

# Arreglo de Sensores para Detección de Pelota Infrarroja en RoboCupJunior Soccer

DIEGO GRAJALES, ULISES FLORES, CARLOS GARZA,  
GUILLERMO OVIEDO y LUIS F. LUPIÁN

Comentarios y bitácora de cambios al artículo.

## Revisor/a A:

A pesar que el artículo parece presentar un orden adecuado al dividir los temas en el artículo, al leerlo, se encuentra con contradicciones, confusiones y explicaciones inconclusas. Por otra parte, el corazón (objetivo) del proyecto se pierde, no está descrito correctamente y pareciera que no se logró, dejándolo a futuros trabajos. La falta de experimentación formal del diseño del arreglo de sensores **deja mucho que desear**.

Los revisores de un trabajo de investigación deben evitar hacer esta clase de comentarios y limitarse a hacer crítica constructiva (“deja mucho que desear” de ninguna forma puede interpretarse como una crítica constructiva), especialmente cuando se trata de un concurso para estudiantes.

I. El resumen es confuso y el objetivo no queda claro a causa de la redacción.

Muchas gracias por su opinión, pero ya dimos a leer el resumen a varias personas y todos fueron capaces de entenderlo con una sola lectura.

II. Hay errores de ortografía como la puntuación y redacción; por ejemplo hay una adjetivación incorrecta: los autores escriben “...una placa de circuito impreso para la detección de la pelota infrarroja que contiene ocho sensores infrarrojos del tipo que se usa en aplicaciones de control remoto para dispositivos caseros...” No queda claro quien contiene 8 sensores si la placa de circuito impreso o la pelota infrarroja. Por ello debe escribirse “...circuito impreso con 8 sensores para la detección de la pelota infrarroja.” Lo que viene a continuación de la palabra infrarroja (del tipo que se usa en aplicaciones de control remoto para dispositivos caseros) no se entiende porque los enunciados son muy largos con información diferente, favor de utilizar puntos y seguidos o finales y colocar comas en el lugar correcto.

**DIEGO:** Favor de corregir la ortografía y atender las sugerencias para mejorar la redacción.

...una placa de circuito impreso que contiene ocho sensores infrarrojos, del tipo que se usa en aplicaciones de control remoto para dispositivos caseros, para la detección de la pelota infrarroja...

Comentario atendido.

- III. Se menciona que los robots son omnidireccionales, quiere decir que, ¿se mueven en  $360^\circ$  en los tres planos (x, y, z)?

En el área de la robótica móvil el término “omnidireccional” es bastante conocido. El que el revisor tenga que preguntar algo tan básico deja en evidencia que no conoce sobre el tema, y que no hizo el esfuerzo por hacer una simple búsqueda. En un trabajo de investigación se tiene que asumir que se está escribiendo para una audiencia que tiene ciertos conocimientos básicos sobre el tema, y que son de uso común para la comunidad científica del área. Por tal razón, sólo se justifica definir un término cuando es muy novedoso o de uso poco extendido. De otra forma, si se tuviera que asumir que el lector no conoce sobre el tema en general, se tendrían que definir todos y cada uno de los términos utilizados, y entonces una parte significativa del limitado espacio de 6 páginas se tendría que dedicar a definiciones en lugar de la aportación fundamental del trabajo.

**DIEGO:** Favor de agregar un párrafo en la introducción que explique qué es un robot omnidireccional para tomar en cuenta que no todos los lectores tienen conocimientos básicos de robótica móvil. En caso de que veamos que se excede el espacio disponible de 6 páginas entonces lo quitamos.

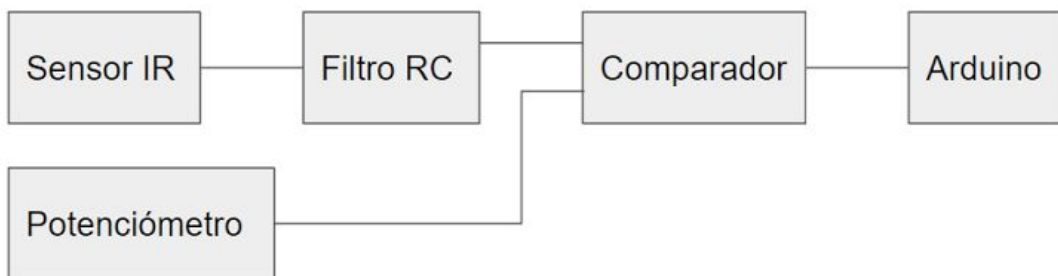
El término omnidireccional se refiere a que el robot se puede mover hacia cualquier dirección sobre una superficie plana, esto significa que sus movimientos pueden ser hacia adelante, atrás, derecha, izquierda o cualquier otro ángulo en referencia al robot y este desplazamiento se puede o no llevar con a cabo con giro, un ejemplo es que el robot puede moverse hacia delante y al mismo tiempo dar una rotación de  $180^\circ$ .

