que nació el futbol sala para ciegos, sin embargo, sí se sabe que nació como un simple pasatiempo a nivel escolar, y que en los últimos años se ha transformado en todo un fenómeno cultural de las masas, a pesar de lo difícil que puedan ser las causas de semejante progreso, ya que parece que este deporte posee la capacidad para generar grandes emociones, tanto en la gente que lo practica, como en el público que lo observa. A esto no fue indiferente el deportista ciego que convirtió al futbol en una de sus opciones deportivas con mayor arraigo.

El futbol de sala común comenzó a practicarse en las escuelas, por lo tanto, era practicado comúnmente en los patios. Fue cerca de los años 20 o tal vez desde antes, que comenzó a practicarse en Europa, pero desde aquellos tiempos resultó ser también un deporte atractivo para las personas invidentes, así que comenzaron a hacerse los aditamentos necesarios, para los cuales al principio, solo bastaba con que el balón hiciera cualquier tipo de ruido para que pudiera ser localizado y así pudieran también realizar actividades recreativas.

Así fue como el futbol sala para ciegos fue desarrollándose, a pesar de los reducidos espacios condicionados para su práctica y la falta de los aditamentos necesarios, ya que se requiere de una buena acústica para que los jugadores puedan estar más concentrados en la ubicación del balón, y de esa forma el juego pueda tener fluidez, así fue como surgieron los demás elementos necesarios para la práctica de este deporte y los ajustes al terreno de juego, e.g. dimensiones reducidas, vallas laterales, etc. que ofrecen mayor dinamismo al juego, además de permitir que el juego se desarrolle ininterrumpidamente sin tantos saques de banda.

La práctica del futbol sala para ciegos se vio canalizada de manera oficial y regulada a partir de 1986, año en que se disputó en Torrejon de Ardoz (Madrid), el campeonato de España de Futbol Sala, categoría B1, con quince equipos de esta categoría, para estos campeonatos se clasifican los 6 mejores equipos en la

categoría B1 (ciegos totales) y los 8 mejores equipos de la categoría B2 (deficientes visuales).

El futbol sala para ciegos posee un reglamento pulido y elaborado como lo es el de la Federación Española de Deportes para Ciegos (FEDC), o el IBSA (International Blind Sports Association), que a pesar de lo que muchas personas puedan creer, el futbol sala para ciegos no se trata de un deporte peligroso, ya que existen choques, pero no más que en un partido disputado en una competición oficial de la FIFA (Federation International Football Association), pero se debe tomar en cuenta que se trata de un deporte de contacto, en el que la superficie es muy chica.

Hasta la fecha ciudades como Barcelona (España), Oporto (Portugal) o París (Francia) en Europa, o Asunción (Paraguay), Buenos Aires (Argentina) o Sao Paulo (Brasil), en Sudamérica han sido testigos de campeonatos europeos o americanos, sumados a los dos campeonatos mundiales disputados en Brasil y España, este fue un importante factor para que este juego fuera considerado por el Comité Paralímpico Internacional como argumento válido para ser inscrito en sus calendarios paralímpicos.

La práctica del futbol sala para ciegos, trata de la habilidad para manejar un elemento externo e.g. el balón, que requiere técnica individual para la localización del sonido e.g. el balón y de los obstáculos e.g. jugadores rivales, para lograr insertar el balón dentro de la portería rival.

Hoy en día resulta sorprendente que alguien se cuestione las virtudes de la práctica deportiva. Se podría decir que es indiscutible el beneficio que el deporte en general ofrece a todo ser humano. El deportista ciego observa multiplicado todo ese caudal de agilidad, orientación, autoestima, etc., que el deporte le entrega.

En concreto, el futbol sala para ciegos constituye un medio vital para la rehabilitación e integración de este tipo de personas, ya que ofrece al deportista una gran libertad en todo el terreno de juego, ayudado en gran medida por los sistemas de guía, que lo ponen al tanto de la situación en la cual se encuentra, para que sea capaz de tomar la decisión de como desenvolverse dentro del terreno de juego y de esta forma desarrollar su capacidad de dominio espacial.

PRINCIPALES ADAPTACIONES GENERALES DEL FUTBOL SALA PARA CIEGOS (B1), DE IBSA

Por lógicas e inevitables razones, se han realizado adaptaciones al reglamento de la Federation International Football Association (FIFA), que es en el que se basa el reglamento de IBSA (International Blind sports association).

1. DEPORTISTAS CONSIDERADOS B1

Se trata de aquellos deportistas que poseen un parámetro oftalmológico, acorde a las clasificaciones de IBSA, que considera deportista B1 a quien “desde la inexistencia de percepción lumínica en ambos ojos, hasta la percepción lumínica, pero con la incapacidad para reconocer la forma de una mano a cualquier distancia o en cualquier dirección.”

2. EL BALÓN

Por obvias razones al ser el elemento principal de este deporte, el balón es la principal adaptación que tiene el fútbol sala para ciegos. Naturalmente es el gran objetivo dentro del juego, pero en este caso adquiere una doble importancia debido a que su sonoridad es decisiva y determinante, convirtiéndose en primordial para la orientación del jugador.

3. DIMENSIONES Y TERRENO DE JUEGO

El fútbol sala para ciegos de IBSA se disputa al aire libre por la importancia que tiene la percepción acústica en los deportes para ciegos, y con la intención de evitar la inadecuada resonancia de los estadios cerrados, que resulta incómoda para los jugadores.

Las dimensiones del campo de juego son de cuarenta (40) metros de largo por veinte (20) metros de ancho.

Su superficie es de cemento o de césped artificial. Este tipo de material ha sido seleccionado por estar relacionado directamente con la necesidad imperiosa que el balón tiene de emitir sonido.

Por este importantísimo motivo fue descartado el césped natural, debido a que no ofrecía garantías de sonoridad al contacto con el balón, limitando la orientación de los jugadores.

4. *NÚMERO DE JUGADORES Y SUSTITUCIONES*

Cada equipo está formado por un (1) portero y cuatro (4) jugadores de campo. Las sustituciones son ilimitadas, pudiendo reingresar los jugadores que son sustituidos.

5. *ÁREA DE PENALTI Y ÁREA DEL PORTERO*

El área de penalti es semicircular de seis (6) metros, y dentro de ésta se encuentra el área de portero. Ésta, a su vez, es rectangular y mide cinco (5) metros de largo, por dos (2) metros de ancho, con la intención de limitar la maniobrabilidad del portero, que en su condición de deficiente visual, tendría grandes ventajas sobre el jugador ciego si tuviera a su disposición la movilidad en el área de penalti.

6. *VALLAS LATERALES Y SAQUES DE BANDA*

Los dos laterales del campo de juego quedan configurados por unas vallas que poseen una oscilación de altura entre 100 ó 120 centímetros. Son de material sintético o de madera, y se convierten en una importante aportación a la orientación de los jugadores, además de facilitar un juego rítmico y sin tantos saques de bandas.

En los casos en que el balón supera la altura de estas vallas, se realiza un saque de banda con los pies, en la zona en donde el balón superó a la valla.

7. *EQUIPAMIENTO DE LOS JUGADORES*

El equipamiento general de los jugadores es la habitual del fútbol y es exactamente igual a la contemplada en el reglamento de fútbol sala (fútbol sala) de FIFA, aunque el jugador ciego tiene la opción de usar rodilleras, y una cinta que protege el frontal, parietales y occipital. Esta es una cinta tubular, con esponja por dentro y forrada de tela de toalla para una mejor absorción de la transpiración.

El antifaz es de uso obligatorio. Se trata de un antifaz de tela de toalla de color blanco. Esta medida tiene como intención la de igualar la falta de percepción lumínica que distintas patologías visuales poseen, a pesar de ser considerados deportistas ciegos.

Además, al ser tan amplias y complejas las distintas patologías, y con la intención de asegurar la justicia deportiva, cada jugador que posea globo ocular deberá colocarse unos parches de cinta adhesiva por debajo del antifaz para garantizar la igualdad. No se colocarán parches oculares en aquellos ojos que sean portadores de prótesis.

8. PORTERÍAS

Son las mismas porterías que contempla el reglamento de fútbol de FIFA, es decir, miden 2 metros de altura por 3 metros de ancho.

9. TIEMPO DE JUEGO

El tiempo de juego de un partido es de cincuenta (50) minutos divididos en dos tiempos de 25 minutos cada uno, con un descanso de 10 minutos entre un tiempo de juego y otro. El reloj se detiene en el caso de todas las sustituciones de jugadores, así también como en los tiempos muertos que soliciten los entrenadores de los equipos y en cada momento que los árbitros lo estimen oportuno.

10. EQUIPO ARBITRAL Y MEGAFONÍA

Dos árbitros dirigen los partidos, asistidos por un anotador-cronometrador. Cada árbitro dirige por un lateral del campo de juego, evitando de esta manera realizar carreras en diagonal dentro del campo de juego que pueden interferir en el desarrollo del partido. De estos dos árbitros, uno es el denominado árbitro principal y el otro árbitro asistente, de manera que en caso de disparidad de criterio, prevalecerá el del árbitro principal.

El anotador-cronometrador se ubica en el centro del campo de juego por detrás de la valla lateral, es el encargado de controlar el tiempo de juego, los tiempos muertos, y de toda la elaboración administrativa del partido, complementando las actas arbitrales y haciendo constar en estas todas las incidencias que los árbitros le transmitan.

Junto al anotador-cronometrador, se ubicará la persona encargada de la megafonía del partido, que tendrá la función de verbalizar todas las incidencias por las que el juego se interrumpe, de manera que los jugadores estarán siempre informados de las decisiones arbitrales, a manera de agilizar las acciones y posiciones de los jugadores en el campo de juego, cada vez que

el juego sea interrumpido por una decisión arbitral. Además, la megafonía será la encargada de solicitar silencio al público asistente, cuando así lo estimen conveniente los árbitros, por entender que el murmullo del público pueda afectar la orientación de los jugadores.

1.3 PROBLEMÁTICA

En México existen 5,739,270 personas que tienen algún tipo de limitación en la actividad, de las cuales, 1,561,081 poseen algún tipo de limitación visual. Las personas con discapacidad visual son un grupo muy marginado y el futbol sala para ciegos no ha sido la excepción, ya que los recursos destinados por el gobierno e instituciones no gubernamentales para el desarrollo de este tipo de personas son bastante escasos, lo cual da como resultado que el equipo utilizado para la práctica de este deporte no sea el más adecuado y los materiales utilizados sobre el terreno de juego, así como, sobre el balón no sean los más idóneos, por lo cual generan deficiencias en el seguimiento del juego y la aplicación correcta del reglamento, contribuyendo en gran medida a la generación de lesiones entre los jugadores.

1.4 PROPÓSITO

El principal propósito para el cual se ha desarrollado este trabajo de tesis es el de dar ayuda y brindar un apoyo al mismo tiempo en que se trata de generar conciencia dentro de la sociedad acerca de los retos a los que se tiene que enfrentar la gente con discapacidades en nuestra comunidad

El deportivo Francisco Javier Mina es un deportivo para personas de bajos recursos ubicado en el centro de la ciudad de México, en donde se practica el futbol sala para ciegos, y como tal, es el principal objetivo de esta tesis, después de detectar las irregularidades y las condiciones precarias en las cuales se practica dicho deporte. Al convivir con este tipo de personas puede darse cuenta de sus necesidades y la falta de atención por falta de la autoridades hacia este grupo social, es de ahí que nace el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional y dirigirlos hacia este grupo en específico al que tanta falta le hace, para tratar de mejorar las condiciones en las que estas personas se desarrollan y recrean sus actividades de una forma casi natural.

Es esta situación la que motivo a contribuir al bien social con esta tesis, por medio de la mejora de los elementos necesarios para la práctica de este deporte, generando las propuestas que serán aplicadas a dichos elementos, haciendo de esta actividad un deporte más ameno y seguro para estas personas de escasos recursos.

Así mismo, se busca generar un cambio de ideología en la gente acerca de la ingeniería, por lo cual, esta tesis tiene como propósito implícito demostrar que la ingeniería puede ser ampliamente utilizada para el desarrollo y la mejora de la vida en sociedad.

Por tal motivo esta tesis tiene como propósito buscar hacer interacción con el usuario, encontrar ventajas y desventajas, buscar cuando menos una solución a los posibles inconvenientes que se puedan encontrar, desarrollar un producto que ayude a disminuir estos inconvenientes y analizar las mejoras.

Es por eso que por medio de un análisis ergonómico en el capítulo 2, con el fin de poder hacer una mejora en base a las necesidades y requerimientos del jugador, así como una encuesta, ayudará a identificar estas oportunidades.

En el capítulo 3, ya con los inconvenientes definidos, y con el fin de seguir una metodología de diseño, se dará un enfoque de los pasos que se seguirán para desarrollar un producto que ayudará a dar solución a estos inconvenientes.

El capítulo 4 tiene como propósito desarrollar la metodología describiendo las posibles soluciones pensadas y definir la solución definitiva

En el capítulo 5 como su nombre lo dice, es el desarrollo del producto donde se aplicarán los conocimientos ingenieriles de tal manera que se analice a fondo la propuesta definitiva.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En México las personas con discapacidades son excluidas socialmente y por lo tanto, económicamente de las demás, y las personas con debilidades visuales no son la excepción, esto ha generado la falta de centros de recreación en el país para este tipo de personas, lo cual contribuye a su escasa recreación. El deportivo Francisco Javier Mina, da muestra de las condiciones a las que tienen que adaptarse este tipo de personas, es por eso que se da énfasis en la aplicación de la ingeniería para mejorar las condiciones de este deporte y contribuir al desarrollo y recreación de este tipo de personas, por medio del ahorro monetario, con la contribución de materiales más duraderos y elementos desarrollados específicamente para la práctica de este deporte en las mejores condiciones posibles.

1.6 HIPÓTESIS Y OBJETIVO

El futbol sala para ciegos, trata de la habilidad para manejar un elemento externo i.e. el balón, que requiere de la técnica individual de cada jugador para la localización del mismo y de los obstáculos e.g. jugadores rivales, para lograr insertar el balón dentro de la portería rival.

A partir de la simple observación, es que se genera la hipótesis de que la pésima difusión del sonido por parte del elemento principal del juego e.g. el balón y la generación excesiva de ruido por parte de los espectadores, así como, la mala acústica de los lugares en los que se practica este deporte en México, produce en los jugadores una desorientación y la desubicación momentánea del balón, lo cual, los orilla a tomar posiciones corporales inadecuadas i.e. que podrían con el tiempo generar otro tipo de lesiones, intentando localizar por medio del oído, la posición aproximada del balón.

Por lo cual, el objetivo de esta tesis será: desarrollar un análisis profundo y aplicar el método de diseño, sobre los elementos que interfieren en la práctica del futbol sala para ciegos e.g. terreno de juego y más específicamente sobre el balón, a fin de mejorar las condiciones en las que se practica y reemplazar aquellos materiales que no son los adecuados e intentar así, reducir el número y la gravedad de las lesiones en los jugadores.

1.7 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En México la comunidad de personas discapacitadas es bastante grande, sin embargo, los recursos destinados para el desarrollo y la recreación de las mismas no cumplen con las expectativas, no son bien direccionados y no obstante, son bastante escasos, por tal motivo, la importancia de este trabajo de tesis radica en la idea de generar un apoyo para los usuarios del deportivo Francisco Javier Mina por medio de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional sobre los elementos que intervienen en dichas actividades para la mejora de dichos elementos necesarios para la práctica de este deporte i.e.futbol sala para ciegos.

Generando de esta forma un apoyo que se verá reflejado directamente en los recursos monetarios de los usuarios del deportivo Francisco Javier Mina, sobre todo en los recursos que estaban destinados para la práctica de estas actividades, fomentando así, la práctica del deporte en las comunidades de personas con capacidades diferentes y brindando los elementos necesarios que se creé, proporcionarán a este deporte una forma más práctica, confiable y segura de practicarlo.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los elementos necesarios para la práctica del futbol sala para ciegos puede resumirse en tres grandes rubros: balón, terreno de juego y aditamentos de los jugadores. Los aditamentos de los jugadores, al ser propios de cada jugador y con una amplia gama de posibilidades, quedan fuera de este trabajo de tesis, ya que los elementos para su mejora son muy escasos o en caso contrario demasiado elaborados, complejos y costosos para su aplicación, así mismo, las oportunidades de mejora para los elementos que interactúan en el terreno de juego son relativamente de fácil implementación, sin embargo, el costo para implementarlos es relativamente alto, quedando fuera de nuestras posibilidades, por lo cual, en esta tesis solo quedarán plasmadas las ideas desarrolladas técnicamente que harán del terreno de juego una mejor herramienta para la práctica de este deporte, quedando de lado su implementación, por lo cual, las principales mejoras y observaciones estarán centradas en el balón, al ser este elemento el de más fácil mejora e implementación y de vital importancia para el desarrollo del partido.

CAPÍTULO 2: **LA ERGONOMÍA EN EL FUTBOL SALA PARA CIEGOS**

El presente capítulo, tiene por objeto analizar el futbol sala para ciegos en México. Así como también se analizarán las posturas realizadas al practicar este deporte y detectar el nivel de riesgo derivado por las malas posturas.

Para este análisis, se recurrirá a la ergonomía como herramienta que tiene por objeto adaptar el trabajo o actividades a las capacidades y posibilidades del ser humano. Esta disciplina analiza 5 entornos del ser humano que son: las fisiológicas, físicas, psicológicas, socioculturales y ambientales. Y aunque en esta tesis se hablará más de las físicas, específicamente en las músculo esqueléticas, se hará un breve análisis de todos los entornos que estudia la ergonomía.

Dicho estudio, realizado en el deportivo Francisco Javier Mina, tiene como primer instancia, la observación con previa autorización durante 5 partidos, del comportamiento de los jugadores. Con el fin de no modificar su comportamiento mientras jugaban, no se avisó de cuales partidos serían grabados y así poder obtener datos más fidedignos.

De este análisis se observó que existen desventajas en cuanto a condición física, masa muscular, edad, y el tiempo que llevan siendo débiles visuales i.e. adaptación de espacio. Así como también que el arma principal del futbol para ciegos es el oído, ya que éste les permitirá conocer la ubicación del balón, de los jugadores y de ellos mismos alrededor de la cancha. Por esto mismo los jugadores suelen adoptar posiciones poco usuales en el futbol sala para videntes, pues estas posturas son realizadas al tratar de tener una mayor ubicación del balón.

Para dichas posturas se hará un análisis músculo-esquelético básico o situacional que consiste en la verificación de posturas basada en las recomendaciones de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) y de la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social)¹. Dicho análisis servirá para detectar los riesgos ergonómicos relacionados con las posiciones de juego, ya que de igual forma que en un puesto de trabajo, se realizan posturas y movimientos repetitivos que podrían ocasionar posturas de riesgo; y en caso de detectar alguna se procederá a analizar con un

¹ se revisan las estaciones de trabajo con el fin de realizar un análisis detallado desde el punto de vista de ergonomía y seguridad industrial.

método más avanzado que ayudará a corregir la mala postura y así, evitar una lesión.

Para la evaluación ergonómica existen métodos específicos e inespecíficos, los específicos consisten en analizar las posturas adoptadas durante una actividad; es decir, relacionan posturas con el diseño de la actividad que se esté ejecutando. Al ser tan específicos, sólo es utilizable para posturas muy comunes.

Los inespecíficos analizan posturas que adoptan las personas durante su actividad. Estos métodos permiten los análisis posturales en mayor o menor profundidad, conocidos como método RULA, REBA, OWAS y LUBA.

Para este caso se utilizará el método REBA, el cual permitirá analizar el deporte de una mejor manera, debido a que se realiza sin cargas, es decir, sin objetos que el jugador tenga que transportar o que requiera algún esfuerzo con las manos.

2.1. DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL MÉTODO

2.1.1. METODOLOGÍA

Para poder realizar de mejor manera posible el análisis, se aconseja seguir la siguiente serie de pasos que a continuación se presentan.

- Determinar el periodo de tiempo de observación del puesto.
- Se hace el análisis en tareas de duración excesiva, descomponerla en sus operaciones elementales o sub-tareas.
- Se registran las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea e.g. video, fotos, anotaciones en tiempo real.
- Se identifica de entre todas las posturas las más “peligrosas” para su posterior evaluación con el método REBA².
- Determinar para cada postura el lado del cuerpo que “a priori” conlleva una mayor carga postural.

Al desarrollar un análisis postural con este método se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se determinó que los periodos de observación serían de 1 min de manera que se pudiera hacer un mejor conteo de las flexiones realizadas y es el tiempo recomendado por el método.

² METODO REBA: Explicado a detalle en anexos

- Se observó que los porteros son quienes realizan la mayor cantidad de flexiones, ya que las realizan aún cuando la pelota se encuentre del otro lado de la cancha (figura 2.1)



Fig. 2.1. Ejemplo de jugadores con mala postura

De los jugadores seleccionados, se analizaron sus movimientos con el método REBA, ya que suelen realizar hasta 5 flexiones aproximadamente de la zona lumbar y cervical en un periodo de 1 minuto, con una duración de hasta 7 segundos cada flexión.

Por cuestiones prácticas sólo se mostrará el análisis de un solo jugador, esto no quiere decir que los demás jugadores no requieran de un intervención.

El jugador que a continuación se analizará se eligió debido a que es el jugador que más tiempo permanece en una misma postura.

Por razones de privacidad, se mantendrá el nombre del jugador en anonimato, tiene la edad de 52 años, comerciante de profesión, lleva 40 años practicando este deporte y nunca ha recibido ningún entrenamiento previo.

De acuerdo con el método se divide el análisis en grupos, donde el grupo A analiza cuello, tronco y piernas.



Figura 2.2 Imagen de jugador en análisis.

