

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo trata sobre las pruebas reales que se debió someter el robot para determinar si su función lógica respondería de la misma manera. Como todos sabemos, la lógica nunca será suficiente cuando se implemente en un campo en la vida real y se tienen que corregir ciertos aspectos que se pensaban que funcionarían correctamente. En algunos casos, algunos problemas podrán tener una solución fácil, mientras que otros serán imposibles de resolver. Por eso es que se detallan igualmente este tipo de situaciones que hicieron la lógica un poco más complicada de lo que inicialmente era para poder tener una respuesta similar de lo que se esperaba.

4.2 PRUEBA EN LABERINTO

Como primera prueba del prototipo terminado, después de haber observado la reacción de los motores cuando un obstáculo se acercaba a los sensores, y ver que su respuesta lógica era la correcta en una posición en la que el móvil no pudiera desplazarse, se procedió llevar al robot a un ambiente más parecido a lo que se tenía previsto. Se empezó por someter al robot a una caja de cartón con forma cuadrada, con su parte inferior cubierta, que tuviera dimensiones suficientes para que pudiera hacer sus tres diferentes maniobras de avance y dar vueltas en su eje central para

poder esquivar los obstáculos sin tener que colapsar con alguno de ellos. Se corrieron las primeras pruebas y con anterioridad se había observado que uno de los motores giraba más rápido que el otro cuando el móvil no tocaba suelo. Esto se debe a que los engranes que se utilizan son de plástico, y al hacer fricción entre engranes corren un grave riesgo de que se rompan fácilmente. Roto el engrane ocasiona que la caja de engranes sufra un pequeño trabamiento, ya que sus dientes no se alinean perfectamente. Obviamente eso presentaba problemas cuando el motor quería romper la inercia ocasionando una velocidad más reducida, un frenado repentino, y en ciertas ocasiones, un atascamiento total del motor.

Como al principio no se contaba con otro engrane para poder sustituirlo con el dañado, se siguieron haciendo pruebas tratando de corregir este tipo de problemas mediante la lógica de programación. Se pensó que si se aumentaba el ciclo de trabajo ligeramente podría por lo menos tener la suficiente fuerza para poder romper la inercia, y así lograr que el motor no se atascara. Se probó con un ciclo de trabajo de 25% que arrojó mejores resultados, pero aún así se presentaban problemas al hacer giros en su propio eje del lado del engrane dañado, realizando en algunas ocasiones un giro como punto central la rueda que contenía dicho engrane, como se muestra en la figura 4.1. Otro problema que surgió tratando de romper la inercia era que el móvil era capaz de detectar los obstáculos, pero gracias a la velocidad que llevaba, no le daba tiempo de realizar la siguiente maniobra con tiempo y chocaba contra ellos. Se optó por reducir su ciclo de trabajo a 22%, lo que hacía que el problema de giro surgiera con más frecuencia, pero lograba romper la inercia en el avance sin colisionar contra un obstáculo. También para reducir errores se intencionaban las pruebas para

que el móvil girase en contra de las manecillas del reloj para que no hubiera muchos problemas al estar realizando las pruebas.

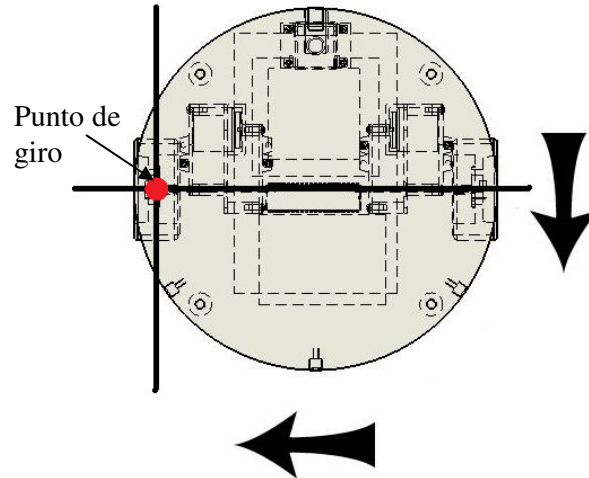


Fig. 4.1 Situación presentada por problemas de atascamiento.