Comentario atendido.

- IV. Es necesario un diagrama general a bloques del sistema con los componentes RC, el comparador, los sensores, etc.

Muy buena recomendación.

**DIEGO:** Por favor haz un diagrama como el que sugiere el revisor. Lo puedes hacer en PowerPoint y luego lo exportamos para incluirlo en el documento final.



Recomendación atendida.

- V. ¿Cómo se decidió utilizar 8 sensores a  $45^\circ$  de distancia, ¿por qué no 6 sensores a diferente separación? Porque al no haber realizado un estudio de esto, los autores cuentan con un problema extra de diseño y control que ellos mismos mencionan tener: al explicar que los sensores alcanzan a detectar información de sus vecinos.

El tercer párrafo de la sección IV explica las razones por las que se están usando 8 sensores. Eso no significa que esta sea la única solución válida. Cualquiera que haya trabajado en un proyecto de diseño

de ingeniería sabe que la mayoría de las veces hay más de una solución válida y que por sentido práctico se elige una de las muchas opciones válidas sin necesidad de justificación adicional.

VI. ¿Qué tipo de sensor están utilizando: de reflexión o de barrera? Si es de reflexión entonces, ¿es posible que por esa razón se cuenta con problemas de reflexión de señal al colocar aluminio?

El sensor infrarrojo utilizado no es de “reflexión” ni de “barrera”.

**DIEGO:** En la sección III-A explica con tus palabras que el *sensor infrarrojo de proximidad* que se está usando es un sensor pasivo. No necesita emitir una señal para medir el rebote porque depende de la señal infrarroja que emite la pelota infrarroja, la cual sí es activa.

De los diferentes sensores capaces de percibir la luz infrarroja se utilizan sensores pasivos. Este tipo de sensores en lugar de emitir y captar luz, como muchos sensores lo hacen, solo la recibe y manda una señal eléctrica. Esto se da por la razón de que la pelota ya emite luz infrarroja y es innecesario que se emita.

Recomendación atendida.

VII. En la sección de experimentos de estimación de distancia no se entiende las ideas a causa de la redacción y la falta de información para su explicación.

Este comentario no es suficientemente preciso, por lo que nos basaremos más bien en los comentarios del revisor B, que sí hace sugerencias bastante puntuales.

VIII. ¿Por qué solo el sensor colocado “en frente” del robot puede determinar la distancia de la pelota? Supongo que al ser un robot de forma circular no hay frente y atrás. Por otro lado, es un error que sólo un sensor determine esa medida, ya que la pelota puede estar colocada en cualquier lado del robot, por ello, los autores decidieron colocar 8 sensores, pero con esta afirmación, no tiene caso tener los siete restantes ya que sólo uno es el encargado de detectar a qué distancia se encuentra la pelota. Favor de explicar, porque hay una terrible contradicción en esto. O la señal de cualquiera de los sensores es procesada con la del RC (evaluado solo con el sensor de enfrente?)

**DIEGO:** En la sección II agrega un párrafo que explique que el robot tiene un frente y cuál es el propósito de ese “frente”. En la sección IV explica por qué la diferencia de funcionalidad del sensor del frente con respecto a los sensores del resto de la periferia.

Como se puede observar en la imágenes del diseño de nuestro robot, a éste se le determina un frente para que dentro de la ranura mostrada se pueda ubicar la pelota y sea mejor su manipulación para ser desplazada de un lado a otro y mantenerla junto al robot.

**Cito un párrafo utilizado para informar de la funcionalidad de los sensores y después corrijo:**

“Para la primera versión de nuestra placa se utilizó el circuito mencionado anteriormente ocho veces, una por cada sensor que habíamos propuesto. La salida de la información era digital, es decir si el sensor ve o no la pelota. Se colocó un potenciómetro general para establecer el nivel del umbral a comparar con todos los sensores y no hubiera diferencia alguna. Además, otra salida de esta primera versión del circuito fue la señal analógica (Señal entre el circuito RC y el comparador) del sensor ubicado en el frente del robot, con dicha señal el CPU será capaz de conocer la distancia que existe entre la pelota y el sensor.

**Corrección:**

En la primera versión de nuestra placa se utilizó el circuito mencionado anteriormente ocho veces, una por cada sensor que se propuso. Se colocó un potenciómetro general para establecer el nivel del umbral a comparar con todos los sensores y no hubiera diferencia alguna entre los comparadores. La salida de la información de estos circuitos es digital, es decir si el sensor ve o no la pelota, solo sirven para saber la ubicación de ésta, esto limita al

robot al saber la distancia a la que se encuentra la pelota del robot. Por esta razón implementamos otra salida al circuito, esta salida es de señal analógica (Señal entre el circuito RC y el comparador) del sensor ubicado en el frente del robot, con dicha señal el CPU será capaz de conocer la distancia que existe entre la pelota y el sensor. Esto causa la restricción de que la pelota forzosamente debe estar al frente para que el robot la capte. Se decidió nada más aplicar la salida analógica al sensor del frente porque si se hubiesen aplicado al resto de los sensores volvería a la placa muy compleja y habrían más salidas hacia el Arduino. Las conexiones de los sensores se hicieron a través de conectores Molex al igual que la salida de la información y las líneas de alimentación.”