Para el análisis del capítulo 2 se observa al jugador de la imagen 2.2 que tiene más de 60° de flexión en el tronco, por lo tanto, de acuerdo a la TABLA 2.1 se le asigna una puntuación de 4 puntos

TABLA 2.1: Grupo A posición del tronco MÉTODO REBA

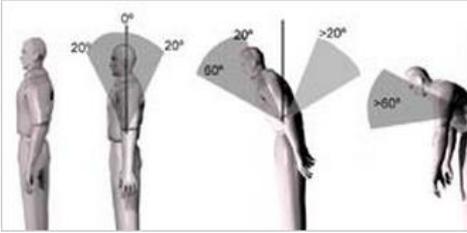
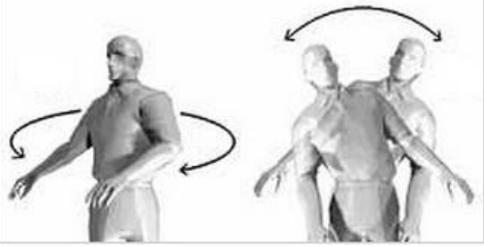
Posición del tronco	Puntos	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está erguido. 	1	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión. 	2	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. 	3	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El tronco está flexionado más de 60 grados. 	4	

TABLA 2.2: Torsión en tronco Grupo A MÉTODO REBA

Además indique si:		
<ul style="list-style-type: none"> Existe torsión o inclinación lateral del tronco 	+1	

³ Imágenes del método REBA publicadas por la Universidad Politécnica de Valencia

TABLA 2.3: Posición del cuello GRUPO “A” MÉTODO REBA

Indicar la posición del cuello del jugador		
<ul style="list-style-type: none"> El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión. 	1	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El cuello está flexionado o extendido más de 20 grados. 	2	

TABLA 2.4: Torsión lateral del cuello GRUPO “A” MÉTODO REBA

Además indique si:		
<ul style="list-style-type: none"> Existe torsión o inclinación lateral del cuello 	+1	

TABLA 2.5: Posición de las piernas GRUPO “A” MÉTODO REBA

Indique la posición de las piernas del jugador		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Posición bilateral, andando o sentado. 	1	
<ul style="list-style-type: none"> • Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable 	2	

TABLA 2.6: Flexión rodillas GRUPO “A” MÉTODO REBA

Además indique si		
<ul style="list-style-type: none"> • Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60° 	1	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe flexión de una o ambas rodillas de más de 60°(salvo postura sedente) 	2	

Habiendo analizado todas las partes del gupo A se juntan todos los datos en la Tabla (2.7) para obtener un resultado del grupo A.

Se obtuvo:

4 puntos del tronco

2 puntos del cuello

4 puntos de las piernas

Analizando los resultados se obtiene una puntuación del Grupo A de 8 puntos.

TABLA 2.7: Resultados Grupo "A"

Tabla A												
T R O N C O	CUELLO											
	1				2				3			
	PIERNAS				PIERNAS				PIERNAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Grupo B: Extremidades superiores

TABLA 2.8: Posición del brazo GRUPO "B"

Indique el ángulo de flexión del brazo para el jugador		
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión 	1	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. 	2	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El brazo entre 46 y 90 grados de flexión. 	3	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está flexionado más de 90 grados. 	4	

TABLA 2.9: Posición de brazos

Indique además si		
POSICIÓN	PUNTOS	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está abducido o rotado 	+1	
<ul style="list-style-type: none"> El hombro está elevado 	+1	
<ul style="list-style-type: none"> Existe apoyo o postura a favor de la gravedad 	-1	

TABLA 2.10: Posición de antebrazo GRUPO “B”

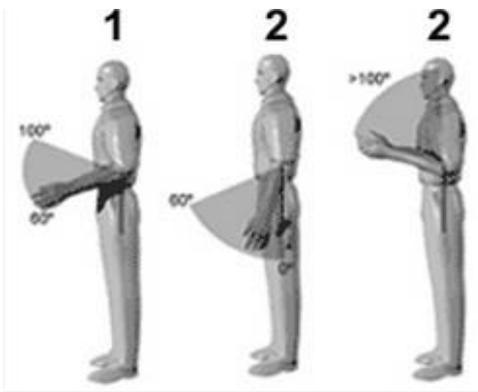
ANTEBRAZO		
POSICIÓN	PUNTOS	
✓ El antebrazo está entre 60° y 100° de flexión	1	
• El antebrazo está flexionado por debajo de 60° o por encima de 100°	2	

TABLA 2.11: Posición de antebrazo GRUPO “B”

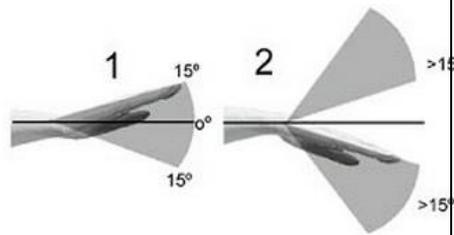
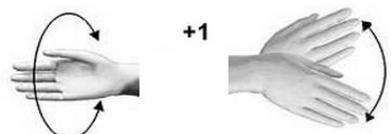
MUÑECA		
POSICIÓN	PUNTOS	
✓ La muñeca está entre 0 y 15° de flexión o extensión	1	
• La muñeca está flexionada o extendida más de 15°	2	

TABLA 2.12: Posición de muñeca, flexión y extensión

MUÑECA		
POSICIÓN	PUNTOS	
✓ Existe torsión o desviación lateral de la muñeca.	1	

Analizado el grupo se obtienen los siguientes resultados:
3 puntos del brazo
1 punto de antebrazo
2 puntos de muñeca

TABLA 2.13: Resultados GRUPO "B"

Tabla B ANTEBRAZO						
B R A Z O	1			2		
	MUÑECA			MUÑECA		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

2.1.2. PUNTUACIÓN DE LA CARGA O FUERZA

La carga o fuerza manejada modificará la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas), excepto si la carga no supera los 5 kg de peso

TABLA 2.14: Puntos adicionales por carga o fuerza

Puntos	Posición
+0	La carga o fuerza es menor de 5 kg
+1	La carga o fuerza está entre 5 y 10 kg
+2	La carga o fuerza es mayor de 10 kg

TABLA 2.15: Puntos adicionales por fuerza brusca

Puntos	Posición
+1	La fuerza se aplica bruscamente

Para este caso vemos que no es necesario agregar ningún punto debido a que el balón no tiene un peso mayor a 5 kg.

2.1.3. PUNTUACIÓN DE AGARRE

El tipo de agarre aumentará la puntuación del grupo B (brazo, antebrazo y muñeca)

TABLA 2.16: Agarre GRUPO "B"

Puntos	Posición
+0	Agarre bueno. El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
+1	Agarre regular El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
+2	Agarre malo El agarre es posible pero no aceptable
+3	Agarre inaceptable El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Para este caso le agregaremos un punto ya que el agarre del balón es aceptable pero el portero suele utilizar otras partes del cuerpo para agarrar el balón.

TABLA 2.17: Resultado final “C” grupo A + grupo B

Tabla C												
PUNTUACIÓN A	PUNTUACIÓN B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

2.1.4. PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación final del método es el resultado de sumar a la puntuación C el incremento debido al tipo de actividad muscular.

TABLA 2.18: puntuación extra por movimientos repetitivos

Puntos	Actividad
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto(excluyendo caminar)
+1	Se producen cambios de posturas importantes o se adoptan posturas inestables

Se agrega +1 ya que se producen movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto)

Se agrega +1 ya que se producen cambios de posturas importantes o se adoptan posturas inestables

TABLA 2.19: puntuación final

Puntuación final	Nivel de acción	Nivel de riesgo	Intervención
1	0	Inapreciable	No es necesaria
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	2	Medio	Puede ser necesaria
8-10	3	Alto	Es necesaria cuanto antes
11-15	4	Muy alto	Es necesaria de inmediato

CONCLUSIONES

Aplicando el método sobre una de las posturas realizadas durante los partidos, se arrojó un resultado de 11 que de acuerdo con los parámetros establecidos por el método, se requiere pronta intervención sobre esta actividad, es decir, de no intervenir para realizar un cambio significativo en las posturas de estos jugadores, podría tener como consecuencia, lesiones irreversibles.

Para poder identificar en que factores se debe realizar la intervención, como segunda instancia, se realizó una encuesta⁴a 20 jugadores cuya finalidad es conocer las principales causas de desorientación durante un partido.

Obteniendo como resultado los siguientes obstáculos:

⁴ Encuesta dentro de anexos.

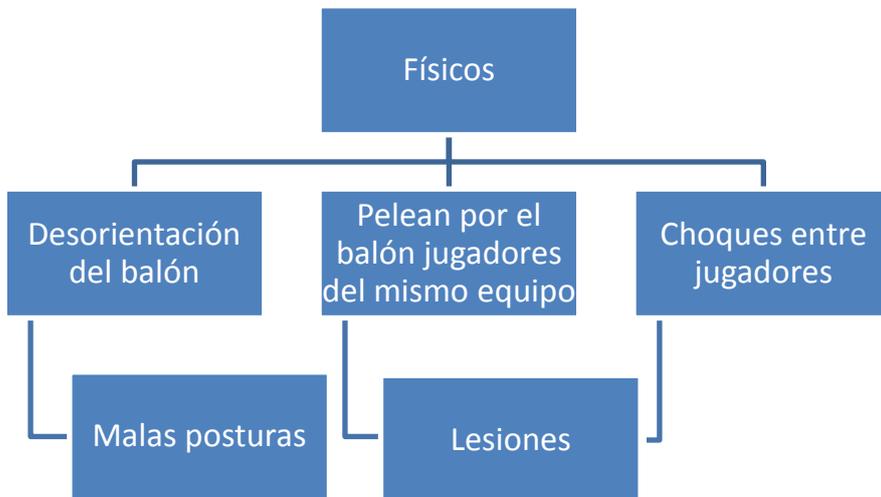


DIAGRAMA 2.1 Resultados físicos

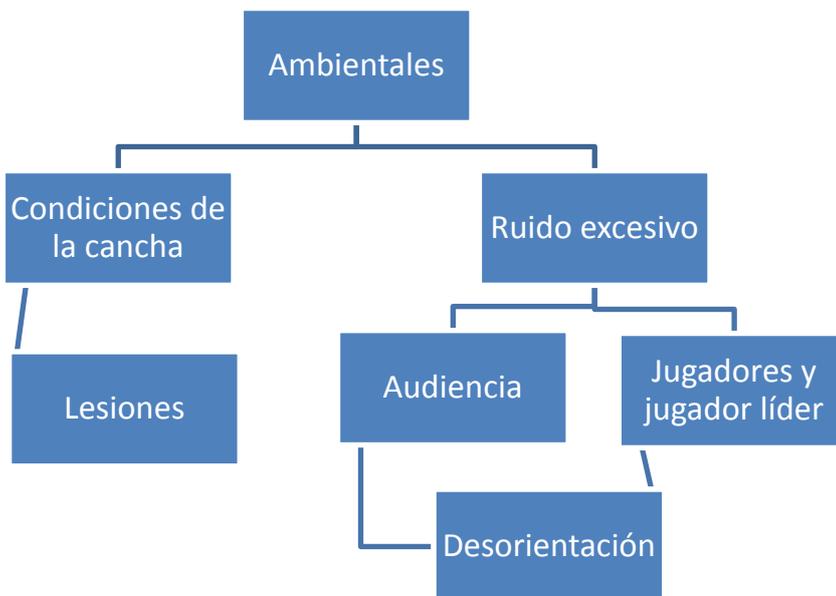


DIAGRAMA 2.2 Resultados ambientales

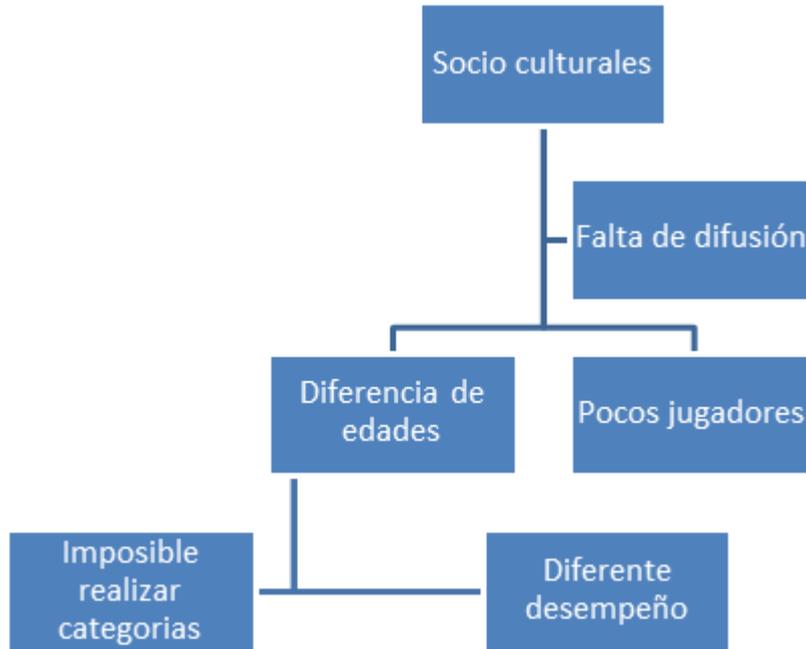


DIAGRAMA 2.3 Resultados socio culturales

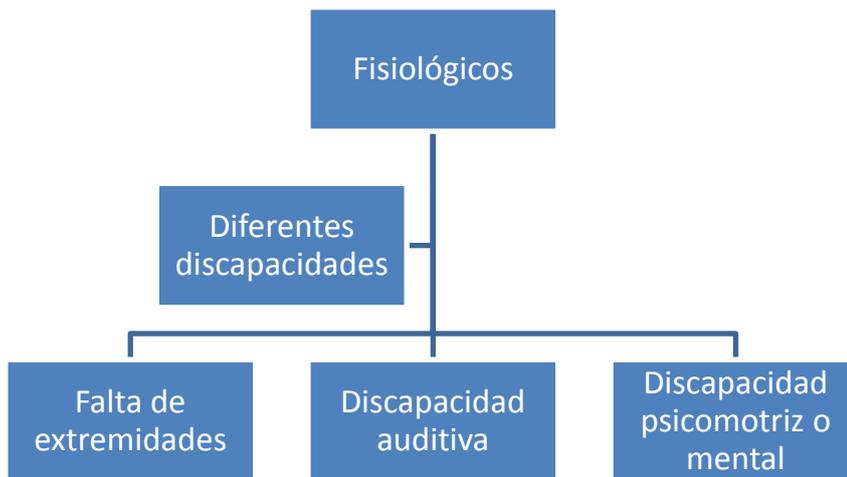


Diagrama 2.4 Resultados fisiológicos

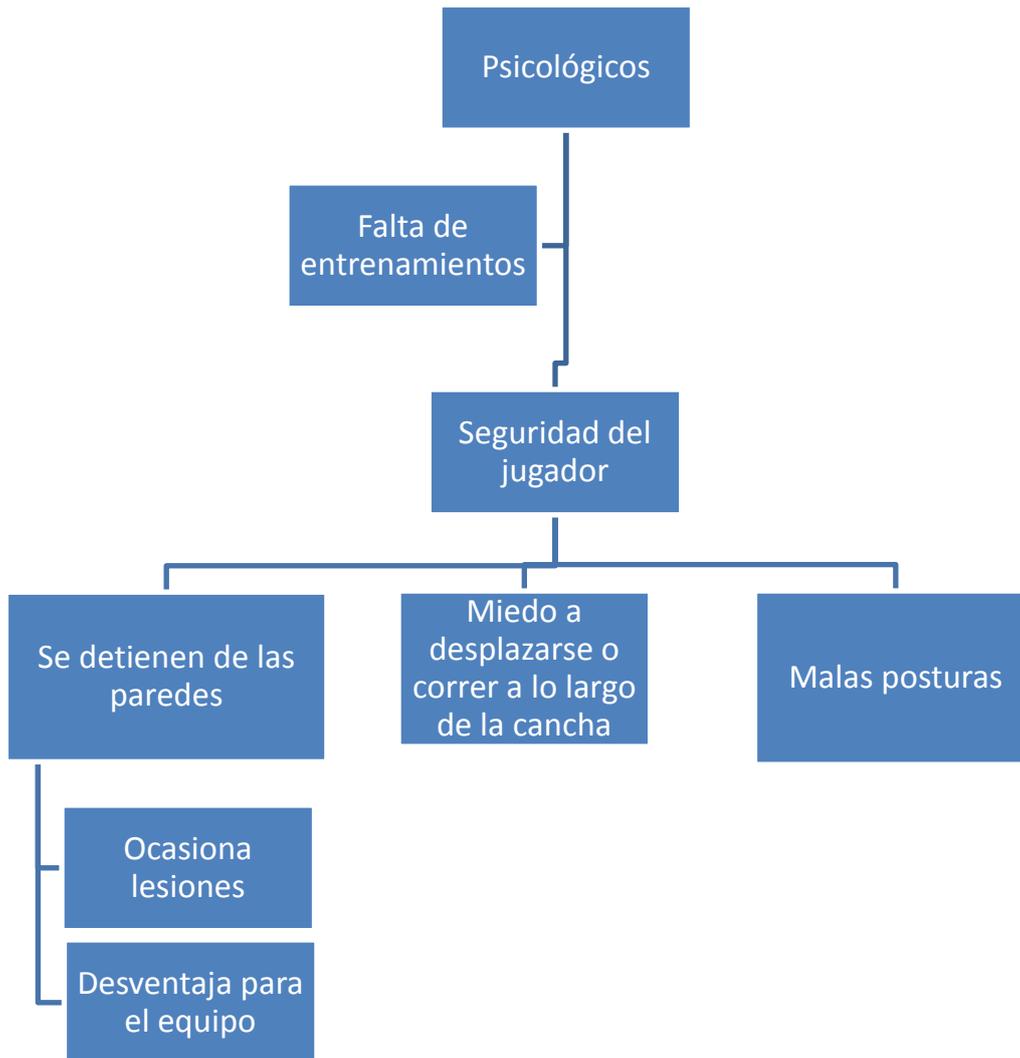


DIAGRAMA 2.5. Resultados psicológicos

CONCLUSIONES CAPITULO 2:

En el capítulo 2 se analizó al usuario, con el objetivo de dar soluciones específicas a problemáticas ya existentes. ya que se tiene como fin que se encuentren propuestas de diseño adaptadas al usuario y que no sea el usuario quien se adapte al diseño.

Por lo anterior se encontraron diferentes resultados que se traducen a necesidades de los usuarios bajo análisis.

Se propúso en este capítulo una metodología de análisis con base en la ergonomía y ya que la ergonomía analiza al usuario en 5 entornos, se dejan plasmados los resultados de las necesidades de los jugadores en estos diferentes entornos, con el fin de que en un futuro puedan ser retomados y se logre dar una solución a cada una de sus necesidad y se pueda realizar de manera adecuada este deporte.

Por lo que, con el fin de aplicar los conocimientos ingenieriles y dar solucion al análisis antropométrico que se realizó con el método REBA, se tiene hasta el momento conocimiento de que uno de los elementos que requiere una pronta intevención es el balón, ya que es uno de los elementos que ayudan a la realización de malas posturas.

CAPÍTULO 3: **MÉTODO DE DISEÑO**

3.1. ¿QUÉ ES EL DISEÑO?

No existe una definición única acerca de lo que es el diseño, ya que existen muchas respuestas diferentes acerca de lo que esto significa, y quizá una razón sea que el proceso de diseño es tal cual una experiencia humana y no un proceso que pueda ser seguido estrictamente como una ley, sin embargo, se ha adoptado la siguiente definición de diseño, debido a que es la que se considerado como la más completa:

“El diseño establece y define soluciones y estructuras pertinentes para problemas no resueltos aún, o nuevas soluciones a problemas que previamente han sido resueltos de diferentes maneras”.

La ciencia del diseño puede ser aprendida prácticamente en cualquier lado, por medio de las técnicas y procedimientos teóricos adquiridos en las aulas de clases, pero lo que se considera como el arte del diseño solo podrá ser adquirido con la práctica y experiencia de aplicar y hacer uso del diseño, en conclusión, un diseño es producido para satisfacer las necesidades que una persona tiene o bien, para convertir los requerimientos en especificaciones.

3.2. ¿EXISTE UNA SOLA Y/O ÚNICA TÉCNICA DE DISEÑO EFICIENTE?

Existen una infinidad de métodos y técnicas de diseño que se pueden utilizar para llevar una idea en un principio conceptual a la práctica y al desarrollo de la misma, de otra forma, el diseño es un proceso secuencial que consiste de muchas operaciones de diseño.

Un método de diseño comienza siempre con el conocimiento del estado del arte, incluye el conocimiento científico, pero también incluye aparatos, componentes, materiales, métodos de manufactura y condiciones de mercado, entre otros. A diferencia de otros métodos más “científicos”, el diseño es impulsado por la necesidad de la sociedad que debe ser conceptualizada el algún concepto de modelo.

3.3. METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño es un proceso que tiene como principal objetivo la creación de un producto con una utilidad para un propósito específico, en el cual se aplican muchas áreas de conocimiento, que pueden incluir las ciencias y las artes, y de la cual se distinguen las siguientes etapas:

3.3.1. ° *Reconocimiento de la necesidad*

Esta etapa puede ser analizada a partir de dos enfoques:

- Una necesidad que surge en la vida cotidiana
- La necesidad de generar una necesidad

En ambos casos, las dos surgen de la insatisfacción con la situación actual, desde la necesidad de una reducción de costo, un incremento en la confiabilidad o ya sea solo porque el público se ha llegado a aburrir con un producto actual.

3.3.2. ° *Definición del problema*

Esta puede ser tal vez la etapa más crítica en el proceso de diseño, el verdadero problema es que no es siempre lo que parece a primera vista, ya que se debe expresar tan específico como sea posible lo que se intenta cumplir con dicho diseño, deben incluirse objetivos, metas, todo tipo de definiciones, restricciones o limitaciones en el diseño y el criterio de diseño que será utilizado para evaluar dicho diseño.

3.3.3. ° *Etapas de descomposición y búsqueda de información o divergencia.*

Se parte de la incertidumbre que se tiene sobre las cualidades del objeto de diseño, es decir, todo lo existente y que ya se ha desarrollado acerca del objeto de diseño. En esta etapa se busca dar respuesta a algunas de las siguientes preguntas:

- ¿Dónde la puedo localizar?
- ¿Cómo la puedo conseguir?
- ¿Cómo debe ser interpretada la información para una necesidad específica?
- ¿Cuándo se ha obtenido suficiente información?
- ¿Qué decisiones resultarán de la información recolectada?

3.3.4. ° Etapa de ordenamiento y jerarquización de información o, transformación

Se clasifica toda la información existente acerca de los componentes físicos y se jerarquiza según criterios de diversa índole, es aquí donde interviene la filosofía de diseño y debe partir de un orden, según contenido, utilidad, forma, función, innovación, etc.

3.3.5. ° Etapa de composición de elementos con base en información, o convergencia

Se comienza la “aproximación formal” de la estructura física, en la denominada etapa de síntesis y evaluación, la cual, consiste en un proceso con alto grado de creatividad y estética, pero metódico y estructurado.

3.3.6 ° Evaluación

Involucra un análisis completo de diseño, que puede incluir desde una evaluación económica, hasta la de recursos, la realización de los cálculos detallados (a menudo cálculos complejos realizados a mano), o bien, puede involucrar la simulación extensiva de modelos experimentales o quizá un prototipo de tamaño real.

3.3.7 ° Comunicación de diseño

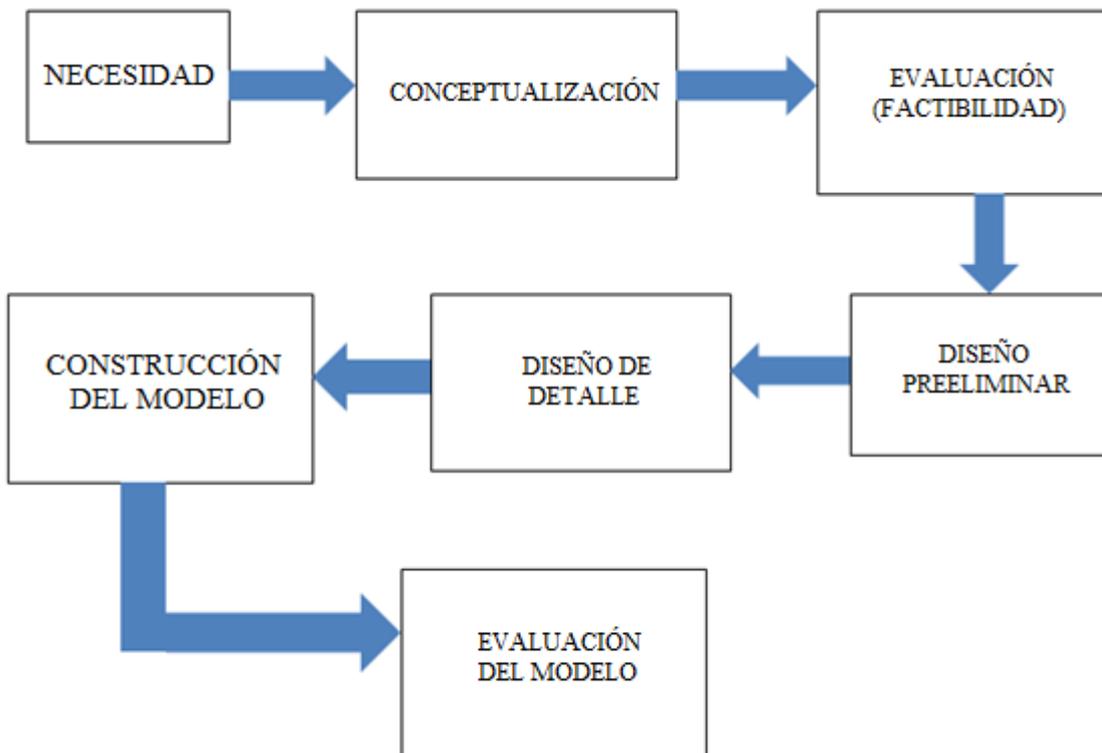
Siempre debe tomarse en cuenta que la propuesta de diseño es para satisfacer las necesidades del cliente, por lo cual, el diseño final debe exponerse de una manera adecuada o de otro modo perderá su valor social.

Ninguna metodología de diseño en específico es capaz de manejar a la perfección la gran cantidad de situaciones que pueden presentarse en un momento dado a lo largo de la aplicación de dicha metodología. Para ser considerada de utilidad, una metodología debe ser usada como una guía y no estrictamente como un ritual.

En cada uno de los pasos que se deben seguir en una metodología de diseño, se requiere razonar correcta, clara e interesantemente, siempre con la capacidad inventiva, para lo cual se requiere de conocimientos previos y la entera comprensión de los mismos para la intervención y manipulación de cada etapa.

El diagrama 3.1 es una representación visual del método de diseño, en su forma mas básica que ayudará a comprender mejor la metodología a seguir.

DIAGRAMA 3.1. Desarrollo de diseño basico



El diagrama 3.2 es una representación más detallada de la metodología de diseño en la que se menciona más a detalle cada de uno de los elementos del diagrama de desarrollo de diseño básico (diagrama 3.1)

El diagrama 3.3 es la representación a detalle del desarrollo del diseño, en la cual se incluyen las áreas de trabajo y las fabricas escondidas para cada una de las etapas.

DIAGRAMA 3.2 Desarrollo de diseño

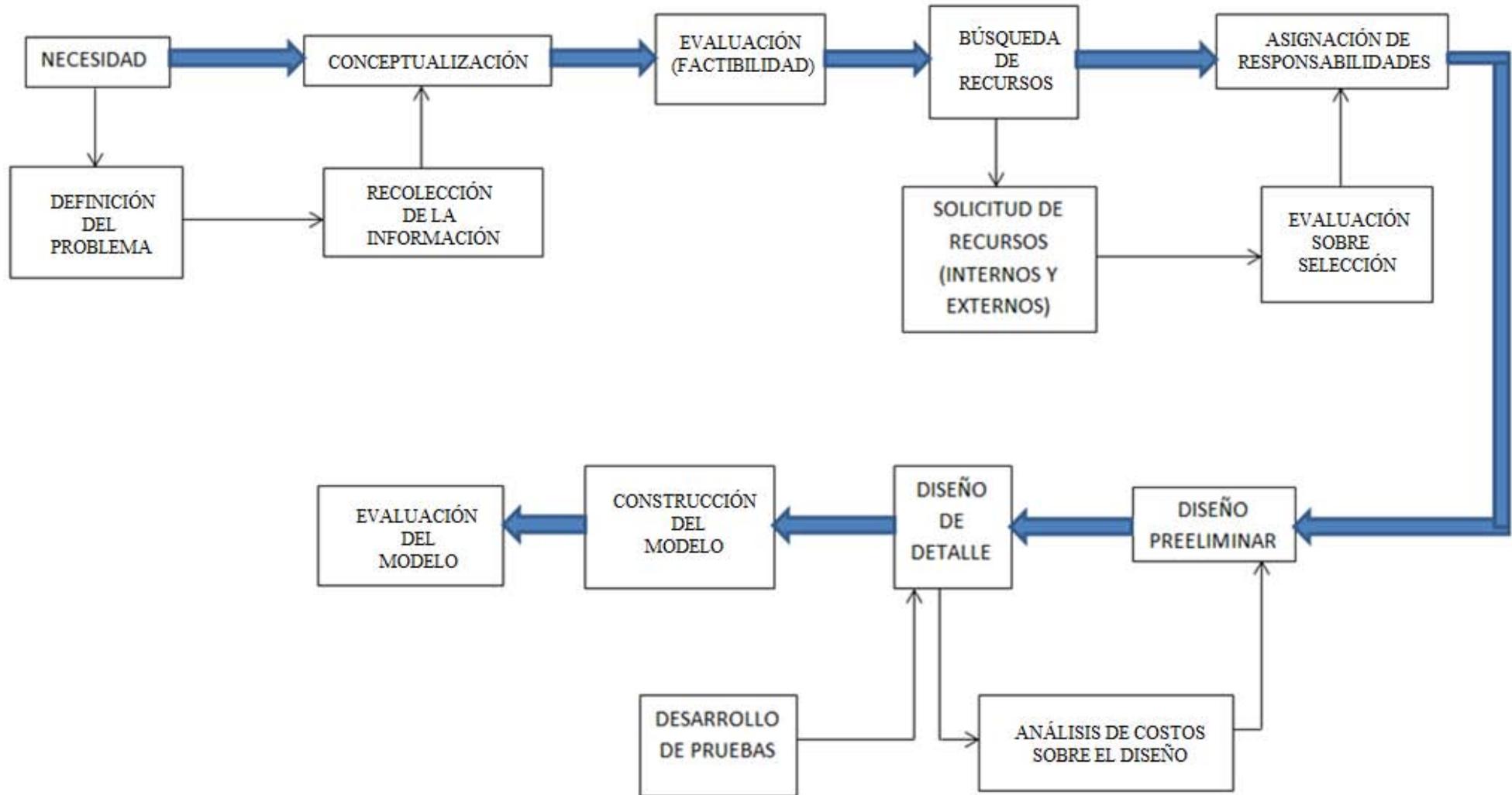
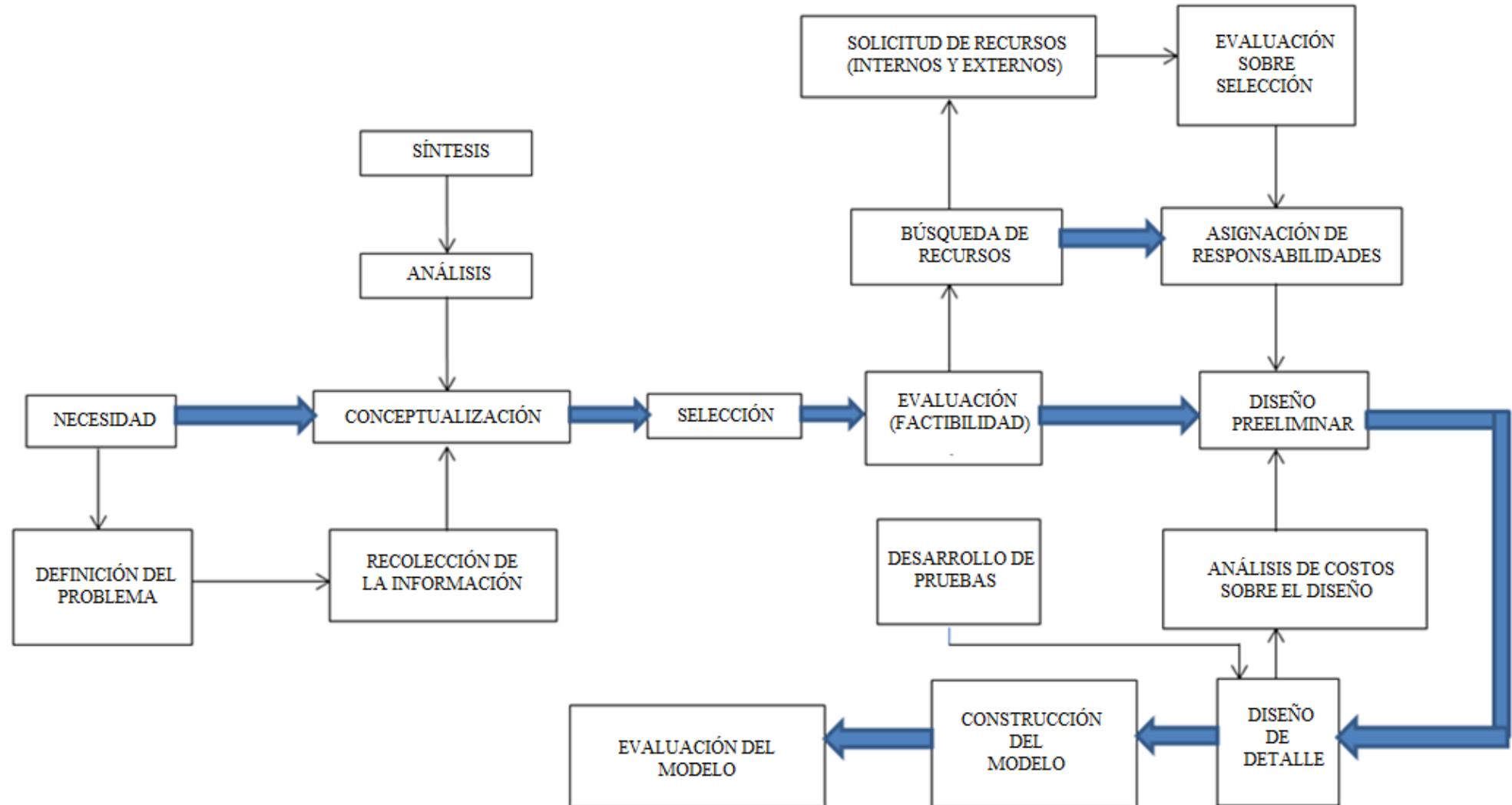


DIAGRAMA 3.3. Desarrollo de diseño a detalle



3.4. NECESIDADES DEL PRODUCTO

Como se ha mencionado con anterioridad en este trabajo, el futbol sala para ciegos, trata de la habilidad para manejar un elemento externo i.e balón, que requiere de la técnica individual de cada jugador para la localización del mismo y de los obstáculos e.g. jugadores rivales, para lograr insertar el balón dentro de la portería rival, por lo cual, no sería raro plantear que los principales cambios y mejoras a realizar sean sobre el elemento principal i.e. el balón, por lo tanto, es necesario plantear cuales son esos cambios a realizar, basándose en las condiciones actuales en las que se desarrolla la práctica de este deporte en el deportivo Francisco Javier Mina y cuál sería la forma de alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, así mismo, se analizarán las condiciones del terreno de juego y la posibilidad de implementar las mejoras, de acuerdo con las necesidades y a las condiciones socio-económicas de los jugadores y beneficiados.

Después de analizar los partidos de manera visual y localizar los elementos que provocan la mala práctica del deporte, se puede listar las condiciones a mejorar en cada uno de los elementos que intervienen en el futbol sala para ciegos de la siguiente manera:

3.4.1. Con respecto al balón

- Al ser el balón de plástico y de superficie lisa, no permite que dicho elemento gire de forma natural como lo haría cualquier elemento perfectamente redondo, presentando una condición de deslizamiento sin giro del balón con respecto del suelo, provocando que en ciertas ocasiones el balón se encuentre en movimiento sin la imperiosa necesidad de estar provocando un ruido, lo cual produce una notoria desorientación y confusión por parte de los jugadores, que pierden el elemento principal de la ubicación del balón, el sonido.
- El balón actualmente está fabricado del polímero polietileno, esto debido a que son los propios jugadores quienes fabrican sus balones, produciéndolos del único material al alcance de sus posibilidades y que cumple medianamente con su objetivo, está de más mencionar que dicho material no cuenta con las propiedades adecuadas para este elemento i.e. el balón, tal declaración es claramente visible con el simple hecho de observar el balón durante un partido por un determinado intervalo de tiempo, ya que al ser pateado en repetidas ocasiones dicho elemento se va deteriorando y deformando, perdiendo sus propiedades y con ello su capacidad de rodar libremente de acuerdo a la fuerza aplicada sobre dicho elemento, lo cual produce un alarmante retraso en la fluidez del partido, al detener el juego en repetidas ocasiones para tratar de devolver su forma original al balón o incluso ser reemplazado.

- El balón es fabricado por los mismos jugadores, quienes utilizan materiales que están al alcance de sus posibilidades y que cumplen medianamente con su objetivo, por tal motivo, es que utilizan balines en el interior de dichos balones, estos balines al contacto con el polietileno producen un sonido característico que ellos consideran como ideal para fines prácticos, por tal motivo, es necesario que dichos balines se encuentren en movimiento para producir un sonido, sin embargo, existe un periodo de recesión -cuando el balón es golpeado lo suficiente como para elevarse del suelo- en el cual, el balón se desplaza en el aire sin un giro, por lo cual, no produce ruido alguno, provocando una vez más la confusión y desorientación de los jugadores, al desconocer la ubicación de dicho elemento.

3.4.2. *Con respecto al terreno de juego*

- La cancha –al igual que el balón- esta construida y adaptada con elementos que se encuentran al alcance y las posibilidades de los jugadores, por tal motivo, la cancha no se encuentra necesariamente en las mejores condiciones, poniendo en riesgo la integridad física de los jugadores.
- Al ser una cancha adaptada a las posibilidades de los jugadores, dicho terreno de juego no cuenta con las medidas necesarias para la práctica de este deporte, es por eso que los jugadores pierden por completo su ubicación, al no saber en qué parte de la cancha se encuentran, lo cual provoca que en repetidas ocasiones choquen de manera violenta contra los bordes de la cancha o incluso con las porterías, poniendo en riesgo su integridad física.

Con base en los elementos antes mencionados y haciendo uso de nuestros conocimientos de ingeniería, es que podemos proponer algunas mejoras que se creé que serán útiles para los jugadores y tendrán un gran impacto en la forma actual en la que se practica el futbol sala para ciegos, tanto económicos como sociales. Dichas propuestas se listan a continuación:

- 1) Involucrar los materiales adecuados para la práctica de este deporte, combinándolos con los elementos necesarios para su práctica, es decir, utilizar los materiales propios de un balón, combinados con dicho dispositivo electrónico, con el fin de mejorar la fluidez del partido.
- 2) Desarrollar un dispositivo electrónico que produzca el sonido suficiente que se requiere para que el balón pueda ser localizado por los jugadores de manera eficiente.
- 3) Dicho dispositivo electrónico debe ser capaz de producir sonido en todo momento una vez que el balón ha sido golpeado.

- 4) Mejorar los elementos externos de la cancha, a modo que los jugadores puedan saber con facilidad y en cualquier momento su ubicación exacta.

Dicho de otra manera, las propuestas antes mencionadas van encaminadas al desarrollo de un dispositivo electrónico que será colocado en el interior del balón, el cual será capaz de producir el sonido suficiente para que los jugadores puedan localizarlo en todo momento, incluso cuando el balón se encuentra en el aire y de esa forma poner fin a la problemática de los balones de polietileno que pierden su forma al ser golpeados, de igual manera, se harán una serie de propuestas para mejorar tanto el relieve como el entorno del terreno de juego, que podrían ayudar a los jugadores a mejorar su sentido de ubicación dentro de la cancha con el fin de evitar los golpes violentos ocasionados por el terreno de juego.

3.5. REQUERIMIENTOS

Un requerimiento es la capacidad que debe tener un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer una especificación formalmente establecida, de otra forma, son todas aquellas características observables que cualquier interesado desea que estén contenidas en el sistema y que deben cumplir con ciertos criterios y características.

Una vez comprendida la definición de un requerimiento y de haber observado detalladamente la causa—raíz de los problemas en el futbol sala para ciegos, se pueden citar los requerimientos de dicho análisis, de la siguiente manera:

3.5.1. Con respecto al balón

- 1) *Debe evitar perder su geometría de forma permanente.*
- 2) Debe ser de un material capaz de no deformarse de manera permanente al ser golpeado un número indeterminado de veces durante un número indeterminado de partidos.
- 3) Debe producir suficiente sonido para las condiciones de la cancha (al aire libre), para que sea perfectamente ubicado por los jugadores en cualquier parte del terreno de juego.
- 4) Dicho sonido debe escucharse en cuanto es golpeado (aunque el balón se encuentre en el aire), por un determinado periodo de tiempo y después dejar de sonar.
- 5) Debe ser recargable, esto para prolongar su vida útil.
- 6) Debe resistir perfectamente los golpes que se le dan a un balón de futbol normal.
- 7) No debe alterar de ninguna manera la trayectoria del balón.
- 8) No debe ser muy pesado.

3.5.2. *Con respecto al terreno de juego*

- 1) Que los jugadores sepan en todo momento en qué parte de la cancha están ubicados
- 2) Que el terreno de juego no cuente con elementos que pongan en riesgo la integridad física de los jugadores.
- 3) Que los jugadores puedan prevenirse o incluso evitar un contacto con los bordes del terreno de juego

Para fines prácticos, los requerimientos con respecto al terreno de juego solo serán mencionados y desarrollados a fondo, sin embargo no serán implementados, debido al costo monetario y tiempo que generaría dicha implementación de tales requerimientos sobre el terreno de juego.

3.6. ESPECIFICACIONES

Una especificación es un documento técnico oficial que establece de forma clara las características, materiales y servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de productos, dichas especificaciones deben ser cuantificables, medibles y regulados por medio de un proceso en el cual se mantiene constante una magnitud o condición.

En el caso del futbol sala para ciegos, su práctica se vio canalizada de manera oficial y regulada a partir de 1986 en Madrid España, cuando se disputó el campeonato de España de futbol sala en la categoría B1, desde entonces, dicho deporte posee un reglamento bastante pulido y elaborado que pertenece a la Federación Española de Deportes para ciegos (FEDC), o IBSA por sus siglas en inglés (International Blind Sports Association), el cual a su vez está basado en el reglamento oficial de la FIFA (Federation International Football Association) para la práctica del futbol y que actualmente se utiliza en competencias oficiales de nivel mundial, dicho documento fue un factor decisivo y muy importante para que este juego (el futbol sala para ciegos) fuera considerado por el Comité Paralímpico Internacional como argumento válido para ser inscrito en sus calendarios paralímpicos y llegara a jugarse en ciudades como Barcelona (España), Oporto (Portugal) o París (Francia) en Europa, o Asunción (Paraguay), Buenos Aires (Argentina) o Sao Paulo (Brasil) en Sudamérica, sumando además los dos campeonatos mundiales disputados en Brasil y España. Debido a que se trata de un documento oficial, la mayoría de las especificaciones están basadas sobre dicho reglamento, el cual dará pauta a las condiciones necesarias para el desarrollo de esta tesis, dichas especificaciones se mencionan a continuación:

3.6.1 Respecto al balón

- 1) Será esférico.
- 2) Sera de cuero u otro material adecuado.
- 3) Tendrá un sonido superior a los 50 dB.
- 4) Debe ser accionado como máximo 1 segundo después de aplicar una fuerza externa.
- 5) Deberá contar con una batería con duración de mínimo 1 partido garantizando no suspender el partido para sustituirlo.
- 6) Material capaz de soportar fuerzas de 270 N⁽⁵⁾.
- 7) Tendrá una circunferencia mínima de 60 cm y máxima de 62 cm
- 8) Tendrá un peso superior a 510 g e inferior a 540 g al comienzo del partido.
- 9) Tendrá una presión equivalente a 0.4 – 0.6 Atm (400 – 600 g/cm²) a nivel del mar.
- 10) El sistema de sonido será interno para permitir una trayectoria regular del balón de manera que cuando este gire sobre sí mismo o en forma centrífuga, mantenga el sonido y la seguridad de los jugadores.