Atendido con algunas modificaciones adicionales.

**IX.** ¿Cuáles son las características de los sensores viejo y nuevo para hacer mediciones de la distancia? ¿Por qué solo se hicieron solo dos mediciones?

Al ser encapsulados tan pequeños los sensores no traen un identificador de número de parte. Desafortunadamente el proveedor que los vende en el centro tampoco tiene el número de parte. Por esa razón no nos es posible dar especificaciones técnicas precisas. Sólo sabemos que se venden como “sensores para control remoto”, y después de probar con varios tipos disponibles se eligió experimentar con los dos tipos que daban mejor resultado.

Respecto a la cantidad de mediciones, una hubiera sido suficiente. La segunda se agregó sólo para validar que el rango de variabilidad es pequeño y que por lo tanto la medición de distancia como una función del voltaje es confiable.

**DIEGO:** Favor de agregar un párrafo breve que explique a qué se refiere “sensor viejo” y “sensor nuevo”. Explica también de manera breve por qué se hicieron dos mediciones.

La lectura analógica de la distancia no era igual en todos los modelos del sensor infrarrojo. En el primer modelo utilizado se lograba un mejor alcance (sensor viejo), y en el segundo estaba más limitado su alcance y además su lectura aparentaba no ser monótona (sensor nuevo).

En la tabla se muestran dos mediciones de ambos modelos de sensor, en ella se están comparando cuál de ambas funciones es más confiable a la hora de programar. Se puede apreciar de que el “sensor viejo” tiene un mayor rango de distancia, además de presentar una función más lineal.

Recomendación atendida.

**X.** ¿Por qué las figuras 9 y 10 tienen diferentes escalas?

De verdad nos están preguntando eso?! De verdad?!

La diferencia de escala en el eje vertical es debido a que los rangos de voltaje son distintos en cada caso.

**XI.** ¿Cuál es la medición donde la pelota está lo mínimo de distancia al sensor y cual es lo máximo de distancia a la que los sensores pueden detectarla, se hicieron solo dos mediciones?

Como lo indica el eje horizontal de las gráficas en las figuras 9 y 10, la distancia mínima es 0cm (cuando la pelota está pegada al sensor) y la máxima en la gráfica es 200 cm. Aunque los sensores son capaces de detectar la pelota a mayor distancia, la aplicación no lo requiere. Debido a la construcción de la cancha (que se describe en la sección I) es suficiente poder estimar la distancia a la pelota a una distancia de 200 cm.

**XII.** En la Figura 10, ¿a qué se debe que, la Lectura 1, presente valores contrarios a la Lectura 2?

El revisor debe estar viendo una Figura 10 distinta a la Figura 10 que hay en el PDF que se envió. Las lecturas 1 y 2 de ninguna forma se contradicen entre sí. El hecho de que haya pequeñas desviaciones entre una y otra es algo natural que ocurre en todos los sensores y se llama “error de medición”.

**XIII.** ¿Por qué los autores hablan de “modelos” en la página 5, hay más? Explicar esta parte

**DIEGO:** Por favor aclara en el segundo párrafo de la página 5 que los “modelos” a los que se refieren son los mismos que se indican en las figuras 9 y 10.

**Listo, ya lo aclare en el comentario IX**

**XIV.** ¿Qué pasaría si la pelota queda pegada a la pared del robot, exactamente entre dos sensores? Entre más lejos este la pelota, más sensores la detectarían. Y si nos vamos a la segunda versión, donde una manguera cubre el sensor, ¿la pelota se perdería aún más entre dos sensores?

Es correcta la apreciación del revisor. Con el diseño actual hay puntos ciegos, y eso es una oportunidad de mejora para futuras versiones.

**DIEGO:** En caso de que el espacio alcance, agregar en las conclusiones un breve párrafo que hable sobre esta limitación.

Una de las restricciones que pueden causar la limitación de la direccionalidad es que se puedan presentar puntos ciegos entre los sensores. Esto será solucionado con una de las aplicaciones que se mencionara posteriormente llamada “umbral dinámico” donde se ampliará el campo de visión. En el caso de que quede en donde el robot no la pueda apreciar entonces por medio de programación se movera el robot para que pueda observar de nuevo la pelota.

Recomendación atendida.