3.6.2. Respecto al terreno de juego

- 1) El futbol sala para ciegos de IBSA se disputa al aire libre por la importancia que tiene la percepción acústica en los deportes para ciegos, y con la intención de evitar la inadecuada resonancia de los estadios cerrados, que resulta incómoda para los jugadores
- 2) Las dimensiones del campo de juego son de cuarenta (40) metros de largo por veinte (20) metros de ancho.
- 3) Su superficie es de cemento o de césped artificial. Este tipo de material ha sido seleccionado por estar relacionado directamente con la necesidad imperiosa que el balón tiene de emitir sonido. (Por este importantísimo motivo fue descartado el césped natural, debido a que no ofrecía garantías de sonoridad al contacto con el balón, limitando la orientación de los jugadores).
- 4) El área de penalti es semicircular de seis (6) metros, y dentro de ésta se encuentra el área de portero. Ésta, a su vez, es rectangular y mide cinco (5) metros de largo, por dos (2) metros de ancho, con la intención de limitar la maniobrabilidad del portero, que en su condición de deficiente visual y poseedor de resto visual, tendría grandes ventajas sobre el jugador ciego si tuviera a su disposición la movilidad en el área de penalti.
- 5) Los dos laterales del campo de juego quedan configurados por unas vallas que poseen una oscilación de altura entre 100 ó 120 centímetros. Son de material sintético o de madera, y se convierten en una importante aportación a la orientación de los

⁵ según James Watkins, profesor de ciencias del deporte en la Universidad Swansea en el Reino Unido, autor de "Una introducción a la Biomecánica del Deporte y el Ejercicio"

jugadores, además de facilitar un juego rítmico y sin tantos saques de bandas.

- 6) Son las mismas porterías que contempla el reglamento de fútbol de FIFA, es decir, miden 2 metros de altura por 3 metros de ancho.

Dichas especificaciones se encuentran estipuladas en el reglamento de la IBSA y debe ser cumplidas al pie de la letra para garantizar la correcta aplicación y el funcionamiento de las mejoras propuestas en este trabajo de Tesis.

3.7. PROPUESTAS DE DISEÑO

A continuación se hará una breve descripción de los balones utilizados actualmente, el balón fabricado por los jugadores del deportivo Francisco Javier Mina y el balón reglamentado, para después proponer diseños que de acuerdo a un criterio ingenieril, pueda acercarse a satisfacer las necesidades de los jugadores antes planteadas.

Balón fabricado por los jugadores

- Material: polietileno
- Sistema sonoro: balines
- Duración: hasta 5 partidos, con cambios de hasta 4 balones en un partido
- Problemática: pérdida de geometría, Se pierde su ubicación mientras se encuentra en el aire



(FIGURA 3.1.)⁶

Balón reglamentado

- Material: poliuretano y butilo
- Sistema sonoro: cascabeles
- Duración: sustituido cada temporada, i.e. Por protocolo más no por malas condiciones.
- Problemática: balón importado, altos costos, Se pierde su ubicación con exceso de ruido y mientras se encuentra en el aire.



(FIGURA 3.2.)⁷

⁶ Imagen3: balón utilizado en el deportivo Francisco Javier Mina

⁷ Imagen4: balón reglamentado de empresa LUCASTEN de Colombia

De acuerdo con las necesidades establecidas previamente y a las características utilizadas en ambos balones, se realiza la siguiente propuesta.

3.7.1. Propuesta 1: selección de materiales.

Debido a que los jugadores del deportivo Francisco Javier Mina, suelen optar por fabricar su propio balón, se propuso hacer una selección de materiales con el fin de encontrar un balón con las características intermedias entre el balón fabricado por los jugadores y el balón reglamentado, que además cumpla con las necesidades ya establecidas. Por este motivo se realiza la siguiente tabla (Tabla 3.1) que consiste en la descripción de las características de los balones ya utilizados actualmente con respecto al material, con la finalidad de observar ventajas y desventajas de ambos balones y así desarrollar de mejor manera la propuesta.

TABLA 3.1 Necesidades VS Materiales

	Polietileno 1	Poliuretano y butilo 2
Deformación 3	*	****
Costo 2	***	**
Sonoridad 5	****	**
Accesibilidad 1	***	**
Duración 4	**	****
Total	40	44

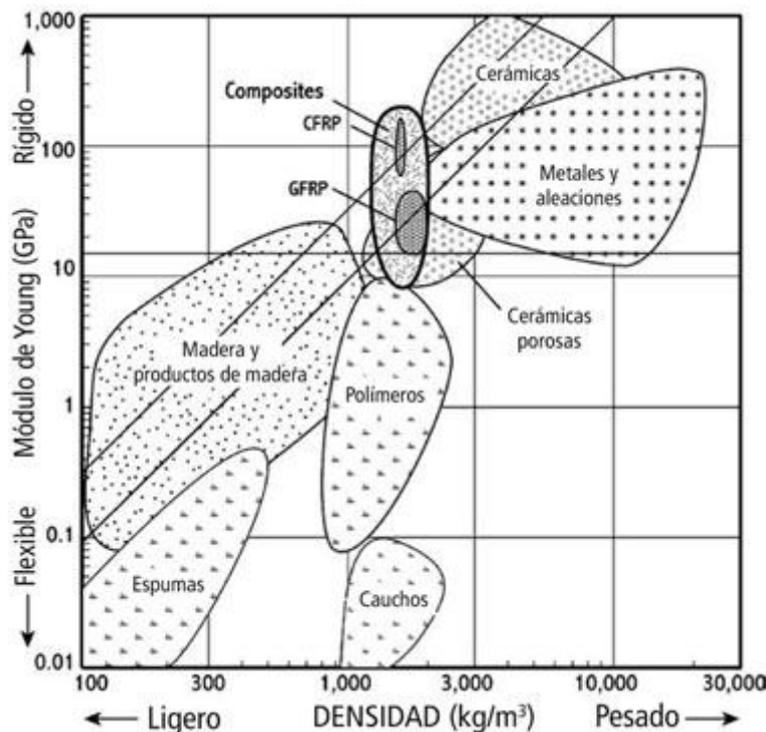
Se les dará:

* Nada ** Poco *** Bueno **** Idóneo

En la tabla anterior (TABLA 3.1) se observa que en cuestión al material, el balón reglamentado sigue siendo el balón viable con respecto al fabricado por los jugadores, sin embargo al tener deficiencias, contribuir a las malas posturas y al no ser del agrado de los jugadores se desarrollara la primer propuesta, esperando encontrar un material que cumpla con el objetivo del deporte y las necesidades de los jugadores.

De acuerdo a la selección de materiales como primera instancia se recurrirá a los mapas de Ashby (DIAGRAMA 3.4) que de acuerdo con la densidad de los materiales y a su módulo de Young, ayudarán a descartar y considerar los materiales adecuados.

DIAGRAMA 3.4 Mapas de ASHBY, Módulo de Young VS Densidad



El diagrama 3.4 se seleccionó dentro de todos los mapas de Ashby, de acuerdo a las características que se requieren y se buscan en el balón.

Debido a que, para poder utilizar el diagrama se consideran las propiedades del balón, se realizó un estudio que consiste en la observación de los jugadores, seleccionando jugadas donde se obtuvo la mayor distancia, provocada por el tiro más largo debido a la fuerza de una patada de los jugadores, lo que arrojó diferentes distancias pero con el objeto de este análisis solo se consideró la distancia más larga, que debido a la ubicación del jugador y las dimensiones de la cancha pudo calcularse a la perfección de la siguiente manera:

La figura (3.3) muestra la trayectoria en específico que siguió el balón para el caso en particular que se está analizando.

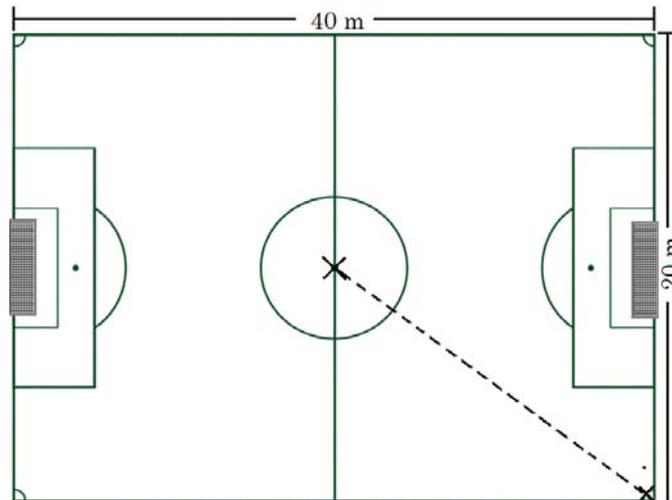
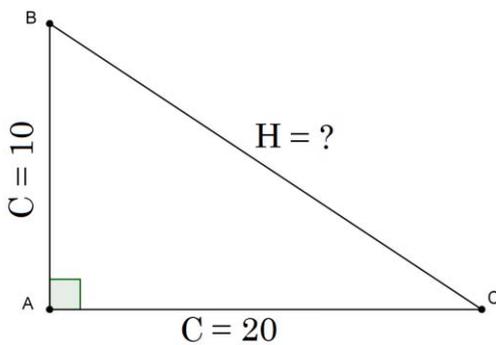


FIGURA (3.3) Trayectoria del balón

Con lo cuál, la distancia recorrida por el balón puede calcularse simplemente como la hipotenusa de un triángulo de la siguiente forma:



$$H^2 = C^2 + C^2 \quad \text{ec 3.1}$$

Despejando H de la ecuación:

$$H = \sqrt{C^2 + C^2} \quad \text{ec 3.2}$$

Y se sustituyen los valores de C:

$$H = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22.361 \quad \text{ec 3.3}$$

Para este caso, H será sustituida por una x, que representará la distancia total en el plano x que recorrió el balón. Por lo tanto:

$$X_T = 22.361 \text{ [m]} \quad \text{ec 3.4}$$

$$t_T = 1.541 \text{ [s]} \quad \text{ec 3.5}$$

Con base en lo anterior, se calcula la fuerza de la patada analizándola con el principio básico de tiro parabólico.

La Figura (3.4) es una representación visual de las componentes en el "eje x" y en el "eje y" de la posición, velocidad y aceleración de una partícula en los puntos más significativos de la trayectoria del tiro parabólico.

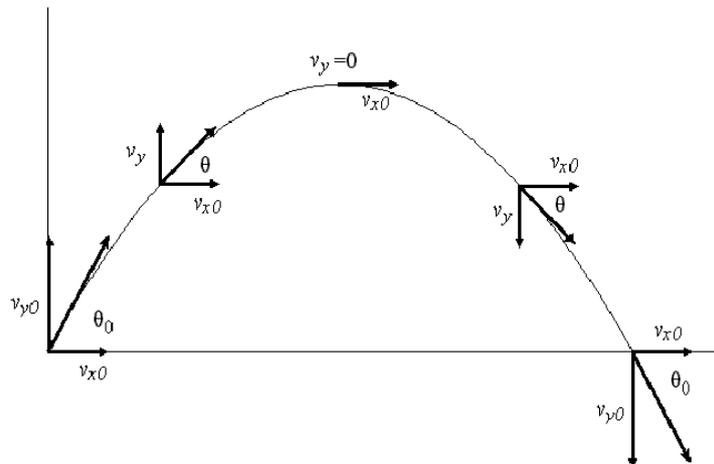


FIGURA 3.4 Trayectoria del tiro parabólico

Las ecuaciones del tiro parabólico consideran que el cuerpo inicial parte del reposo, por lo cual, si se trata de calcular la aceleración del balón al momento de la patada (cuando éste está en reposo) su aceleración sería igual a cero, para ello se calculará la aceleración del balón como un incremento de la velocidad entre un incremento en el tiempo, de la siguiente manera:

$$a_{Balón} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{v_{t_1} - v_{t_0}}{t_1 - t_0} \quad \text{ec 3.6}$$

Donde:

V_{t_1} = velocidad del balón en un tiempo 1 (muy cercano a cero)

V_{t_0} = velocidad del balón cuando el balón está en reposo

Con lo cual, la aceleración queda en función de la velocidad y el ángulo Θ , los cuales, para poder ser calculados, se hará uso de las ecuaciones de tiro parabólico, como se muestra a continuación:

Para el eje X:

$$a_x = 0 \quad \text{ec.3.7}$$

$$V_x = V_0 \cos \theta \quad \text{ec.3.8}$$

$$x = V_0 (\cos \theta) t \quad \text{ec.3.9}$$

Donde:

- a_x = Aceleración del balón en el eje X
- v_x = Velocidad del balón en el eje X
- x = Posición del balón con respecto al eje x

Si sustituimos para cuando la altura es máxima, esto es:

$$y = \text{Altura Máxima} \quad \text{ec 3.10}$$

Entonces:

$$X = \frac{X_T}{2} \quad \text{ec3.11}$$

De acuerdo con la figura (3.4), cuando el balón se encuentra a la mitad de la distancia en x, $v_y = 0$ y el ángulo $\Theta = 0$, por lo que:

$$\frac{X_T}{2} = V_0(\cos\theta)t \quad \text{ec.3.12}$$

Despejando V_0 :

$$V_0 = \frac{X_T}{2t} \quad \text{ec.3.13}$$

Debido a que el balón termina en la misma altura "y" en la que empezó, se puede considerar que el tiro parabólico es simétrico, por lo cual, al balón le toma exactamente el mismo tiempo alcanzar la altura máxima que alcanzar el nivel del suelo de nuevo, con lo que, el tiempo en el que el balón se encuentra en la altura máxima se define de la siguiente manera:

$$t = \frac{t_T}{2} \quad \text{ec3.14}$$

Por lo que la ecuación 3.12 quedaría de la siguiente forma:

$$V_0 = \frac{X_T}{t_T} \quad \text{ec 3.15}$$

De esa forma, es posible obtener el valor de V_0 como:

$$v_0 = \frac{22.361 [m]}{1.541 [s]} = 14.511 [m/s] \quad \text{ec 3.16}$$

Para el eje Y:

$$a_y = -g \quad \text{ec.3.17}$$

$$V_y = V_0 \text{sen}\theta - gt \quad \text{ec.3.18}$$

$$y = V_0 \text{sen}\theta t - \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{ec.319}$$

Si ahora se calcula para cuando el balón a alcanzado su distancia máxima en el eje x, en ese punto el balón esta de regreso al nivel del

suelo, por lo que la distancia en el “eje Y” es igual a cero, sustituyendo en la ecuación 3.18 se tiene que:

$$V_0 \text{sen} \theta t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad \text{ec.3.20}$$

Si se despeja θ de la ecuación 3.19, entonces:

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{gt^2}{2tv_0} \right) \quad \text{ec.3.21}$$

Donde:

- $g = 9.82 \text{ [m/s}^2\text{]}$
- $t = 1.541 \text{ [s]}$
- $v_0 = 14.511 \text{ [m/s]}$

Con lo cual es posible calcular el valor de θ como:

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{(9.82)(1.541)^2}{2(1.541)(14.511)} \right) = 31.4275^\circ \quad \text{ec3.22}$$

Con la finalidad de analizar el incremento de la velocidad con respecto al tiempo, si se considera $t=0s$, se volvería indeterminado, por lo cual se evalúa con un tiempo $t=0.001s$.

De la ecuación 3.18 se despeja v_0 y se sustituye, entonces obtenemos el valor de la velocidad:

$$V_0 = \frac{\frac{1}{2}(9.82)(0.001)^2}{\text{sen}(31.4275)(0.001)} \quad \text{ec.3.23}$$

$$V_0 = 0.4243 \left[\frac{m}{s} \right] \quad \text{ec.3.24}$$

Por lo tanto:

$$a = \frac{14.511 - 0.4243}{1.541 - 0.001} \quad \text{ec.3.25}$$

$$a = 14.0867 \frac{m}{s^2} \quad \text{ec.3.26}$$

Aplicando la segunda ley de Newton

$$F = m \cdot a \quad \text{ec.3.27}$$

Considerando que el balón actual utilizado por los jugadores es de 420g, se obtiene una fuerza de:

$$F = 0.420(14.0867) = 5.91641 \frac{Kgm}{s^2} \quad \text{ec.3.28}$$

esta fuerza es la aplicada por un jugador de futbol, aplicada al balón de futbol de material HDPE, utilizado actualmente en el deportivo Francisco Javier Mina en la ciudad de Mexico

Habiendo calculado la fuerza aplicada se puede conocer el esfuerzo aplicado al material del balón, dicho esfuerzo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{ec.3.29}$$

Donde F, es la fuerza aplicada al balón obtenida con anterioridad en la ec.3.28 y donde A es el área de contacto.

Para poder conocer el Area de contacto donde se aplica la fuerza de la patada de un jugador en un balón, se considera el área del empeine del jugador promedio, debido a que la geometría del balón es esférica y resultaría más complejo delimitar el área sobre el balón.

Con base en la antropometría del pie del jugador⁸, se considera un área del empeine de 148.5 [cm²] por lo que de acuerdo a la ecuación 3.29 se obtiene que:

$$\sigma = \frac{5.91641}{148.5} = 0.00039841 [MPa] \quad \text{ec.3.30}$$

De esta manera se puede recurrir al diagrama de Ashby esfuerzo-densidad así que de esta manera la lista se reduce a la siguiente:

De los polímeros termoplásticos

De los elastómeros

- Poliuretano (PU)
- Butilo
- Siliconas

⁸ Estudio realizado por el instituto nacional tecnológico INATEC DE NICARAGUA "Manual para el participante, adaptación de horma base para el calzado a medida"

Con base en la lista de materiales anterior la siguiente tabla (3.2) ayudará a definir cuál es el material correcto ya que se sabe que el material para el balón debe ser:

Módulo de Young: esto es debido a lograr un rebote uniforme, mayor maniobrabilidad y evitar pérdida de geometría ocasionada por la fuerza aplicada en las jugadas.

Resilente: garantizar que el material regrese a su geometría original después de cada jugada realizada evitando así perdida de trayectoria y maniobrabilidad.

Poroso: con respecto a la mínima absorción del agua ya que lo hará más pesado y evitará su trayectoria uniforme y a su vez debe permitir transmitir el sonido.

Peso ideal: si es demasiado pesado, un jugador necesita más fuerza para patear el balón y si es demasiado liviano contribuye a las lesiones y se dificulta más su manejo.

Durable: que el material del balón sea capaz de soportar las jugadas durante mínimo 1 año.

TABLA 3.2 propiedades de los materiales

propiedad	1/2	1/3	1/4	1/5	2/3	2/4	2/5	3/4	3/5	4/5
1.módulo de Young	1	1	0	0	-	-	-	-	-	-
2.durable	0	-	-	-	0	1	0	-	-	-
3.resilente	-	0	-	-	1	-	-	1	0	-
4.porosidad	-	-	1	-	-	0	-	0	-	1
5.peso	-	-	-	1	-	-	1	-	1	0

CONCLUSIONES: De acuerdo con la tabla 3.2 y el diagrama 3.4 se pueden observar las propiedades de los materiales con mayor prioridad para el balón, por lo que ésta selección permitirá descartar materiales, que dan como resultado la lista de los elastómeros, y ya que el material que se utiliza para el balón reglamentado actualmente está dentro de esta grupo, no se seguirá desarrollando esta propuesta, ya que se comprueba que el material idóneo sigue siendo el mismo que el del balón reglamentado, sin embargo como ya se había probado con anterioridad, el uso de este balón aumenta las malas posturas de los jugadores. Por lo que esta propuesta queda descartada y se procederá a desarrollar la siguiente propuesta.

3.7.2. Propuesta 2: SISTEMA DE SONORIDAD

La segunda propuesta se trata de modificar el sistema de sonido ya que como se planteó y se demostró en el capítulo dos, los jugadores tienden a hacer posiciones incorrectas debido a la pérdida de la ubicación del balón y ya que la selección para un nuevo material no fue viable entonces se procederá a corregir el sistema de sonido de tal manera que se pueda corregir las deficiencias del balón reglamentado.

De igual forma que se hizo en la propuesta uno, se analizará los balones actuales para así conocer sus deficiencias y de esta manera poder llegar a una mejor solución. En este caso se analizarán los dos sistemas de sonoridad ya existentes.

TABLA 3.3 necesidades vs sistema de sonoridad

	Balines 1	Cascabeles 2
Cambio de trayectoria 4	**	****
Costo 2	***	***
Sonoridad 5	****	*
Accesibilidad 1	***	****
Duración 3	****	****
Total	49	43

* Muy malo ** Malo *** Bueno **** Idóneo

De acuerdo a la tabla de necesidades anterior (Tabla 3.3) se puede observar que el mejor balón con respecto al sistema de sonoridad es el fabricado por los jugadores del deportivo Francisco Javier Mina y también la tabla deja ver en qué puntos tienen su debilidad, de esta manera en el capítulo 4 se desarrollará la segunda propuesta.

CAPÍTULO 4:

FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

Para el desarrollo y aplicación de dichas mejoras mencionadas con anterioridad sobre el futbol sala para ciegos, se hará uso de los conocimientos básicos de ingeniería sobre electrónica y electricidad, para lo cual será necesario definir ciertos conceptos básicos, partiendo de lo básico a lo complejo.