**XV.** Los autores mencionan en la página 4 que los conectores Molex fueron “un problema” al reemplazar un sensor y después en la página 5 dicen que una mejora consistió en colocar un conector Molex para mayor facilidad del reemplazar. Favor de explicar correctamente sin contradecirse.

Es verdad que puede sonar contradictorio porque no se hace énfasis en el hecho de que en cada caso los conectores Molex estaban ubicados en lugares muy distintos.

**DIEGO:** Por favor indica en el último párrafo de la página 4 dónde estaban ubicados los molex que causaban problemas, así como en el último párrafo de la primera columna de la página 5 indica dónde se colocaron los molex para resolver el problema.

**Pero en el artículo si se menciona donde fueron conectados los molex para corregir la confusión se puede agregar el segundo párrafo:**

Otra mejora relacionada fue colocar Molex en la parte trasera del sensor, en lugar de conectar el molex a la placa, esto reduce los falsos y da una mayor facilidad en el reemplazo.

Recomendación atendida.

- XVI.** Es necesario que se mejore la redacción del artículo ya que se presta a confusiones, por ejemplo los autores mencionan: “A partir de los puntos de mejora previamente mencionados para la primera versión del circuito detector de pelota, se plantearon las soluciones que se detallan en las siguientes subsecciones.” Al leer el artículo, esas “mejoras previas” son puntos negativos de la primera versión no mejoras como se indica.

**DIEGO:** Favor de cambiar el término “puntos de mejora” por algo que sea más claro. Usa “oportunidades de mejora”. Haz una búsqueda en el documento para asegurarnos que cambiaste todos los lugares en donde se usa.

Recomendación atendida.

- XVII.** Los autores hablan de dos versiones del modelo de sensores, la primera tiene problemáticas y no es eficiente (y se reporta dicho hecho con el arreglo de sensores), por ello después viene la segunda versión. Y en las conclusiones mencionan que la primera versión cumplió con sus objetivos (que nunca fueron mencionados claramente) y que la segunda versión solo fue la implementación de la mejora de la primera.

El revisor está confundiendo dos cosas: por un lado dos modelos distintos del encapsulado del sensor, y por otro lado dos versiones distintas del circuito impreso. La conclusión a la que hace referencia tiene que ver con la versión del circuito y no con los modelos de sensor. Si hace una lectura cuidadosa podrá verse que la primera versión del circuito cumple con el objetivo fundamental. Eso no significa que no sea posible mejorarlo.

- XVIII.** Por último, el colocar mangueras alrededor de los sensores no es una forma adecuada de solucionar el problema, a menos que se demuestre lo contrario y peor aún que se ha decidido colocar un sensor extra externo al robot. En este caso, desde un principio no se ha hecho un estudio formal del número de sensores necesarios para cubrir la periferia del robot y la distancia de separación entre ellos. Resolver el problema de detección es primordial y debe ser explicado con los experimentos necesarios basados en teoría, no en suposiciones. El diseño de sensores está relacionado con el alcance de los sensores, es decir sus características, ¿por qué se decidió colocar los sensores en la parte media del robot y no arriba con inclinación o en la parte baja? También tiene que ver el diámetro de la pelota, la iluminación, las características de los robots, ¿cómo se moverá el robot? (que no es descrito de manera concreta y formal y se “adivina” cuando se lee más de una vez todo el artículo. Los autores solo le limitan al decir que es omnidireccional).

Este comentario es reiterativo y ya fue atendido anteriormente.

- XIX.** Se menciona que se está trabajando en mejorar la lectura y detección de la pelota, lo cual debió ser el objetivo de este artículo desde un principio puesto que el arreglo de sensores es precisamente para resolver esa tarea.

Nuevamente, el hecho de que se tenga una solución que satisface los objetivos planteados, y que funciona bien para la aplicación para la que fue diseñada no significa que no sea posible continuar mejorándola para futuras versiones.

**XX.** A pesar que el artículo parece presentar un orden adecuado al dividir los temas en el artículo, al leerlo, se encuentra con contradicciones, confusiones y explicaciones inconclusas. Por otra parte, el corazón (objetivo) del proyecto se pierde, no está descrito correctamente y pareciera que no se logró, dejándolo a futuros trabajos. La falta de experimentación formal del diseño del arreglo de sensores deja mucho que desear.

Gracias por sus opiniones, pero es claro que las confusiones del revisor se deben a razones que no están relacionadas a la calidad del trabajo.  
Preocupa el hecho de que sólo uno de los revisores en más de una ocasión admita que no entiende lo que lee, mientras que los otros sí entendieron muy bien. Si de verdad no pudo entender entonces con toda seguridad su evaluación no podrá reflejar adecuadamente la calidad del trabajo, y en ese caso debió haber solicitado que el trabajo fuera evaluado por alguien más.

## Revisor/a B:

En este trabajo se presenta un arreglo de sensores para la detección y cálculo de la distancia de pelotas que emiten rayos infrarrojos, parte de las características de una modalidad de la RoboCupJunior. En general el trabajo está bien escrito, las ideas y los métodos que se describen son claros y cumplen con los requisitos de la categoría Artículo-Junior. El trabajo es acorde con el conocimiento adquiridos por alumnos que cursan su educación preparatoria y/o primer año de universidad.

A continuación me permito hacer algunos comentarios y sugerencias que mejorarían el trabajo escrito, así como las aclaraciones y modificaciones que deben realizarse para que sea aceptado el trabajo.

1. En la introducción, no es necesario describir el propósito de la RoboCup, basta con dejar la referencia.

De acuerdo que no es indispensable. Sin embargo, en la introducción se acostumbra presentar el contexto dentro del cual se desarrolla el proyecto, y es prerrogativa de los autores decidir qué es importante presentar como contexto. Como autores del trabajo consideramos que el contexto del RoboCup es importante. Sin embargo, coincidimos en que, en caso de que el espacio disponible se vuelva limitado debido a la adición de elementos sugeridos por los revisores, lo más probable es que se recorte esta parte del propósito de RoboCup para ganar espacio.

2. En la misma sección, es irrelevante mencionar que la Universidad La Salle tiene un equipo llamado Cyberlords Juniors y que se dedica a desarrollo de robots omnidireccionales. Si se desea hacer una invitación al lector para que indague más sobre el tema, puede hacerse haciendo referencia a una URL en caso de contar con ella.

Misma respuesta que en el punto anterior.

3. En el último párrafo de la misma sección, se menciona que el problema específico es el desarrollo de un sensor, debe ser arreglo de sensores como se indica en el título y se demuestra en el trabajo.

De acuerdo, esa es la esencia del trabajo.

4. Es necesario hacer referencia a más trabajos en donde el objetivo sea similar (detección de objetos con infrarrojos). En un trabajo de investigación científica y/o desarrollo tecnológico, no es adecuado presentar solo referencias de trabajos presentados por el mismo grupo "Cyberlords". Esto resta objetividad y relevancia al trabajo.

Totalmente de acuerdo que dentro de lo posible hay que citar trabajos de otros grupos. Sin embargo, debe entenderse que el contexto en el que se desarrolla este proyecto es una competencia para menores de edad en la que existen pocas publicaciones científicas. Es altamente probable que este trabajo sea el primero que se publica en relación al desarrollo de un sensor para detección de pelotas infrarrojas. En la búsqueda inicial que se realizó no se encontró ningún trabajo relevante además de los trabajos que ha realizado el mismo grupo en años anteriores, que se refieren al diseño general de los robots.

**DIEGO:** Por favor haz una nueva búsqueda para ver si encuentras algo relevante. Busca en Google y en ieeexplore.org con los términos de búsqueda siguientes: "robocup junior soccer infrared sensor". Pásame los links de lo que hayas encontrado para que yo descargue los correspondientes PDFs. Si no hay artículos científicos a lo mejor al menos encontramos el blog de algún equipo que haya trabajado en el mismo problema. Los españoles del equipo Complubot son los que originalmente nos sugirieron usar sensores de control remoto para detectar la pelota. Googlealos también para ver si ellos tienen algo que se pueda citar.



**Busque pero la mayoría de los trabajos hacían referencia al sensor de Mindstorm, leí algunos pero no me parecieron muy relevantes para el trabajo.**

OK, si no existen trabajos relacionados entonces no hay más que podamos hacer. Se agregó sólo la referencia a la página del sensor comercial de Hitechnic.

5. En el último párrafo de la sección III-A, la idea en el enunciado “la intensidad decrece monotónicamente conforme aumenta la distancia (en relación cuadrática inversa) esto significa que la duración del pulso crece monotónicamente con respecto a la distancia” es repetitiva, además de que tiene tres errores de escritura, monotónicamente debe ser monotónicamente, conforme debe ser conforme, distacia debe ser distancia.

**DIEGO:** Favor de arreglar la redacción y ortografía del último párrafo de la sección III-A.

la intensidad decrece monotónicamente conforme aumenta la distancia (en relación cuadrática inversa) esto significa que la duración del pulso crece monotónicamente con respecto a la distancia

Recomendación atendida.

6. En la sección III-C se requiere indicar los valores del umbral de detección.

**DIEGO:** Es posible determinar el valor exacto de esos umbrales? O debido al hecho de que se especifican por medio de un potenciómetro sólo se puede conocer el rango de valores posibles? Si es así por favor especifica el rango. Si conoces el valor preciso por favor indícalo.