4.1. DEFINICIÓN DE CARGA ELÉCTRICA

La palabra electricidad se sabe que tiene su origen etimológico en el término griego *elektron* que puede traducirse como “*ambar*”, dicho termino se adjudica al científico inglés William Gilbert quien en el siglo XVI introdujo el término “*electrico*” para mencionar los fenómenos de cargas de atracción que habían ya descubierto los griegos, de otra manera, la electricidad se define como el flujo de electrones a través de un conductor al aplicarse una fuerza. Para entender esta definición es necesario entender la estructura de la materia, todo lo que nos rodea e.g.sólidos, líquidos y gases se considera como materia. La materia se compone de una infinidad de átomos diferentes y de la combinación de los mismos. Dichos átomos se componen de protones i.e. que poseen una carga eléctrica positiva, neutrones i.e. que carecen de carga y electrones i.e. que tienen una carga eléctrica negativa. El núcleo i.e. en el centro del átomo, está formado por protones y neutrones, como los protones tienen una carga positiva y los neutrones tienen una carga neutra, el núcleo en sí tiene una carga positiva, los electrones giran alrededor del núcleo, de manera similar en que los planetas giran en torno al sol.

4.2.. CONCEPTO DE FUERZAS ELÉCTRICAS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN

Las cargas eléctricas opuestas se atraen entre sí, mientras que las cargas eléctricas de igual signo se repelen, los electrones i.e. con carga negativa, se mantienen en sus órbitas debido a la atracción que genera el núcleo i.e. con carga positiva, dicha atracción es muy similar a como los polos norte i.e. positivo y sur i.e. negativo de dos imanes se atraen entre si al colocarse uno cerca del otro.

Un electrón gira alrededor del núcleo exactamente a la velocidad necesaria para mantener la órbita del electrón, el equilibrio entre la atracción hacia el núcleo y la fuerza centrífuga¹ generada por el giro del electrón alrededor del núcleo, mantiene a cada electrón en su órbita o capa correspondiente. Los electrones de la capa externa se conocen como electrones de valencia, dichos electrones son los más alejados del núcleo, por lo tanto, son más fáciles de ser forzados fuera de su órbita, cuando se tiene un buen conductor, los electrones pueden fluir libremente

de un átomo a otro, cuando los electrones fluyen entonces existe un flujo de corriente.

A un átomo que le falta un electrón se le conoce como ion positivo. A un átomo que tiene un electrón de más se le conoce como ion negativo. Los iones buscan siempre el equilibrio (los iones positivos quieren obtener un electrón y los iones negativos quieren deshacerse de un electrón), estas fuerzas de atracción y de rechazo conforman la presión eléctrica conocida como Fuerza Electromotriz i.e. EMF, por sus siglas en inglés. Otro nombre para la EMF es 'diferencia de potencial'. Los electrones que fluyen de un átomo a otro crean la corriente eléctrica. La facilidad o dificultad con que los electrones fluyen a través de un material determina su clasificación ya sea como conductor o como aislante, tal como muestra la Figura 4.1.

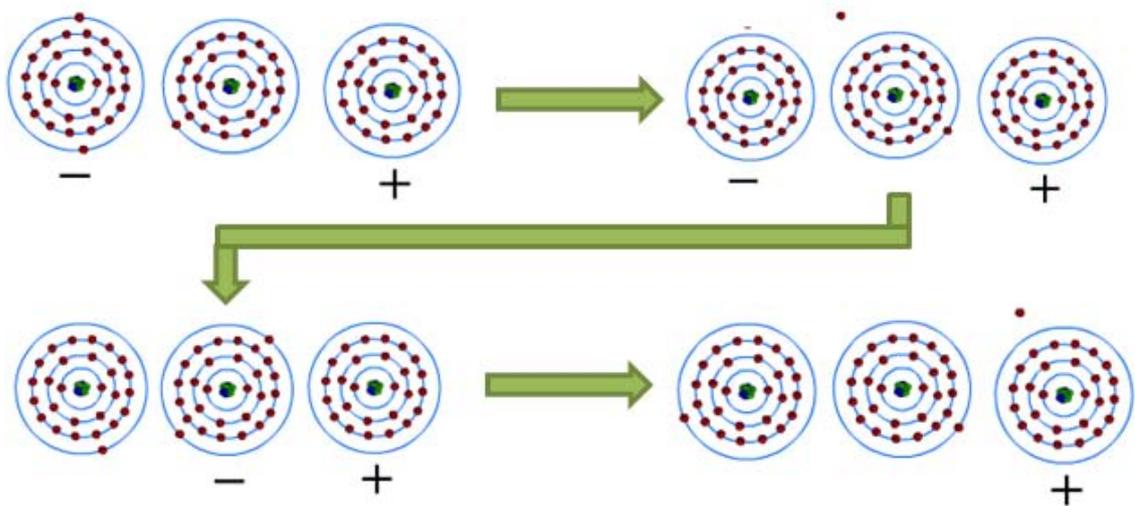


FIGURA 4.1 Flujo de electrones i.e.corriente

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA ELÉCTRICA

4.3.1. DIFERENCIA DE POTENCIAL

El voltaje es la cantidad física (fuerza electromotriz) que causa que la corriente fluya a través de un conductor, una diferencia de potencial genera la fuerza de voltaje entre dos átomos, la diferencia entre las cargas positivas y negativas crea una condición de desequilibrio. El voltaje se mide en unidades llamadas volts, que comúnmente se abrevia como V.

4.3.2. CORRIENTE ELÉCTRICA

La corriente, por otro lado, es el flujo de electrones de un átomo a otro, ésta se mide en amperes, comúnmente abreviada con la letra A. Un ampere quiere decir que 6,280,000,000,000,000 i.e 6.28 miles de millones de electrones pasan por un punto fijo en un segundo. Como ejemplo de

qué tan potente es la corriente, si menos de un décimo de ampere fluye por el cuerpo humano, puede causar serias lesiones al cuerpo.

Mediante el uso del ejemplo de un tanque de agua se puede comparar el flujo de corriente con la masa de agua que fluye del tanque de agua a una llave. Se debe recordar que el voltaje es la diferencia de potencial entre las terminales negativa y positiva, y la corriente es el flujo real o movimiento de carga eléctrica. En el ejemplo del tanque de agua, el flujo real de agua del tanque a la tierra es similar al flujo de corriente eléctrica. Recuerde que la corriente sólo fluye donde hay voltaje i.e. presión, que la fuerza.

La corriente directa ocurre cuando hay un exceso de electrones en una terminal de la batería, lo cual resulta en un flujo a la otra terminal donde hay escasez de electrones. La corriente directa fluye únicamente en una dirección. Una ventaja de la corriente DC es que se puede almacenar electroquímicamente en una batería.

La corriente alterna (AC) se produce cuando la corriente fluye hacia atrás y hacia adelante bajo la influencia de los cambios en la polaridad i.e. positiva o negativa. La corriente alterna cambia constantemente de dirección de tal manera que la corriente fluye un momento en una dirección i.e positiva, y en el siguiente momento en la dirección opuesta i.e negativa. Esto se conoce como un ciclo.

Un ciclo generalmente se representa como una onda sinusoidal ya que sigue las características matemáticas de una función sinusoidal. Un ciclo es una ocurrencia completa de la onda. El número de ciclos por segundo se mide en Hertz (Hz). Esto también se conoce como la frecuencia de la corriente AC.

4.3.3. RESISTENCIA

La resistencia se opone o limita el flujo de corriente eléctrica en un circuito. Todos los circuitos presentan algo de resistencia. Todos los conductores, tales como el cobre, la plata y el oro, presentan alguna resistencia al flujo de corriente. La resistencia se mide en unidades llamadas ohms. El símbolo para la resistencia en la letra griega es omega Ω .

No toda la resistencia es mala. En un circuito de lámpara que funciona normalmente, la lámpara en sí es generalmente la única fuente medible de resistencia. La resistencia en el filamento de la lámpara resiste al flujo de la corriente y se calienta hasta el punto que se ilumina.

La resistencia indeseable en un circuito roba el flujo de corriente total del circuito y causa que la carga funcione incorrectamente o que no funcione.

Entre más resistencia se tenga en un circuito, se tiene menos flujo de corriente.

4.4. LEY DE OHM

El voltaje, la corriente y la resistencia tienen una relación específica entre ellos. Es importante entender esta relación y poder aplicarla a los circuitos eléctricos, ya que esta relación es la base de todos los diagnósticos eléctricos.

George Ohm, un científico de principios del siglo XIX, encontró que se requiere un voltio de EMF para empujar un ampere a través de un ohm de resistencia. La corriente es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia en un circuito básico. La Ley de Ohm se expresa como una ecuación que muestra la relación entre el voltaje i.e. E de la Fuerza Electromotriz, el flujo de corriente i.e. I de Intensidad, y la resistencia (R):

$$E = I \times R \quad (\text{ec. 4.1})$$

Ó

$$\text{Voltaje} = \text{Carga Eléctrica} \times \text{Resistencia} \quad (\text{ec. 4.2})$$

Muchos dispositivos eléctricos son clasificados por la cantidad de energía eléctrica que consumen, en lugar de qué tanta energía producen. El consumo de energía en cada unidad de tiempo se expresa en watts o vatios.

$$746 \text{ watts} = 1 \text{ caballo de fuerza imperial} \quad (\text{ec. 4.3})$$

$$735 \text{ watts} = 1 \text{ caballo de fuerza métrico} \quad (\text{ec. 4.4})$$

Las relaciones entre potencia, voltaje y corriente se expresa en la fórmula de potencia:

$$P = E \times I \quad (\text{ec. 4.5})$$

En otras palabras, un watt equivale a un volt por ampere

Por ejemplo, si la corriente total en un circuito es de 10 amperes y el voltaje es de 120 volts, entonces:

$$P = 120 \text{ V} \times 10 \text{ A} \quad (\text{ec.4.6})$$

$$P = 1200 \text{ watts} \quad (\text{ec. 4.7})$$

En un circuito, si el voltaje o la corriente aumentan, entonces la energía se incrementa. Si disminuyen el voltaje o la corriente, la energía disminuye. La aplicación más común de la clasificación en watts son probablemente los focos. Los focos se clasifican de acuerdo con el número de watts que consumen.

4.4.1 CIRCUITO ELÉCTRICO

Un circuito eléctrico es un arreglo que permite el flujo completo de la corriente eléctrica bajo la influencia de un voltaje, un circuito eléctrico típicamente está compuesto por conductores y cables conectados a ciertos elementos de un circuito como aparatos que aprovechan el flujo y resistencias que lo regulan, dichos circuitos se clasifican de dos formas, circuitos en serie y en paralelo.

4.4.a. CIRCUITOS EN SERIE

Los circuitos en serie son aquellos circuitos donde la energía eléctrica solamente dispone de un camino, lo cual hace que no interesen demasiado lo que se encuentra en el medio y los elementos que la componen no pueden ser independientes, dicho de otra manera, solamente existe un único camino desde la fuente de corriente hasta el final del circuito (que es la misma fuente). Este mecanismo hace que la corriente eléctrica fluya por todo lo largo del circuito creado de manera tal que no hay ni independencia ni distinción en los diferentes lugares de éste.

En un circuito en serie, la suma de las caídas de voltaje que ocurren dentro del circuito es igual al voltaje que se aplica, además, la intensidad de corriente es la misma en todos los puntos del circuito, por otro lado, la equivalencia de la resistencia del circuito es el resultado de la suma de todas las resistencias, las frases anteriores se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (\text{ec. 4.8})$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (\text{ec. 4.9})$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (\text{ec. 4.10})$$

4.4.b. CIRCUITOS EN PARALELO

Un circuito en paralelo es aquel en el cual, existen dos o más caminos diferentes en los que existe flujo de corriente, pero la diferencia de potencial es la misma. En un circuito en paralelo podemos considerar las siguientes propiedades o características:

- El voltaje es el mismo en todos los elementos del circuito.
- A cada uno de los caminos que puede seguir la corriente eléctrica se le denomina “rama”.
- La suma de las corrientes eléctricas de cada rama es igual a la intensidad del circuito.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = \sum I_i \quad (\text{ec. 4.11})$$

Donde I_T es la corriente eléctrica total y I_i son las corrientes eléctricas en cada rama.

- La inversa de la resistencia equivalente del circuito paralelo es igual a la suma de las inversas de las resistencias.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots = \sum \frac{1}{R_i} \quad (\text{ec. 4.12})$$

Donde R_p es la resistencia equivalente del circuito paralelo y R_i son las resistencias en cada rama.

- La resistencia equivalente es menor que la menor de las resistencias del circuito.

4.5. ELECTRÓNICA BÁSICA

En concreto, se puede determinar que la palabra “electrónica” procede de la unión de dos partes léxicas, “*elektron*” que se traduce como “ámbar” y el sufijo “*iko*” que significa “relativo a”, ahora bien, referente a esta definición es que se conoce como electrónica al análisis de los electrones y a la aplicación de sus principios en diferentes contextos, por lo que, la noción de la electrónica hace referencia a toda aquella vinculación con el electrón, una partícula esencial de los átomos y que ya hemos definido con anterioridad en esta tesis.

La conversión y la distribución de la energía eléctrica son posibles gracias a la interacción de los circuitos electrónicos, por lo que se puede emplear en el procesamiento y el control de la información. A nivel general puede decirse que un sistema electrónico está formado por sensores (que se denominan como entradas) que reciben las señales físicas y las transforman en señales de corriente (voltaje), de esta forma los circuitos del sistema interpretan y convierten estas señales provenientes de los sensores, enviándoles directamente hacia los actuadores (o salidas), que vuelven a convertir la corriente o voltaje de nuevo en señales físicas, pero ahora con una utilidad definida.

Las señales por otra parte, pueden dividirse en dos grupos:

- Analógicas
- Digitales

4.5.1. SEÑALES ANALÓGICAS

Una señal analógica es un tipo de señal generada por un fenómeno electromagnético y que se representa perfectamente por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo, algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad de corriente, el voltaje y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura o incluso mecánicas.

-4.5.1.a. Desventajas de las señales analógicas

Las señales de cualquier circuito electrónico son susceptibles de ser modificados de forma no deseada de diversas formas mediante el ruido, para lo cual, la señal debe ser acondicionada antes de ser procesada. La gran desventaja respecto a las señales digitales es el ruido que éstas generan, cualquier variación en la información es de difícil recuperación y ésta pérdida afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento del dispositivo analógico.

4.5.2. SEÑALES DIGITALES

Una señal digital al igual que una señal analógica, también es generada por un fenómeno electromagnético en el que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en términos de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango, los sistemas digitales, por ejemplo, usan la lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, cabe mencionar que, además de los niveles, en una señal digital están las transiciones de alto a bajo y de bajo a alto, denominadas flanco de bajada y flanco de subida.

4.5.2.a. Desventajas de las señales digitales

Las principales desventajas de las señales digitales apuntan a que es necesaria una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior en el momento de la recepción, además de requerir una sincronización precisa entre los tiempos del reloj del transmisor con respecto a los del receptor, lo cual puede ocasionar una pérdida de calidad cada vez mayor en el muestreo respecto de la señal original.

4.5.3 MULTIVIBRADORES

Un multivibrador es un oscilador, en el cual su onda de salida es una señal de onda cuadrada, pueden clasificarse en dos formas:

- De funcionamiento continuo, o también llamados libres, recurrentes o estables, que generan ondas sin la necesidad de más excitación exterior que la propia fuente de alimentación.
- De funcionamiento excitado, que requieren una tensión exterior de disparo o de excitación para salir de unas condiciones estáticas o de reposo.

4.5.3.a MULTIVIBRADOR ESTABLE

El multivibrador estable provoca dos etapas de funcionamiento que se reemplazan espontáneamente, estos dispositivos utilizan las propiedades de dos transistores, donde el desbloqueo de uno asegura el bloqueo de otro, de modo que se turnan en estas posiciones.

Se puede observar que la salida del transistor T2 está conectada por el condensador C2 a la base del transistor T1, por lo cual funciona como un circuito de realimentación, cuyo funcionamiento se muestra en la Figura (4.2):

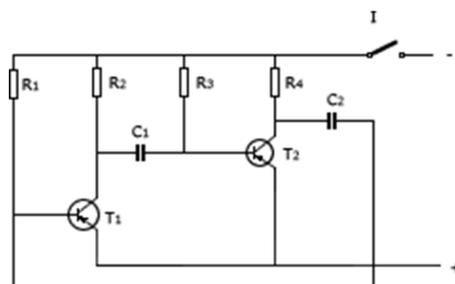


FIGURA 4.2 Multivibrador estable

En el momento en que el Interruptor (I) se cierra, la corriente procedente del dispositivo pasa a través del emisor a alimentar la base del transistor T1, pasando seguidamente a la base de T2, que a su vez pasa y deriva toda su corriente negativa a través del condensador C2 hacia la base de T1, la cual se hace más pasante, se realimenta de nuevo la base de T2 y aumenta el paso de la corriente, etc., en una permanente y rápida sucesión de amplificaciones que duran hasta que se alcancen los valores máximos que el dispositivo permite. En este momento, uno de los transistores, el T2, se abre, y comienza a establecerse el relevo entre los dos transistores en virtud de la siguiente consecuencia:

Cuando el T1, alcanza su máximo de conducción el voltaje de colector de éste transistor disminuye, circunstancia que se transmite, lógicamente, a la base del transistor T2. Pero además, estas variaciones de voltaje se hacen positivas, lo que bloquea la base de T2. Esta es la razón por la que el transistor citado se bloquea, situación que se mantiene solamente un breve período de tiempo.

El voltaje en el condensador C1, va disminuyendo y por la resistencia de base R3 se va preparando un paso negativo para alimentación de la base T2 a través del negativo de la red, situación que se materializa cuando el voltaje de C1 está por debajo del voltaje negativo de este punto. Así cuando T2 reciba voltaje negativo en la base se produce una rápida amplificación de la corriente hasta que llega el momento de la conducción al máximo de T2, y entonces se origina una depresión en el voltaje que nos devuelve a la misma situación del caso anterior, ya que el transistor T2 se bloquea.

MULTIVIBRADOR ESTABLE CON UN 555

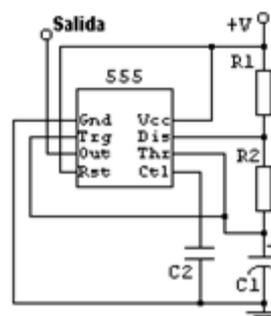


FIGURA 4.3 Multivibrador estable con 555

La Figura (4.3) muestra un multivibrador estable con 555, este tipo de funcionamiento del temporizador 555 se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada continua, de un ancho predefinido y que se repite en forma continua.

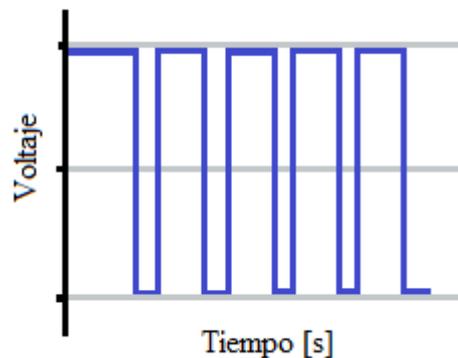
La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo predefinido T1 y en un nivel bajo por un tiempo T2, en los cuales, tanto T1 como T2 son valores dependientes de las resistencias R1 y R2 y del capacitor C1.

Los tiempos es los estados alto y bajo de la onda de la salida, pueden ser calculados de la siguiente manera:

$$T_1 = (\ln(2))(R1 + R2)(C1) \quad (\text{ec.4.13})$$

$$T_2 = (\ln(2))(R2)(C1) \quad (\text{ec.4.14})$$

La Figura (4.4) muestra el tipo de señal generada por un multivibrador estable



GRAFICA 4.1 Señal de multivibrador estable

En donde la frecuencia de oscilación de la onda está dada por la ecuación (4.15):

$$f = \frac{1}{(0.693)(C1)(R1+2R2)} \quad (\text{ec.4.15})$$

4.5.3.c. MULTIVIBRADOR BIESTABLE

El principio de funcionamiento de los multivibradores biestables puede seguirse con ayuda de la Figura (4.5):

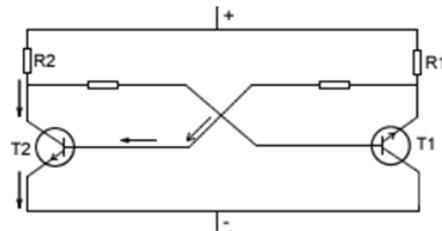


FIGURA 4.4 Multivibrador biestable

Consta de dos transistores, si en T2 funciona, es debido a la corriente positiva de base que le llega a través de la resistencia R1, lo que lo hace pasante, tal como indican las flechas, en tales condiciones, el transistor T1 no conduciría nunca si no recibiera un impulso exterior.

4.5.3.d. MULTIVIBRADOR MONOESTABLE

El multivibrador monoestable es utilizado comúnmente en las computadoras de los sistemas de encendido integrales, y en los microordenadores generales de control de la inyección y otros servicios en los automóviles. Se llama monoestable a un dispositivo formado por dos transistores capaces de pasar de un estado estable a otro inestable, por los efectos de un impulso, con la particularidad de que el estado inestable tiene una duración que depende de las constantes del dispositivo.