**El dato que nosotros usábamos en el potenciómetro era una constante de 3 V. Ese umbral nos ayudaba a determinar cuando solo un sensor veía la pelota porque un umbral mayor a una distancia cercana robot-pelota provocaba que dos o más sensores la captarán, y un umbral menor provocaba que ya ninguno fuera capaz de verla a una distancia lejana. 3 V era como un dato medio que disminuye el error de medición.**

OK, recomendación atendida.

7. La sección III-D no debe considerarse una subsección, solo es un párrafo que bien puede incluirse como parte de otra sección.

De acuerdo con este comentario.

**DIEGO:** Por favor integra las secciones III-D y III-E. Explica lo del “LED indicador” como parte del “Circuito esquemático”

Recomendación atendida.

8. En la sección V se indica que en los experimentos se utilizaron dos tipos de sensores distintos, refiriéndose a ellos como sensor viejo y sensor nuevo. Es necesario aclarar las diferencias y justificar los experimentos y la comparación de los resultados.

Ver respuesta al punto IX del revisor A.

9. En las gráficas que se muestran debe indicarse el significado del eje de las ordenadas.

A un lado del nombre de cada una de las lecturas está indicado de manera abreviada las unidades (V), el valor en Volts está indicado a la izquierda del eje vertical.

10. Los resultados que se presentan solo indican la apreciación de una relación monótonica, la cual es sabido por el tipo de sensor elegido. ¿Que se desea demostrar con eso? ¿Es posible obtener la ecuación o fórmula matemática que describe esa relación? ¿Qué desventajas o ventajas tiene un tipo de sensor con respecto al otro?

El que la relación sea monótonica implica que la función es “uno a uno”. Es decir, que para cada voltaje hay una y sólo una distancia, por lo que el voltaje se puede usar para estimar la distancia.

**DIEGO:** Hay que agregar un párrafo en la sección VI, después de las dos gráficas, por qué es importante que la relación entre voltaje y distancia sea monótonica. Algo muy breve, unas tres líneas debe ser suficiente.

Es importante que el voltaje sea monótonico con la distancia, nos referimos a que cada voltaje que sea referido por el sensor sea correspondiente a una distancia. Esto facilita la creación de una función capaz de calcular la distancia con el voltaje entregado por el sensor.

Recomendación atendida.

11. En la sección VIII-C párrafo 1, se habla de experimentos previos y de la baja confiabilidad de la estimación de la distancia. Es necesario describir los experimentos y el análisis que se realizó para llegar a esa conclusión, la cual conlleva a agregar un sensor adicional.

**DIEGO:** Tal vez aquí valga la pena utilizar los datos de medición de voltaje que hicieron sobre la retícula polar. Voy a buscar los datos que capturaron ustedes para incluir al menos la gráfica y dar soporte a lo que nos sugieren aquí.

**Pendiente hasta ver si el espacio disponible en el artículo es suficiente para esta adición sin exceder el límite de 6 páginas.**

12. En la misma sección VIII-C párrafo 2, se indica que se está considerando el uso de un sensor adicional. ¿Acaso no se ha implantado? Es necesario aclarar esta idea, si fue implantado, el arreglo es de 9 sensores y no de 8 como se planteó originalmente, si no ha sido implantado el párrafo debe considerarse como trabajo a futuro.

Efectivamente, lo que se menciona en la sección VII-C es una propuesta para una futura mejora al arreglo de sensores, que no ha sido implementado.

**DIEGO:** Movamos toda la sección VII-C a la sección de conclusiones, indicando que es una propuesta para trabajo futuro. Trata de condensar esos dos párrafos de tal forma que se pueda decir esencialmente lo mismo en 1/3 del texto actual.

**ACTUALIZACIÓN:** Ve el comentario 15.

13. En la sección VIII-D último párrafo. No está claro si se sustituyó el circuito divisor de voltaje para establecer el umbral. En caso de que se haya instalado hay que agregar los resultados correspondientes, en su defecto hay que incluirlo como trabajo a futuro.

Es correcta la apreciación. Esto también es una propuesta para trabajo futuro.

**DIEGO:** Mismo comentario que en el punto anterior. Trata de condensar lo más posible lo que se dice en la sección VII-D para que la movamos a las conclusiones como “trabajo futuro”.

**ACTUALIZACIÓN:** Ve el comentario 15.

14. Las conclusiones deben ser acordes con los objetivos planteados. En esta sección se debe indicar si se ha o no cumplido con dichos objetivos. Solo se indican con respecto a la primera versión, pero no se hace mención a la segunda versión.

**DIEGO:** Por favor, agrega un párrafo que indique cómo es que la segunda versión del circuito cumple también el objetivo fundamental de este trabajo. Toma en cuenta que el objetivo se describe en el último párrafo de la introducción:

“El problema específico al que se enfoca el presente artículo de investigación es el desarrollo de un sensor que permita al robot omnidireccional detectar la presencia de la pelota infrarroja alrededor de su periferia, así como estimar la distancia a la que se encuentra de la pelota.”