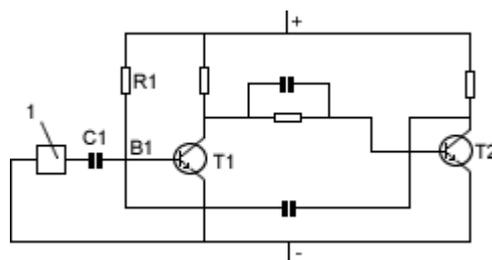


FIGURA 4.5 Multivibrador monoestable

En la Figura (4.6) puede apreciarse en (1) el generador de impulsos. Cuando éste no funciona, la corriente positiva pasa a alimentar la base del transistor NPN (T1) a través de la resistencia R1, y se hace pasante, impidiendo el funcionamiento del transistor T2. Si un impulso negativo se envía B1 procedente del generador (1) el circuito de base de T1 se corta y el transistor se bloquea. Esto permite la alimentación de la base de T2 y la conducción de este transistor. La carga del condensador C1 hace subir la tensión según una constante de tiempo que depende de los valores de R1

y de C1, y cuando adquiere voltaje suficiente la base de T1 recobra su corriente, por lo que T2 se bloquea.

4.5.3.e. MULTIVIBRADOR MONOESTABLE CON UN 555

El 555 contiene un transistor que mantiene a C1 descargado inicialmente, cuando un pulso negativo de disparo se aplica a la terminal 2, el flip-flop interno se setea, lo cual, quita el corto del C1 y causa una salida alta en la terminal 3. La salida del capacitor aumenta de forma exponencial de acuerdo al tiempo.

$$t = (R1)(C1) \quad (\text{ec.16})$$

Cuando el voltaje de C1 iguala dos tercios del voltaje de la fuente, el comparador interno del 555 resetea el flip-flop, que entonces descarga el capacitor C1 rápidamente y lleva la terminal de salida a su estado bajo, el circuito es activado con un impulso de entrada que va en dirección negativa cuando el nivel llega a un tercio del voltaje de la fuente. Una vez disparado, el circuito permanece en ese estado hasta que pasa el tiempo de seteo, aun si se vuelve a disparar el circuito. La duración del estado alto está dada por la ecuación:

$$T = 1.1(R1)(C1) \quad (\text{ec.17})$$

El intervalo es independiente del voltaje de la fuente, cuando la terminal de reset no se usa, debe atarse alto para evitar disparos espontáneos o falsos

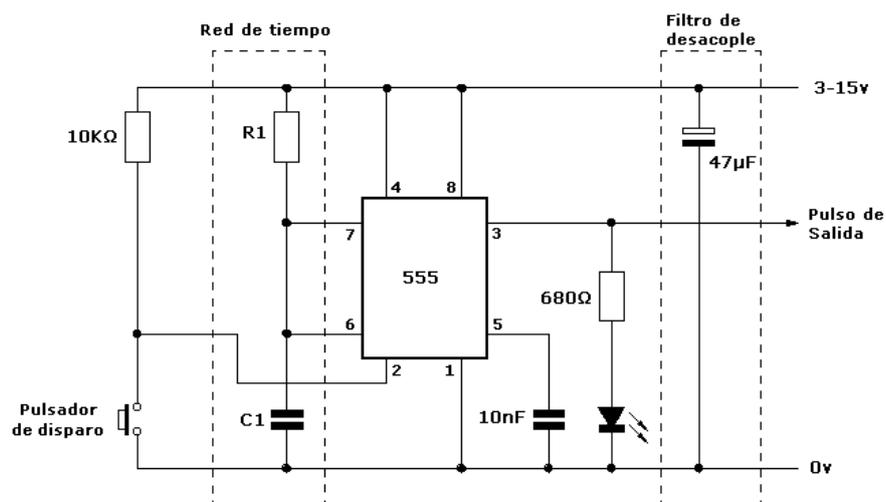
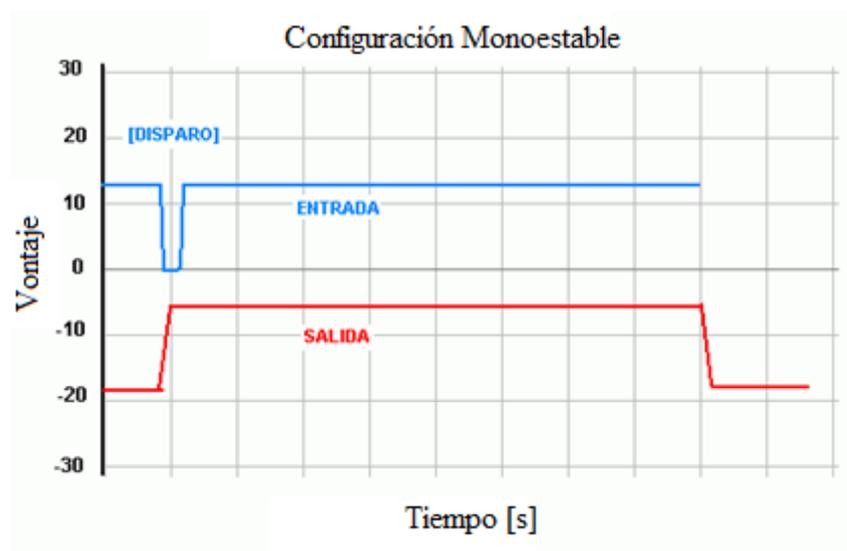


FIGURA 4.6 Multivibrador Monoestable con 555

La Figura (4.7) muestra la configuración del 555 para un multivibrador monoestable, con un rango en voltaje de 3 a 15 [V] y un pulso de salida que se ubica en la terminal 3 del circuito integrado 555.

El tipo de señal producida por esta configuración de 555 como monoestable, es una señal de escalón, definida por un cierto tiempo en base a la resistencia R1 y al capacitor C1, si se juega con el valor de esta resistencia o de este capacitor respectivamente, se obtendrá como resultado una variación en el tiempo en el que la señal de salida se mantiene en un nivel alto.

El tipo de señal generada por esta configuración se muestra en la GRÁFICA (4.2)



GRÁFICA 4.2 Configuración Mono Estable

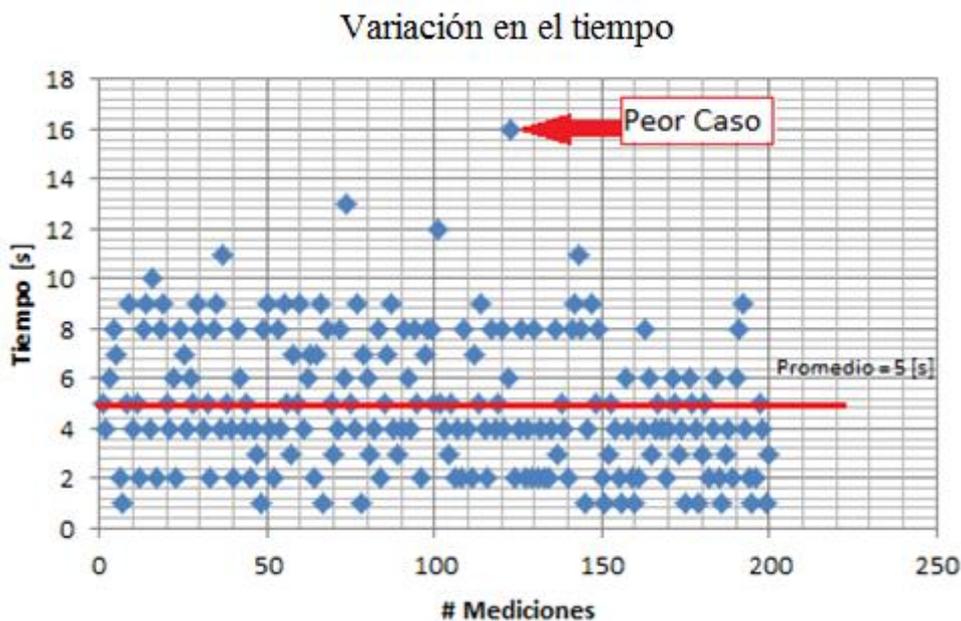
CAPÍTULO 5:
DISEÑO PREELIMINAR

En este capítulo se desarrollara de manera más específica aquellos elementos destinados al cumplimiento de nuestros requerimientos y especificaciones y se mostrará de forma detallada los elementos que hacen posible cumplir con dichos objetivos

5.1. COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS

5.1.1. Composición con base en información

Antes de desarrollar el circuito electrónico que hará sonar nuestro balón, es importante calcular un elemento vital para la función del mismo, el tiempo, ya que es necesario conocer el tiempo exacto durante el cual se quiere que el balón se mantenga sonando, para ello, se hizo uso de una cámara de video para poder grabar una serie de encuentros (sin que los jugadores lo notaran) y obtener precisamente cuánto es el tiempo que transcurre desde que un el balón es golpeado por un jugador hasta que es golpeado de nuevo por un jugador diferente o cualquier otro elemento. Los resultados se muestran en la gráfica (5.1)



GRÁFICA 5.1 Tiempo transcurrido entre jugadas

La gráfica (5.1) muestra la tendencia en el tiempo durante un partido, entre que es golpeado una vez con respecto de la siguiente, para asegurar que el balón será útil durante todo el partido y que no ocasionará ningún tipo de incidente, como que deje de sonar a mitad del encuentro.

Para lo anterior se debe utilizar un factor de seguridad, el cual ha sido seleccionado considerando las siguientes variantes:

1. Leyes aplicables al proyecto

En la mayoría de los casos, el factor de seguridad legalmente requerido es el factor de seguridad mínimo que deberá utilizarse en el diseño, en nuestro caso, se trata de un diseño totalmente nuevo, por lo cual, no existe un factor de seguridad previamente establecido por las autoridades que rigen el cumplimiento de las normas de este deporte.

2. Requisitos de diseño o especificaciones

Está estipulado que los productos deben ser diseñados con un factor de seguridad más alto de lo que se requiere, pero como mínimo debe cumplir con las necesidades del producto. Para este caso, es vital que el balón se mantenga sonando en todo momento, por lo cual el requerimiento a seguir es que debe cumplir con el tiempo mínimo que garantice la correcta función de dicho balón, es decir, debe cumplir con el peor de los casos de acuerdo a la tabla de mediciones previamente establecida.

3. Determinar si el material de fabricación ya fue probado

Si una muestra del material real utilizado para la fabricación fue probado, entonces utiliza un factor de seguridad de 1.3, si la prueba de material fue hecha en el interior de un laboratorio y las condiciones de funcionamiento será moderadamente difíciles, entonces debe utilizarse un factor de seguridad de por lo menos 2. En este caso, según la selección de materiales, el material por excelencia para el balón es el cuero, el cual no es necesario recalcar que ya ha sido probado arduamente a lo largo de la historia.

4. Determinar si los ensayos se llevaron a cabo en un laboratorio bajo las condiciones de operación del equipo.

Si el material fue probado bajo condiciones muy similares, entonces se utiliza un factor de 1.3, si el material fue probado en un laboratorio, se recomienda utilizar al menos un factor de 3. Este balón será probado exactamente en el mismo medio en el cual será utilizado, por lo cual podemos utilizar un factor bajo de alrededor de 1.5

5. Utilizar el factor estándar

Utilizar el factor estándar de 1.25 a menos que se especifique lo contrario, el cual puede ser redondeado a 1.3 para asegurar un margen adecuado.

Según las variantes anteriormente descritas, se ha decidido utilizar un factor de 2, el cual garantiza que se cumplirá con el tiempo necesario para que no ocurran incidentes de ningún tipo mientras se disputa un partido, y que además, se cubre por un amplio margen, el peor de los casos que podría ocurrir durante dichos encuentros, por lo tanto:

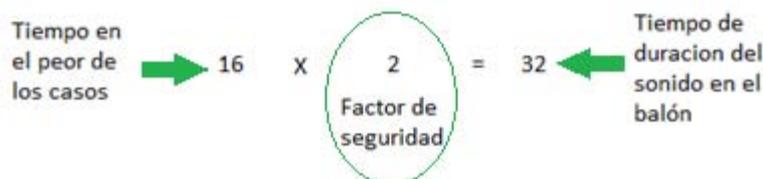


FIGURA 5.1 Factor de seguridad

Composición con base en elementos

Cualidades del sonido

Otro elemento importante a obtener antes del desarrollo del circuito es la intensidad del sonido con la que deberá ser emitido, la importancia de éste radica en la sensibilidad de los jugadores debido al desarrollo del oído por la carencia de la capacidad visual, por lo cual, cabe destacar las cualidades del sonido.

El sonido es una vibración en un medio, es decir, nunca se producirá sonido en el vacío, dichas vibraciones llegan a nuestro oído, producen vibraciones, y el cerebro se encarga de traducir esas vibraciones en sonido, que posee distintas cualidades, como:

Timbre: Reconoce las características de la fuente sonora (si es un sonido de un instrumento de cuerdas, de metal, etc.).

Altura: Permite distinguir entre un sonido agudo y uno grave (se mide en Hz)

Intensidad: Reconoce un sonido fuerte de uno débil o suave.

Estas son las principales cualidades del sonido, pero existen otras que coinciden con las variables tiempo y espacio, como son duración y espacialidad.

Para el propósito de este trabajo de tesis, es necesario medir la presión del sonido idónea con la que deberá sonar nuestro balón, para ello hicimos uso de un instrumento de medición especial llamado sonómetro, un sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora, es decir, mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar en un momento dado. La fase de medición que nosotros hemos desarrollado para nuestro balón consta de tres etapas:

Etapa 1

- Se procede a medir la presión del sonido en el balón actual, es decir, la presión que produce el balón que actualmente se utiliza en el deportivo Francisco Javier Mina, para de esta manera contar con un punto de referencia, ya que los jugadores refieren que este sonido es “bueno” para los fines del juego.

Etapa 2

- Ya que no se cuenta con un balón “oficial” para este juego y no existen datos que hagan referencia a la intensidad de sonido reglamentaria para este elemento, se hizo una réplica del sonido en base a la cantidad de cascabeles que tiene el balón oficial en su interior, con el fin de reproducir el sonido de la manera más afín a este propósito

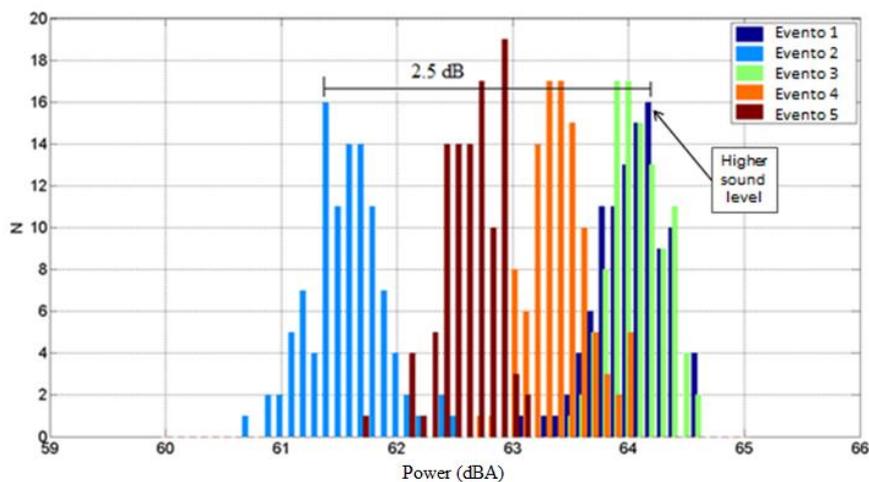
Etapa 3

- Se Comparon ambas mediciones en base a la escala predeterminada para localizar la intensidad de sonido idónea para el balón

Los resultados de las tres etapas de nuestra fase de medición se muestran a continuación:

Un sonómetro especial utilizado para realizar todo tipo de pruebas de sonido en vehículos automotores fue el instrumento utilizado para realizar estas mediciones

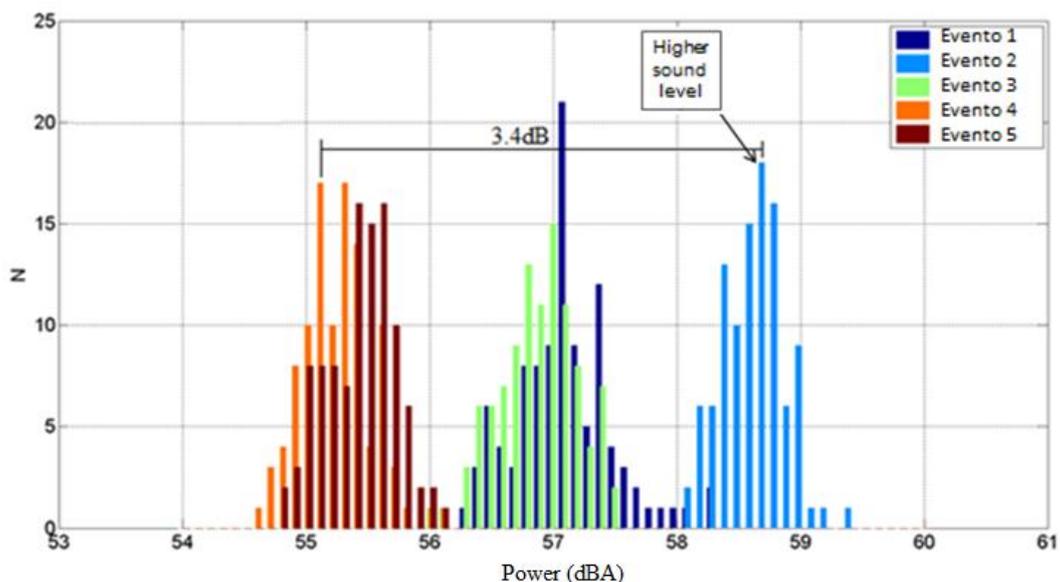
Dado que es muy difícil replicar siempre las mismas condiciones bajo las cuales se produce un sonido, se realizaron cinco mediciones del mismo evento en momentos diferentes, los resultados se muestran en la gráfica (5.2):



GRÁFICA 5.2 Serie de eventos para el balón actual

Cada uno de los eventos en que se midió el balón se representa en la gráfica (5.2) por un color diferente, tomando en cuenta las cualidades del sonido no es posible obtener un solo dato que muestre el nivel de sonido, se obtiene una variación, por lo cual solo se toma el valor más alto en cuanto a potencia para cada evento, por lo que se puede observar que los valores más representativos se ubican en un rango de 61.4 (dBA) a 64.2 (dBA) y una potencia de entre 16 y 19, la variación de los datos es inevitable, debido a que las condiciones bajo las que se desarrolla un cierto sonido difícilmente o nunca serán las mismas y en el terreno de juego, esta variación es mucho mayor, por lo cual, la media de los datos deberían ser suficiente para cumplir como un mínimo en las especificaciones del balón, considerando que se trata del balón con el que actualmente se desarrolla este deporte, la media en este conjunto de datos servirán de referencia para el sonido que emitirá dicho balón.

Una vez medido el balón con el que actualmente se juega al futbol sala para ciegos, se procede a realizar la réplica de lo que sería el balón de futbol profesional, por medio de los cascabeles, que darán un punto de referencia acerca de la intensidad de sonido del balón profesional, los resultados se muestran en la gráfica (5.3).



GRÁFICA 5.3 Serie de eventos para el balón profesional

De acuerdo con la gráfica (5.3) los valores para la simulación se ubican en un rango de 55.2 (dBA) a 58.7 (dBA) y una potencia de entre 15 y 21. Una vez realizadas ambas mediciones, la tabla (5.1) muestra una serie de ejemplos de acuerdo al nivel en el que se encuentran los dos puntos de referencia (que son las mediciones tomadas anteriormente) y al nivel en el cual debería situarse el nuevo balón para que cumpla perfectamente con su función.

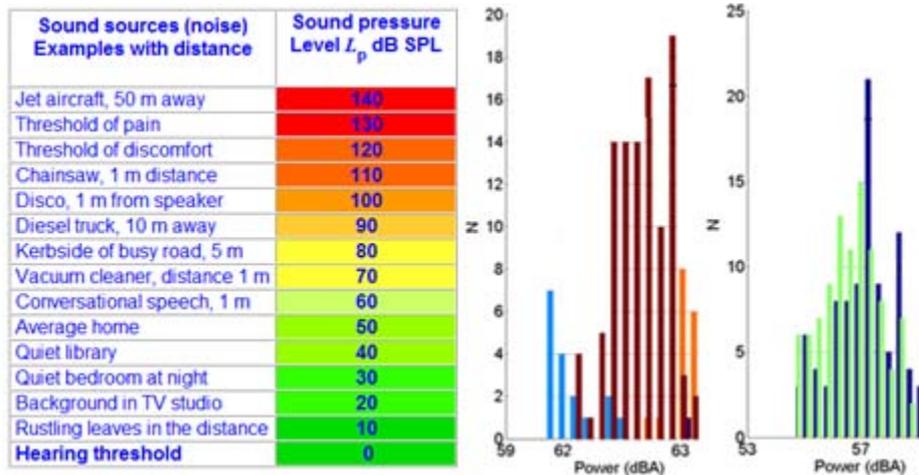


TABLA 5.1 Niveles de sonidos cotidianos

Con base en la tabla (5.1), se puede observar que el balón actual utilizado en el deportivo Francisco Javier mina se encuentra en un rango de 60 a 70 dBA, comparable con una conversación fluida en un rango de 1m, mientras que la simulación del balón profesional esta en rango de 50 a 60 dBA, comparable con el ambiente en una casa promedio, con base en la hipótesis previamente planteada en esta tesis, la idea principal es subir el nivel del sonido para una mejor percepción en los jugadores, sin embargo se decidió ubicarlo en un nivel de 70 dBA que mejora las condiciones actuales sin comenzar a ser riesgoso para las jugadores, ya que una presión más alta puede causar daños, tal como lo muestra la tabla (5.1), y aunque 70 dBA se consideran en el límite para comenzar a ser dañino, se considerará que el balón será utilizado en el terreno de juego actual, el cual se ubica al aire libre, por lo que, la difusión del sonido es mayor, con lo cual se reduce la presión y por lo tanto hay menos riesgo de una lesión a causa del sonido.

Composición con base en elementos

La electrónica en el circuito

Como se ha visto con anterioridad, la carga eléctrica es una parte fundamental de la electrónica y la electrónica es parte vital para el dispositivo que hará funcionar y pondrá en marcha las ideas planteadas para la mejora del futbol sala para ciegos.

El objetivo de esta tesis es desarrollar un dispositivo electrónico que produzca el sonido suficiente que se requiere para que éste pueda ser localizado por los jugadores de una manera eficiente, para lo cual, dicho dispositivo será capaz de reproducir dicho sonido en todo momento y bajo cualquier condición una vez que el balón es golpeado

Por lo anterior, el circuito eléctrico esta basado en un multivibrador en su fase monoestable con un integrado 555, sin embargo, dicho circuito posee un defecto, y es que una vez que el pulsador es activado, el circuito debe cumplir con el tiempo para el que fue diseñado, antes de poder volver a ser activado, por lo cual, dicho circuito ha sido modificado para que este sea redispensible y además cumpla con el tiempo deseado, cabe resaltar, que de acuerdo al estudio de la variación en el tiempo y al factor de seguridad, el tiempo que debería durar el balón sonando debería ser de 32 segundos, sin embargo, para lograr ese objetivo deberíamos usar valores en las resistencias que no son comerciales, lo cual nos obliga a que el objetivo a alcanzar en nuestro balón será de 30 segundos, con base en las ecuaciones antes planteadas se tiene que:

$$T = 1.1(R1)(C1) \quad (\text{ec.18})$$

Dónde:

T – Tiempo [s]

R1 – Valor de la resistencia 1 [Ω]

C1 – Es el valor del capacitor 1[F]

Dado entonces que el tiempo deseado es de 30 [s], se sustituye:

$$30 = 1.1(R1)(C1) \quad (\text{ec.19})$$

Despejando el producto (R1)(C1) de la ecuación (X), se tiene que:

$$\frac{30}{1.1} = (R1)(C1) \quad (\text{ec.20})$$

Por lo tanto:

$$(R1)(C1) = 27.2727 \quad (\text{ec.21})$$

Con lo que entonces deben encontrarse dos valores de R1 y C1 respectivamente que multiplicados den como resultado 27.27. Ahora bien, pudiera existir una infinidad de valores para R1 y C1 que multiplicados den como resultado 27.27, pero en cambio no todos ellos pudieran existir comercialmente hablando, por ello basándose en las tablas (5.2.1) y (5.2.2), se acercará lo más posible al valor que se desea, usando valores comerciales tanto para R1 como para C1.

Valores estándar de resistencias comerciales									
Ohms (Ω)					Kilohms ($k\Omega$)		Megaohms ($M\Omega$)		
0.10	1.0	10	100	1000	10	100	1.0	10.0	
0.11	1.1	11	110	1100	11	110	1.1	11.0	
0.12	1.2	12	120	1200	12	120	1.2	12.0	
0.13	1.3	13	130	1300	13	130	1.3	13.0	
0.15	1.5	15	150	1500	15	150	1.5	15.0	
0.16	1.6	16	160	1600	16	160	1.6	16.0	
0.18	1.8	18	180	1800	18	180	1.8	18.0	
0.20	2.0	20	200	2000	20	200	2.0	20.0	
0.22	2.2	22	220	2200	22	220	2.2	22.0	
0.24	2.4	24	240	2400	24	240	2.4		
0.27	2.7	27	270	2700	27	270	2.7		
0.30	3.0	30	300	3000	30	300	3.0		
0.33	3.3	33	330	3300	33	330	3.3		
0.36	3.6	36	360	3600	36	360	3.6		
0.39	3.9	39	390	3900	39	390	3.9		
0.43	4.3	43	430	4300	43	430	4.3		
0.47	4.7	47	470	4700	47	470	4.7		
0.51	5.1	51	510	5100	51	510	5.1		
0.56	5.6	56	560	5600	56	560	5.6		
0.62	6.2	62	620	6200	62	620	6.2		
0.68	6.8	68	680	6800	68	680	6.8		
0.75	7.5	75	750	7500	75	750	7.5		
0.82	8.2	82	820	8200	82	820	8.2		
0.91	9.1	91	910	9100	91	910	9.1		

TABLA 5.2 .1Valores estándar de resistencias comerciales

Valores estándar de capacitores comerciales									
pF					μF				
10	100	1000	10000		0.10	1.0	10	100	1000
12	120	1200							
15	150	1500	15000		0.15	1.5	18	180	1800
22	220	2200	22000		0.22	2.2	22	220	2200
27	270	2700							
33	330	3300	33000		0.33	3.3	33	330	3300
39	390	3900							
47	470	4700	47000		0.47	4.7	47	470	4700
56	560	5600							
68	680	6800	68000		0.68	6.8			
82	820	8200							

TABLA 5.2.2 Valores estándar de capacitores comerciales

Con lo cual se ha decidido usar el valor de 2.7 [k Ω] para la resistencia R1 y 10 [mF] para C1, por lo que:

$$(2.7 \times 10^3)(10 \times 10^{-3}) = 27 \quad (\text{ec.22})$$

Por lo tanto el circuito rediseñable quedaría como se muestra en la Figura (5.2):

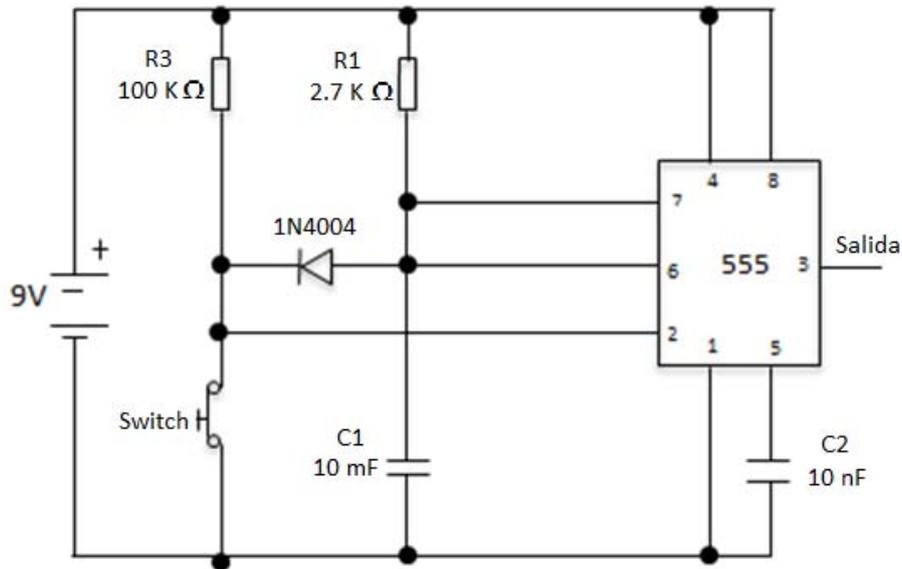


FIGURA 5.2. Circuito redispersable

Con ayuda de un software llamado Proteus Professional V8, que es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics, se procede a ensamblar el circuito de manera electrónica para comprobar que su funcionamiento es el correcto, la figura (5.3) muestra una imagen de cómo se vería el circuito ensamblado con ayuda del programa.

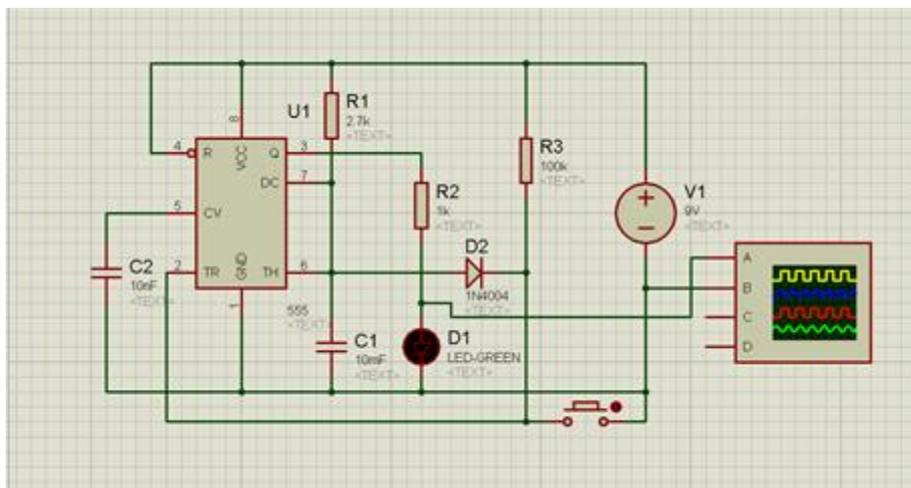


FIGURA 5.3 Circuito propuesto

La salida que se desea obtener se encuentra en el PIN número 3 del circuito integrado 555, para corroborar que la señal obtenida sea visible, se utiliza un led de color verde que se enciende cada que la señal es generada, la figura (5.4) muestra una imagen del circuito funcionando, es decir, el led se muestra encendido.

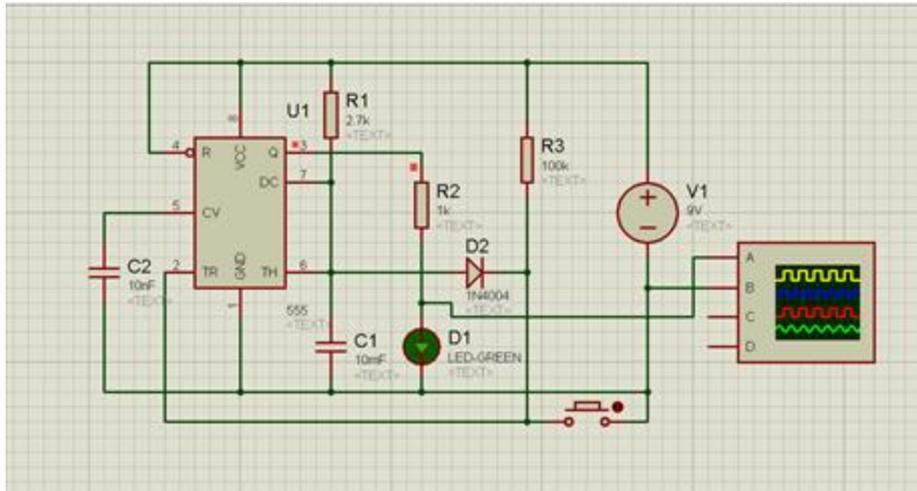


FIGURA 5.4 Circuito propuesto

Esta señal de salida será la base para activar el sistema de sonido, el cual consta de una bocina, que fue adquirida de acuerdo a las especificaciones requeridas para el balón, es decir, según el fabricante, dicha bocina es capaz de alcanzar los 100 dBA dependiendo del voltaje que le sea suministrado, por lo cual, en base al voltaje que se estará proporcionando, será capaz de alcanzar los 70 dBA requeridos según las especificaciones del balón, con lo cual, se asegurará que dicho balón no será perjudicial de ningún modo ni pondrá en riesgo la integridad de los jugadores.

La señal de salida del circuito únicamente posee la corriente para hacer sonar la bocina bajo un mismo tono, el cual bajo las condiciones de uso del diseño puede llegar a ser molesto para los jugadores, por lo cual se empleará un generador de onda cuadrada con frecuencia variable para reproducir un sonido más agradable para el oído humano, dicho generador se muestra en la figura (5.5):

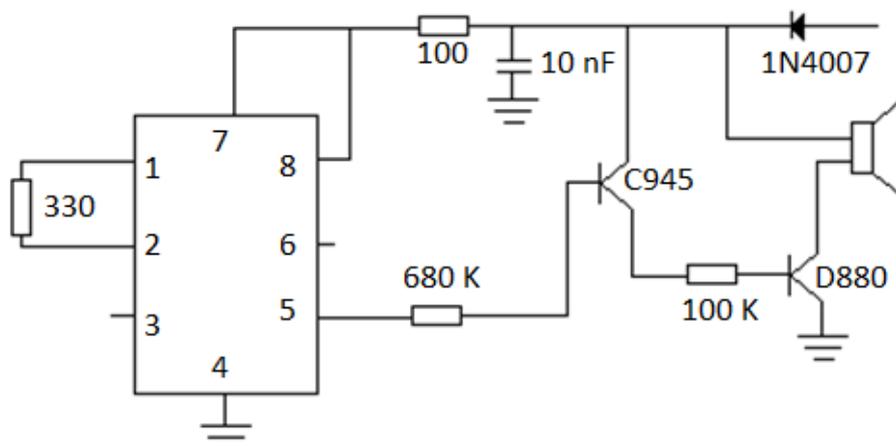


FIGURA 5.5 Circuito señal cuadrada de frecuencia variable

La Figura (5.5) muestra cómo generar una señal cuadrada de frecuencia variable, la cual será activada por la salida del circuito monoestable con 555 redisparable, que a su vez, proporcionará el tiempo durante el cual será activado el generador de onda cuadrada, que hará sonar el sistema de sonido, haciendo posible la ubicación del balón de acuerdo con las especificaciones antes mencionadas.

Dicho sistema de sonido será activado por una señal de salida del circuito integrado 555, como lo muestra la figura (5.6):

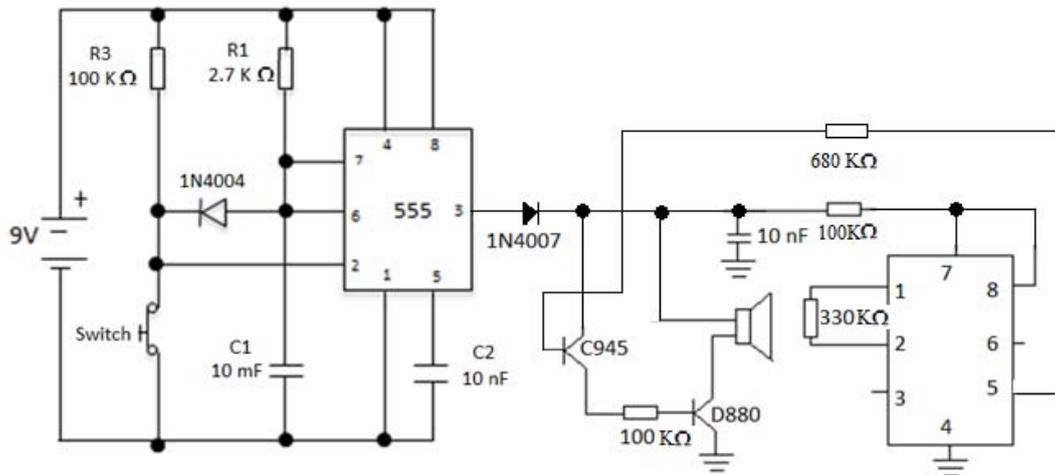


FIGURA 5.6 Circuito redisparable más sistema de sonido

Con lo cual el circuito queda completo.

Una vez confirmadas las especificaciones de dicho circuito y comprobar con ayuda de Proteus que funciona perfectamente, se puede proceder al ensamblado del mismo, la Figura (5.7) muestra una imagen del circuito completo ensamblado.



FIGURA 5.7 Circuito propuesto ensamblado

Quedando como último paso su implementación en el balón.

CAPÍTULO 6: **PRODUCTO FINAL**

ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

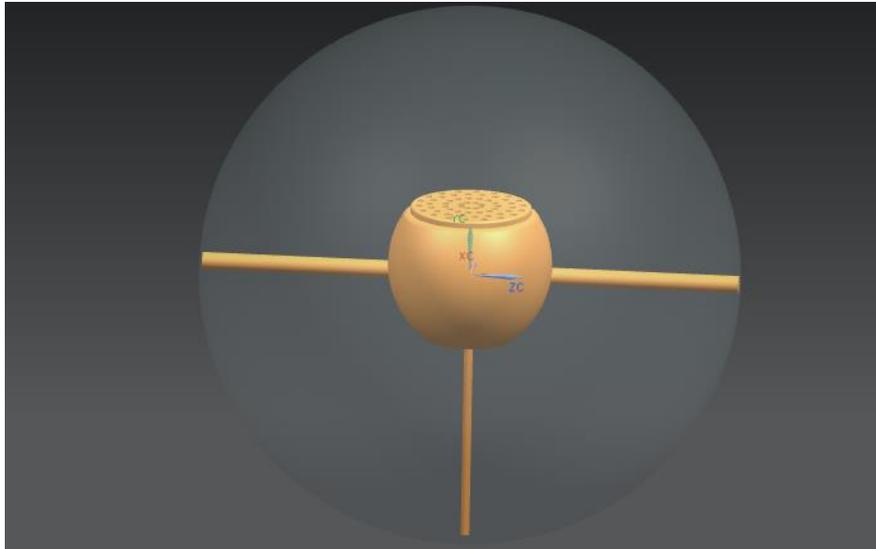


FIGURA (6.1) Analysis CAE del circuito dentro del balón

La figura (6.1) muestra el diseño preliminar definido según las siguientes consideraciones:

- *El circuito se colocó en el centro del balón como medida de prevención, debido al inconveniente que se encontró al colocarlo en una de las caras de los pentágonos del balón, ya que se tomó en cuenta que al ser pateado, su vida se reduciría considerablemente, pudiendo existir daño en los elementos del circuito.*
- *Se consideró el sistema de sonoridad en el centro ya que podría afectar su trayectoria al tener mayor peso en la cara donde se habría colocado.*
- *Se consideraron dos sujeciones poliméricas, que hasta el momento se proponen de polietileno, siendo el mismo material que la carcasa donde va instalado el circuito⁹, instaladas de manera perpendicular a la válvula de aire y la entrada tipo plug, propuesta para recargar el circuito.*
- *Se consideran orificios en las caras del balón como las ya existentes en los balones reglamentados actuales, con la finalidad de transmitir de mejor manera el sonido*

⁹ Material propuesto, hasta realizar un análisis de compatibilidad con el material del balón y las fuerzas que interactúan en las mismas

III- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el trabajo realizado anteriormente se tuvo la oportunidad de aplicar los conocimientos de ingeniería adquiridos durante la carrera, se trabajó directamente con el usuario que en este caso se trató de jugadores de fútbol sala para ciegos, haciendo un análisis detallado de las necesidades de un grupo selecto de esta sociedad, que permitió llevar a cabo una metodología de diseño enfocada a los requerimientos y especificaciones de este grupo, permitiendo así llegar a proponer una solución concreta a dichos requerimientos.

Se encontró que, de no haber una intervención oportuna se ponía en riesgo la salud de los jugadores que practican el deporte con mayor cotidianidad, aunque dicha solución no solo requiere intervención ingenieril, sino que además requiere intervención psicológica, social y cultural¹⁰, se trató que con el presente trabajo se solucione más de una de las problemáticas que se presentan en este deporte, siendo el balón uno de los principales componentes que producen mayor número de lesiones y que de acuerdo con el análisis realizado son ocasionadas por la mala postura, que en su mayoría son provocadas por la pérdida de ubicación del balón, por lo cual, se tomó la decisión de realizar una intervención de dicho componente.

Durante el desarrollo del presente trabajo se encontraron diferentes inconvenientes que se explicarán a continuación, que aunque en su mayoría se pudo llegar a una solución total, se presentaron algunos que solo se llegó a su solución parcial esperando ser solucionadas en la etapa de pruebas.

- Al llevar acabo la metodología de diseño, se realizó como primer propuesta un cambio de material, sin embargo al desarrollarla se realizó una selección de materiales que arrojó que no era necesario un cambio de material ya que de acuerdo con los resultados, el material ideal para el balón se encuentra dentro de los elastómeros y ya que el material del balón reglamentado se encuentra dentro de este grupo se concluyó ser innecesaria esta propuesta. Por tal motivo se recurrió a una segunda propuesta.*
- Cambio en el sistema de sonoridad, en esta propuesta se planteó el desarrollo de un circuito eléctrico que fuera capaz de ser accionado al momento de cualquier contacto, contemplando de*

¹⁰ Resultados páginas 29,30 y 31

esta manera que el sonido fuera constante durante el partido, sin embargo, se encontró que el circuito que había sido propuesto para realizar la función del pulso que activa el sistema de sonido, no tenía la cualidad de ser redispersable, es decir una vez que era accionado se debía esperar que terminara su ciclo, antes de poder ser activado de nuevo.

Como futuros ingenieros, se dió a la tarea de investigar todas las opciones para dar solución a este problema, a modo de lograr el funcionamiento que se deseaba. Dicha solución fue lograda gracias a la implementación de un diodo, cuyo funcionamiento fue explicado en el capítulo 5. La solución a este problema fue vital, debido a que sin esta función el balón habría sido completamente inútil, ya que al no poder reproducir el sonido en todo momento durante un encuentro, los jugadores habrían perdido la ubicación del mismo muy fácilmente y el balón habría sido inútil.

- Como se mencionó en un principio, la idea de un nuevo balón era subir el volumen del sonido que emite el balón actual, sin embargo, gracias al estudio realizado, se notó que no se cuenta con un amplio margen para subir dicho tono, ya que subirlo demasiado podría resultar dañino para los jugadores, por lo cual, basados en el estudio se situó la potencia del sonido del balón en un margen ideal –no muy lejos del balón actual- el cual era en un principio desconocido.*
- Al desarrollar el diseño se consideró que el circuito se encontraría en una de las caras pentagonales del balón, sin embargo en consideración de un cambio en la trayectoria del balón debido al peso del circuito y de una disminución en la vida útil del balón por causas secundarias e.g desolde de las piezas del circuito o desprendimiento total del circuito, debido a las fuerzas involucradas durante las jugadas de un partido. Por tal motivo se consideró la ubicación central en el balón¹¹.*
- De igual forma, se realizó un cambio en el sistema de batería utilizando un sistema recargable ya que al no ser recargable, el balón tendría que ser desechado al termino de la vida útil de las baterías, de tal forma que con este cambio se garantiza una vida útil más prolongada del balón.*

¹¹ Véase figura 6.1

- *Por último se espera poder resolver en la etapa de pruebas, si los soportes de sujeción del circuito serán lo suficientemente resistentes a la presencia de las fuerzas ejercidas durante un partido.*

Ya que en esta tesis solo se llegó a un desarrollo conceptual, debido a la falta de recursos para la implementación del mismo, aun cuando se tuvo la oportunidad de llegar a la etapa de la construcción del circuito, no se llegó a la etapa de pruebas, que permitirían llegar a conocer las cifras reales del alcance que podría ocasionar dicha propuesta. Sin embargo, se espera –en un futuro no muy lejano- poder continuar con el desarrollo de este proyecto, por medio de la etapa de pruebas, con lo cual, el alcance que se espera obtener en este deporte después del cambio realizado al balón y después de que se desarrolle la etapa de pruebas es el siguiente:

Los jugadores serán capaces de ubicar el balón aún estando en el aire ya que con el circuito desarrollado, se elevaron los decibeles con respecto a los balones utilizados actualmente, se comprobó con gráficas y con información ya existente que los decibeles alcanzados no causarían una lesión auditiva.