**ACTUALIZACIÓN:** Ve el comentario 15.

15. Para que este trabajo sea aceptado, es indispensable que se indiquen los resultados obtenidos después de las modificaciones realizadas a los sensores para la detección y cálculo de la distancia de la pelota, ya que los resultados presentados se refieren a la primera versión, la cual tiene varias deficiencias y se entiende que ese enfoque no va a ser utilizado en el futuro.

**DIEGO:** En vista de que la mayoría de las ideas de la sección VII finalmente no se implementaron, sino que se hicieron otro tipo de mejoras, convirtamos la sección VII completa en una sección de “trabajo futuro”. Por favor condensa lo más posible cada una de las subsecciones actuales de la sección VII, y agrega las subsecciones adicionales que consideres necesarias para describir las ideas que finalmente quedarán implementadas para los robots que van a presentar en la competencia del próximo mes. Los comentarios 12 y 13 quedan atendidos con este otro comentario.

#### TRABAJO FUTURO PARA LA SEGUNDA VERSIÓN DEL PCB

Al probar la primera versión del circuito se encontraron los siguientes puntos de mejora:

- Los conectores que se utilizaban creaban muchos falsos contactos al conectarse con la placa, ocasionando que los sensores no captarán la información o no poderla mandar. Los mismos conectores molex eran un problema cuando se necesitaba un reemplazo de sensor, porque al ser tan largos los cables se entrelazan entre ellos.
- Los cables utilizados para enviar los datos de la placa al CPU eran demasiados cuando solo es necesario que un sensor la capture. Así mismo, se pudo observar que todavía había casos donde dos o más sensores captan la pelota, lo que significaba que reflejar la luz no era muy buena idea. Muchas veces funcionaba bien pero en otras se comprobó que reflejaba por dentro provocando que varios sensores captan la presencia de la pelota.
- La estimación de distancia basada en el voltaje analógico de salida no era uniforme en todos los modelos del sensor infrarrojo. En el primer modelo utilizado se lograba un mejor alcance (sensor viejo), y en el segundo estaba más limitado su alcance, además de que su lectura aparentaba no ser monótona (sensor nuevo).

A partir de los puntos de mejora previamente mencionados para la primera versión del circuito detector de pelota, se plantearon las soluciones que se detallan en las siguientes subsecciones.

#### Mejorar direccionalidad de sensores infrarrojos

Se tuvo la idea de que en vez de reflejar la luz para evitar complicaciones sería mejor aislar al sensor completamente con la excepción de una ranura por donde este sería capaz de detectar. Se compararon varios materiales, como tubos de PVC, polietileno, distintos tipos de mangueras, entre otros, para observar cuál era aquel que aislaba mejor la luz en general. Se comprobó que con un tipo grueso de manguera negra la cantidad de luz que lo atravesaba desde direcciones no deseadas era casi nula, mejorando de esta forma la direccionalidad. En la Fig. 11 se puede apreciar el resultado de usar la manguera negra para aislar el sensor.

Otro caso sería omitir la forma de que sean aislados los sensores, es decir que su vision no sea obstruida por nada. Al hacer esto implicaría que dos o más sensores verían la pelota. Est

#### Codificador para reducir número de líneas

En la primera versión del PCB había una línea digital de salida por cada uno de los ocho sensores. Sin embargo, bajo una operación normal solo una de las líneas deberá indicar un 1 lógico, correspondiente al único sensor que si detecta la pelota, y todas las demas deberian indicar 0. Por ejemplo, digamos que el sensor del frente (sensor número 1) detecta la luz, en ese caso el PCB original enviará líneas de 00000001, ocho digitos binarios, uno por cada sensor, y por lo mismo uno por cada cable. Si la pelota estuviera detrás del robot (sensor numero 5) la informacion se transmitirá en líneas de 00010000. Estos ejemplos dejan ver que se están utilizando demasiados bits cuando se pueden usar todavia menos. Para que sean menos datos, se propone usar un codificador que reducirá el número de líneas. Dado que cuando mucho habrá uno de los sensores a la vez que detecte la pelota existen nueve casos posibles, lo cual se puede codificar con solo cuatro digitos binarios, y en consecuencia cuatro líneas digitales de salida del arreglo de sensores.

#### Umbral de detección dinámico

Durante las pruebas de la primera versión del circuito de detección de pelota infrarroja, se pudo apreciar que se presentaban los siguientes dos casos:

En algunas ocasiones el robot no detectaba la presencia de la pelota en ninguno de los sensores, a pesar de que la pelota estaba en la cancha.

El robot detectaba en mas de un sensor la presencia de la pelota, ya que algunas veces la luz infrarroja rebota en las paredes de la cancha, reflejándose en sensores de presencia de otra dirección.

La limitante que causa este problema es el umbral establecido en el potenciómetro trabajando como divisor de voltaje. Al ser un valor fijo, se cae en el riesgo de que el valor quede demasiado corto y solo detecte la pelota cuando esté muy cerca, o que el umbral quede demasiado amplio, que llegue a detectar la pelota en varios sensores de presencia.

Para resolver este problema se tuvo la idea de sustituir el circuito divisor de voltaje para establecer el umbral, y utilizar una salida analogica programable de la computadora principal, la cual permitirá variar de forma dinámica el umbral, condicionando su comportamiento hasta que se detecte la pelota en un solo sensor de presencia, reduciendo el umbral si es que varios sensores de presencia la están detectando, y ampliando el umbral si es que ningún sensor de presencia la detecta.

Recomendación atendida.

## Revisor/a C:

El trabajo muestra el desarrollo de un sistema infrarrojo para la detección de una pelota por parte de un robot. El trabajo tiene suficiente mérito en cuanto a que incentiva el desarrollo de habilidades en el campo de la electrónica y programación. Sin embargo, debe de mejorarse y sintetizarse la forma en que los autores presentan su metodología y resultados. También debe de realizarse una revisión exhaustiva de la redacción del trabajo.

1. Más que una metodología el trabajo muestra una narración de cómo se desarrolló y probó el sistema de detección. Se sugiere sintetizar la metodología y especificar que el trabajo consistió en probar el rango de detección del sensor infrarrojo, y entrar en detalle en el procedimiento seguido para reducir el rango de detección (aluminio y material opaco). Después especificar el desarrollo de sistema infrarrojo, haciendo únicamente mención de la última versión de la tarjeta electrónica desarrollada. Y detallar la forma en la que se probó el funcionamiento del sensor de forma cuantitativa.

Coincidimos en que la organización que se propone en este comentario sería una buena forma de presentar el contenido del artículo, de la misma forma que probablemente haya cuatro o cinco formas distintas de organizarlo, y todas ellas son válidas.

La evolución histórica del diseño, que es la forma en que se presenta este trabajo, permite presentar las decisiones de diseño que se tomaron en el camino, y permite ver que no se llegó al diseño actual mágicamente, sino que involucró un proceso de prueba y error. El valor científico del trabajo es importante, pero también es importante el valor ingenieril que se encuentra en el proceso más que en el resultado.

2. Se sugiere expresar el funcionamiento del sistema de detección infrarrojo por medio de una curva de tipo ROC (Receiver Operating Characteristic). El sistema clasifica si una pelota se encuentra dentro del rango de alguno de los sensores, después se detecta la orientación del robot con la pelota conociendo el sensor que es activado, y después se estima la distancia del sensor a la pelota. Todo esto depende de un nivel de voltaje de referencia el cual es ajustado con un potenciómetro. El sistema tendrá un diferente grado de sensibilidad (capacidad para detectar la pelota, en un rango de distancia de proximidad aceptable, en el sensor infrarrojo correcto) y especificad (capacidad para no detectar la pelota, si esta no se encuentra en un cierto rango de distancia de proximidad, y/o en el sensor infrarrojo incorrecto), dependiendo del nivel de voltaje de referencia. Se sugiere calcular los verdaderos positivos (número de veces en las que el sistema detectó con el sensor infrarrojo correcto, la pelota a una distancia aceptable). El número de verdaderos negativos (número de veces en las que el sistema no detectó la pelota de forma correcta, es decir que la pelota no estuviera a una distancia suficiente para ser detectada y que por ende ningún sensor se activará). El número de falsos positivos (alguno de los sensores o varios se activaron, cuando la pelota no estuviera a una distancia de detección). Y el número de falsos negativos (ningún sensor se activó a pesar de que la pelota se encontraba en distancia de detección). Todo esto con diferentes niveles de voltaje de referencia. Esto dará un panorama del mejor voltaje de referencia, para tener una mayor probabilidad de encontrar la pelota, y a la vez indicará cual es la exactitud del sistema para detectar la pelota, con este nivel "ideal" de voltaje.

Muy interesante propuesta para implementarse en un trabajo futuro. Se la daremos a alguno de los estudiantes para que lo estudie y busque la forma de usarla para mejorar la detección de la pelota. Sin embargo, claramente no es algo que sea factible de implementarse en tan sólo 7 días disponibles desde que se recibieron los comentarios hasta la fecha límite para enviar correcciones.

3. Leer varias veces el trabajo ya que se pueden encontrar errores simples de corregir, como los siguientes: “(filtros, demoduladores, etc.), y entrega a su salida un pulso digital cuya la duración decrece”. “monotoninicamente confomre aumenta” “de la pelota al rededor del robot.”

**DIEGO:** Favor de atender este comentario, que coincide con lo que piden los otros dos revisores. (comentario 5 del revisor B, y comentario 11 del revisor A).

Recomendación atendida.