No se perderá la ubicación del balón ya que el circuito desarrollado contempla que el sonido sea capaz de escucharse, sin importar, si se encuentre en el aire o que por cualquier circunstancia el balón permanezca parado entre jugadas.

Se espera también que el balón no solo sea capaz de utilizarse en el terreno de juego, que para el caso del deportivo Francisco Javier Mina es concreto o duela que es la cancha sugerida por el reglamento, sino que al modificar el sistema de sonido será capaz de ser utilizado en césped, por lo que evitaría lesiones provocadas por el terreno de juego.

IV- ANEXOS

Metodo REBA

“El método REBA es una herramienta de análisis postural especialmente para las tareas que conllevan cambios inesperados de postura. Su aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a una postura, principalmente de tipo musculoesquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas¹²”

El método divide el cuerpo para ser analizado por partes, las cuales son: tronco, cuello, piernas, manos, muñecas y antebrazo.

Mediante un proceso de observación previo se elige la postura más repetitiva y más significativa o peligrosa de la persona en análisis.

Para llevar a cabo el método se requiere hacer un registro de ángulos registrados en dicha postura, por lo tanto se recomienda realizar fotografías del perfil de la persona realizando dicha postura.

El método propone la división del cuerpo en grupos por lo que se realizan tablas que son llamadas grupo A, B y C.

Donde el grupo A corresponde al tronco, cuello y las piernas

El grupo B a los brazos, antebrazo y muñeca

Y finalmente el grupo C que corresponde a la unión de A y B

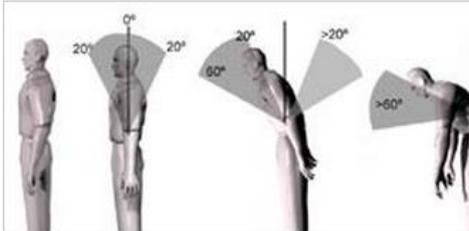
A continuación se explicarán más a detalle:

Se realiza la tabla 1 haciendo un análisis del tronco dependiendo de los grados de flexión que tenga el tronco será el puntaje¹³ que se le dará, dicho puntaje se encuentra marcado en cada una de las tablas, por lo que se procederá a explicar solo la primera tabla la cual lleva el mismo criterio que el resto. Es decir para el caso de la Tabla 1 la cual analiza el tronco se tiene que, para el tronco erguido se asignará 1 punto, de 0 a 20 grados de extensión o de flexión se le agregan 2 puntos, de 20 a 60 grados de extensión o flexión se le asigna 3 puntos y de más de 60 grados se le asignan 4 puntos

¹² Artículo escrito por la universidad politécnica de valencia

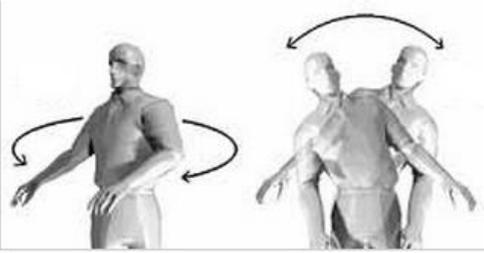
¹³ Puntaje propuesto por Sue Hignett y Lynn Mc Atammey quienes propusieron el método REBA como método de análisis

TABLA 1: Grupo A posición del tronco MÉTODO REBA

Posición del tronco	Puntos	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está erguido. 	1	 <p>14</p>
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión. 	2	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. 	3	
<ul style="list-style-type: none"> El tronco está flexionado más de 60 grados. 	4	

Se realiza la tabla 2 donde se indica torsión lateral del tronco, si así fuera se le agregaría +1 a la puntuación obtenida en la tabla 1.

TABLA 2: Torsión en tronco Grupo A MÉTODO REBA

Además indique si:		
<ul style="list-style-type: none"> Existe torsión o inclinación lateral del tronco 	+1	

¹⁴ Imágenes del método REBA publicadas por la Universidad Politécnica de Valencia

La siguiente tabla se hace con respecto a un análisis del cuello, esta puntuación es independiente a la obtenida en la tabla 1 y 2 por lo que no se suma al resultado anterior, por lo tanto hasta el momento se consideran dos puntuaciones distintas.

TABLA 3: Posición del cuello GRUPO “A” MÉTODO REBA

Indicar la posición del cuello del jugador		
<ul style="list-style-type: none"> El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión. 	1	
<ul style="list-style-type: none"> El cuello está flexionado o extendido más de 20 grados. 	2	

La tabla 4 nos indica torsión lateral o inclinación del cuello, si existe alguna de estas dos opciones se agrega +1 a la puntuación obtenida del cuello en la tabla 3

TABLA 4: Torsión lateral del cuello GRUPO “A” MÉTODO REBA

Además indique si:		
<ul style="list-style-type: none"> Existe torsión o inclinación lateral del cuello 	+1	

La tabla 5 nos indica la posición de las piernas, se analiza si el jugador se encuentra en una posición inestable o estable y ya que realizar una actividad en una posición inestable conlleva mayor riesgo se le agrega mayor puntuación que si se encuentra andando o sentado.

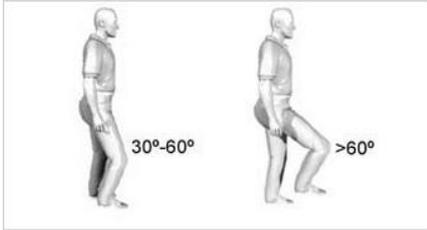
Esta puntuación es independiente a las dos anteriores obtenidas, por lo que hasta ahora se tienen tres puntuaciones distintas.

TABLA 5: Posición de las piernas GRUPO "A" MÉTODO REBA

Indique la posición de las piernas del jugador		
<ul style="list-style-type: none"> • Posición bilateral, andando o sentado. 	1	
<ul style="list-style-type: none"> • Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable 	2	

Con respecto a la TABLA 6 se agregan +1 o +2 dependiendo el caso de flexión de las rodillas, esta puntuación se agrega a la que se obtuvo en la TABLA 5.

TABLA 6: Flexión rodillas GRUPO "A" MÉTODO REBA

Además indique si		
<ul style="list-style-type: none"> • Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60° 	1	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente) 	2	

Habiendo analizado todas las partes del grupo A se juntan todos los datos en la Tabla 7 para obtener un resultado del grupo A.

Por lo que hasta el momento se deben contar con solo tres puntajes. Con estos tres puntajes se podrá ingresar a la tabla del Grupo A para obtener una puntuación general que mas tarde servirá para saber la puntuación final.

En la Tabla 7 o GRUPO A cuenta con 3 grupos, tronco, cuello y piernas. En el grupo del tronco se tiene puntajes que va desde 1 punto hasta cuatro por que se selecciona el numero que se haya obtenido con la suma de las tablas 1 y 2..

En el grupo del cuello cuenta con 3 puntajes del 1 al 3, se selecciona de acuerdo al puntaje obtenido en las tablas 3 y 4

Y por ultimo se tiene el puntaje de las piernas, en este grupo se puede observar que cada puntaje del cuello cuenta con un sub grupo que se refiere al puntaje de las piernas, dicho puntaje va del uno al cuatro.

Teniendo identificado el puntaje del cuello, obtenido con la suma de las tablas 3y 4 se selecciona el subgrupo que es obtenido con la puntuación de las tablas 5 y 6.

De este modo obtenemos un puntaje final pero solo del grupo A, que será obtenido al trazar una línea horizontal que provenga de la puntuación obtenida del tronco y una línea vertical obtenida del puntaje del cuello y el subgrupo que es de las piernas y al juntar estas dos líneas se obtiene el puntaje final del grupo A, que por el mometo no se volverá a ocupar hasta el momento en que sea obtenido el puntaje final.

TABLA 7: Resultados Grupo "A"

Tabla A												
T R O N C O	CUELLO											
	1				2				3			
	PIERNAS				PIERNAS				PIERNAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Grupo B: Extremidades superiores

Las siguientes tablas son del Grupo B donde se analizan, brazo, antebrazo y muñeca, las cuales Son analizadas de la misma manera que el grupo A. donde se cuentan con las caracterizcas de cada miembro del cuerpo en la postura en análisis y puntajes otorgados dependiendo del riesgo que se encuentre dicha postura.

TABLA 8: Posición del brazo GRUPO "B"

Indique el ángulo de flexión del brazo para el jugador		
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión 	1	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. 	2	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo entre 46 y 90 grados de flexión. 	3	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está flexionado más de 90 grados. 	4	

TABLA 9: Posición de brazos

Indique además si		
POSICIÓN	PUNTOS	
<ul style="list-style-type: none"> El brazo está abducido o rotado 	+1	
<ul style="list-style-type: none"> El hombro está elevado 	+1	
<ul style="list-style-type: none"> Existe apoyo o postura a favor de la gravedad 	-1	

Para la puntuación del brazo se suman las puntuaciones obtenidas en la tabla 8 y 9.

TABLA 10: Posición de antebrazo GRUPO “B”

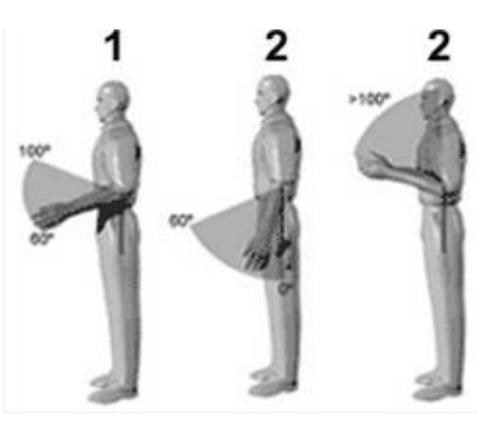
ANTEBRAZO		
POSICIÓN	PUNTOS	
<ul style="list-style-type: none"> El antebrazo está entre 60° y 100° de flexión 	1	
<ul style="list-style-type: none"> El antebrazo está flexionado por debajo de 60° o por encima de 100° 	2	

TABLA 11: Posición de muñeca, flexión y extensión

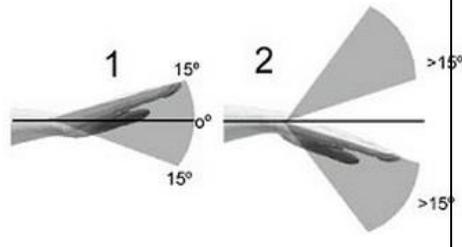
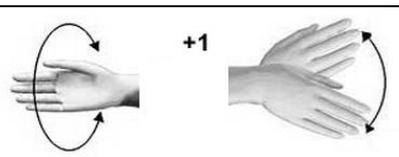
MUÑECA		
POSICIÓN	PUNTOS	
<ul style="list-style-type: none"> La muñeca está entre 0 y 15° de flexión o extensión 	1	
<ul style="list-style-type: none"> La muñeca está flexionada o extendida más de 15° 	2	

TABLA 12. Posición de muñeca, torsión o desviación lateral.

MUÑECA		
POSICIÓN	PUNTOS	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe torsión o desviación lateral de la muñeca. 	1	

Para las tablas 11 y 12 se obtiene una puntuación, la cual es sumada entre si, pero que es independiente a la puntuación obtenida en las TABLAS 8 Y 9 y la puntuación de la TABLA 10

Por lo que se vuelve a obtener tres puntuaciones distintas que servirán para obtener la puntuación del grupo B, de la TABLA 12.

Dicha puntuación es obtenida de la misma forma que la TABLA 7 o GRUPO B

TABLA 13: Resultados GRUPO "B"

Tabla B ANTEBRAZO						
B R A Z O	1			2		
	MUÑECA			MUÑECA		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

PUNTUACIÓN DE LA CARGA O FUERZA

La siguiente tabla, (tabla 12) se refiere a si el sujeto en análisis realiza alguna actividad que tenga que cargar o transportar cargas de mas de 5 kg, dependiendo de el peso es el puntaje que se agrega, ya que al realizar alguna actividad donde tenga que cargar tiene reperusiones directamente en la columna vertebral por lo que se ve afectado tronco, cuello y piernas.

La carga o fuerza manejada modificará la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas), excepto si la carga no supera los 5 kg de peso

TABLA 14: Puntos adicionales por carga o fuerza

Puntos	Posición
+0	La carga o fuerza es menor de 5 kg
+1	La carga o fuerza está entre 5 y 10 kg
+2	La carga o fuerza es mayor de 10 kg

Para este caso no se agregan cargas ya que sí entra en interacción con un objeto externo, que en este caso es el balón, sin embargo el balón tiene un peso menor a 5 kg, por lo tanto según la tabla 12 no se agrega ningún punto.

TABLA 15: Puntos adicionales por fuerza brusca.

Puntos	Posición
+1	La fuerza se aplica bruscamente

Para este caso vemos que no es necesario agregar ningún punto debido a que el balón no tiene un peso mayor a 5 kg.

PUNTUACIÓN DE AGARRE

El tipo de agarre aumentará la puntuación del grupo B (brazo, antebrazo y muñeca). Para la tabla 14 se agregará

TABLA 16: Agarre GRUPO "B"

Puntos	Posición
+0	Agarre bueno. El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
+1	Agarre regular El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
+2	Agarre malo El agarre es posible pero no aceptable
+3	Agarre inaceptable El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Para este caso le agregaremos un punto ya que el agarre del balón es aceptable pero el portero suele utilizar otras partes del cuerpo para agarrar el balón.

TABLA 17: Resultado final “C” grupo A + grupo B

Tabla C												
PUNTUACIÓN A	PUNTUACIÓN B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

PUNTUACIÓN FINAL

La puntuación final del método es el resultado de sumar a la puntuación C el incremento debido al tipo de actividad muscular.

TABLA 18: puntuación extra por movimientos repetitivos

Puntos	Actividad
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto(excluyendo caminar)
+1	Se producen cambios de posturas importantes o se adoptan posturas inestables

Se agrega +1 ya que se producen movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto)

Se agrega +1 ya que se producen cambios de posturas importantes o se adoptan posturas inestables

TABLA 19: puntuación final

Puntuación final	Nivel de acción	Nivel de riesgo	Intervención
1	0	Inapreciable	No es necesaria
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	2	Medio	Puede ser necesaria
8-10	3	Alto	Es necesaria cuanto antes
11-15	4	Muy alto	Es necesaria de inmediato

La tabla 19 se trata del resultado final, ya que esta tabla indica que tan pronta debe ser la intervección o si se descarta como posible riesgo.

ENCUESTA:

 <div style="display: inline-block; text-align: center; margin: 0 20px;"> Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de ingeniería ERGONOMIA </div> 		
ANALISIS ERGONOMICO Y DE SEGURIDAD EN JUGADORES DE FUTBOL PARA CIEGOS DEL DEPORTIVO FRANCISCO JAVIER MINA		
FECHA: __/__/__		
LA PRESENTE ENCUESTA AYUDARÁ A CONOCER LAS PRINCIPALES CAUSAS DE DESORIENTACION CAUSADA DURANTE UN PARTIDO		
1) IDENTIFICACIÓN:		
Género: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M EDAD: _____ años ESCOLARIDAD: _____		
2) ¿SABE QUE ES LA ERGONOMIA? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO EXPLIQUE: _____ _____		
3) TIPO DE CEGUERA:		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2 <input type="checkbox"/> B3 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> B1: Totalmente o casi totalmente ciego; desde no percepción de luz a percepción de luz pero inhabilidad para reconocer la forma de una mano. B2: Parcialmente ciega; capaz de reconocer la forma de una mano hasta una agudeza visual de 2/60 o un campo visual de menos de 5 grados. B3: Parcialmente ciega; agudeza visual desde 2/60 a 6/60 o un campo visual desde 5 a 20 grados. </td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2 <input type="checkbox"/> B3	<ul style="list-style-type: none"> B1: Totalmente o casi totalmente ciego; desde no percepción de luz a percepción de luz pero inhabilidad para reconocer la forma de una mano. B2: Parcialmente ciega; capaz de reconocer la forma de una mano hasta una agudeza visual de 2/60 o un campo visual de menos de 5 grados. B3: Parcialmente ciega; agudeza visual desde 2/60 a 6/60 o un campo visual desde 5 a 20 grados.
<input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2 <input type="checkbox"/> B3	<ul style="list-style-type: none"> B1: Totalmente o casi totalmente ciego; desde no percepción de luz a percepción de luz pero inhabilidad para reconocer la forma de una mano. B2: Parcialmente ciega; capaz de reconocer la forma de una mano hasta una agudeza visual de 2/60 o un campo visual de menos de 5 grados. B3: Parcialmente ciega; agudeza visual desde 2/60 a 6/60 o un campo visual desde 5 a 20 grados. 	
4) POSICIÓN DE JUEGO:		
5) ¿TIEMPO APROXIMADO PRACTICANDO EL DEPORTE?		
6) ¿RECIBE ENTRENAMIENTO ENTRE O DURANTE LOS TORNEOS? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
7) DESCRIBA LOS ENTRENAMIENTOS: (en qué consisten y cuantas días y horas a la semana)		
8) MENCIONE LAS PRINCIPALES OBSTACULOS A LAS QUE SE ENFRENTA DURANTE EL JUEGO: <input type="checkbox"/> BALON <input type="checkbox"/> CANCHA <input type="checkbox"/> EQUIPO DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/> DIFERENCIAS DE EDAD <input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTOS <input type="checkbox"/> OTROS mencione otro factor si considera con mayor prioridad que alguno de los anteriores _____		

<p>9) ¿SE HA USTED LESIONADO? <input type="checkbox"/>SI <input type="checkbox"/>NO</p>
<p>10) A SU CONSIDERACION CUALES SERIAN LAS PRINCIPALES CAUSAS DE GOLPES DURANTE UN PARTIDO</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> PERDIDA DE UBICACIÓN<input type="checkbox"/> CONDICIONES DE LA CANCHA<input type="checkbox"/> EQUIPO DE SEGURIDAD<input type="checkbox"/> CHOQUES ENTRE JUGADORES<input type="checkbox"/> OTROS mencione otro factor si considera con mayor prioridad que alguno de los anteriores _____
<p>11) ¿CONOCE USTED EL REGAMENTO?</p>
<p>12) ¿DURANTE LOS PARTIDOS SE JUEGA CON EL BALON REGLAMENTADO? <input type="checkbox"/>SI <input type="checkbox"/>NO</p>
<p>13) ¿ALGUNA VEZ HA JUGADO CON EL BALON REGLAMENTADO? <input type="checkbox"/>SI <input type="checkbox"/>NO</p>
<p>14) ¿PERCIBE EL RUIDO DEL BALON DURANTE TODO EL JUEGO? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>15) PIERDE LA ORIENTACIÓN DEL BALON CUANDO:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> EL BALON ESTA EN EL AIRE<input type="checkbox"/> SE ENCUENTRA DEL OTRO LADO DE LA CANCHA<input type="checkbox"/> HAY MUCHO RUIDO EXTERNO<input type="checkbox"/> OTRO _____
<p>16) QUE FACTORES CAMBIARIA PARA MEJORAR EL FUTBOL PARA CIEGOS</p>

V- GLOSARIO

B1	<i>ceguera total</i>
B2	<i>ceguera parcial, capaz de reconocer siluetas</i>
B3	<i>ceguera menor</i>
e.g.	<i>por ejemplo</i>
EMF	<i>Electric & Magnetic Fields</i>
FEDC	<i>Federación Española de Deportes para Ciegos</i>
FIFA	<i>Federation International Football Association</i>
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>
Hz	<i>Hertz</i>
IBSA	<i>International Blind Sports Association</i>
i.e.	<i>es decir</i>
LUBA	<i>Loading on the Upper Body Assessment</i>
OIT	<i>Organización Internacional del Trabajo</i>
OWAS	<i>Ovako Working Analysis System</i>
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>
REBA	<i>Rapid Entire Body Assessment</i>
STPS	<i>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</i>

BIBLIOGRAFIA

MANGONON PAT. L “Ciencia de Materiales: Selección y Diseño”, Ed Prentice Hall, México, 2001

HIGNETT,S. Y McAtamney,L.,2000, *REBA:Rapid Entire Body Assessment*. Applied Ergonomics,31, pp201-205

MANDADO, E.*Sistemas electrónicos digitales*,Barcelona Alfaomega Marcombo, 1998
Schilling D.*Circuitos electrónicos: discretos e integrados*México Alfaomega, Marcombo, 1991

CHUTE, G., M., CHUTE, R., D.Electronics in industry Auckland,McGraw-Hill, 1981
COUGHLIN, R., F., DRISCOLL, F., F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, México Prentice Hall, c1999

J.W.Nilsson,Circuitos Eléctricos (7ª Edición),Prentice Hall, 2005

Gustavo A. Ruiz Robredo,Electrónica Básica para Ingenieros (5ª Edición), Cantabria, 2009.

MC. CORMICK, Ernest J. Ergonomía Barcelona Gustavo Gili, 1976

OBORNE, David, Ergonomía en acción, México Trillas, 1987

DIENHART, CHARLOTTE M. Elementos de anatomía y fisiología humanas. Buenos Aires El Ateneo, 1969

<http://www.mific.gob.ni> “MANUAL PARA EL PARTICIPANTE ADAPTACIÓN DE HORMA BASE PARA EL CALZADO A MEDIDA”, AGOSTO 2011, pp14

<http://www.ergonautas.upv.es> software del método *REBA:Rapid Entire Body Assessment*. universidad politécnica de valencia

<http://www.hispavila.com/3ds/tutores/lm555.html>

<http://www.forosdeelectronica.com/tutoriales/555.htm>