Continuaron las pruebas, llevándolo a un área de mayores dimensiones con una forma rectangular. Para realizar esta área de trabajo se unieron dos cajas del mismo tamaño, cada una con su parte inferior de manera que se pudiera lograr una superficie lo más plana que se pudiera con ellas. Al unir las cajas se formaban pequeños relieves de superficie más baja que la normal creando un vado que se presentó como un obstáculo más para el móvil que no fue previsto. Cuando el móvil pasaba por este obstáculo, reducía su velocidad sin tanta importancia, pero cuando éste trataba de hacer una maniobra en la que estuviera detenido, el móvil quedaba estancado completamente sin posibilidades de moverse.

Se consiguió cambiar el engrane dañado eliminando el problema que tenía el móvil al girar en sentido de las manecillas, pero se seguía presentando el problema de superficies más bajas, ya que se unieron más cajas para hacer el área de trabajo más

grande y esto ocasionó un mayor número de vados en los que el móvil quedaba atorado completamente. Como se había observado, la solución no sólo era aumentar su ciclo de trabajo, ya que esto ocasionaba una inercia a la que el móvil no podría detenerse con facilidad, estrellándose contra los obstáculos. Para resolver esto, se pensó en la última solución que resolvió los problemas de inercia y de estancamiento. Se utilizaron dos ciclos de trabajo diferentes siempre que el móvil requiriera un cambio de maniobra. Este ciclo de trabajo es limitado por un tiempo para darle un mayor torque a los motores y poder romper la inercia. Después de este tiempo, el ciclo de trabajo volvía a la normalidad hasta que otra maniobra fuera requerida. Se empezaron a hacer pruebas de estos distintos ciclos de trabajo, llegando al tiempo y ciclo de trabajo necesario para que el móvil no tuviera problemas en romper la inercia y liberarse de los pequeños relieves.

Ya resueltos los problemas de estancamiento se realizaron pruebas de situaciones que se podían presentar en el laberinto como colocar más bordes, haciéndolas parecer distintos cuartos a recorrer. Se presentó un nuevo problema en el que el robot se quedaba ciclado cuando exactamente quedaba enfrente de una esquina en donde 3 o los 4 sensores encontraban un obstáculo. En el capítulo 3 se dio a conocer cuáles eran las rutinas para hacer una maniobra y qué sensores la metían y sacaban de ella. Pero en la prueba física se pudo observar el detalle que a veces 3 sensores quedarán obstruidos por un obstáculo, haciendo que el móvil quedé atrapado sin poder encontrar solución. Entonces se recurrió a cambiar la lógica, encontrando una solución que hará que si se encuentra en este estado salga sin problema alguno. Tan sólo depende de una modificación de rutina, dándole así prioridad de giro hacia un lado cuando tope perfectamente con las esquinas del laberinto.

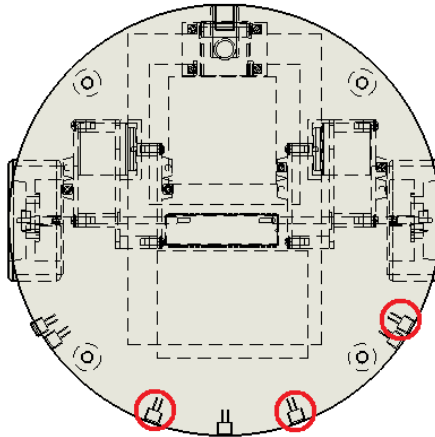


Fig. 4.2 Sensores involucrados en giro en sentido de las manecillas.

Como se puede ver en la figura 4.2, sólo se involucran tres de los cuatro sensores, ya que con esto es suficiente para librar la esquina cuando el móvil quede perfectamente posicionado en éstas, como se muestra en la figura 4.3. Lo que hace la rutina es que en vez de que sólo pregunte por los sensores que lo metieron a esa, pregunte por un tercer sensor, asegurando que sí se encuentra en una esquina, y que debe de proseguir con la maniobra en la que se encuentra hasta estar este último libre. Se da el caso en el que gire primero en contra de las manecillas del reloj, liberando los dos sensores correspondientes y obstaculizando uno o los dos sensores restantes que meterán al robot a la rutina de giro en sentido de las manecillas, librando en este paso el obstáculo. En raros casos se da esta situación de que tres o los cuatro sensores se vean involucrados en un obstáculo, pero ésta es una de las posibles soluciones para que no se cumpla este estado.

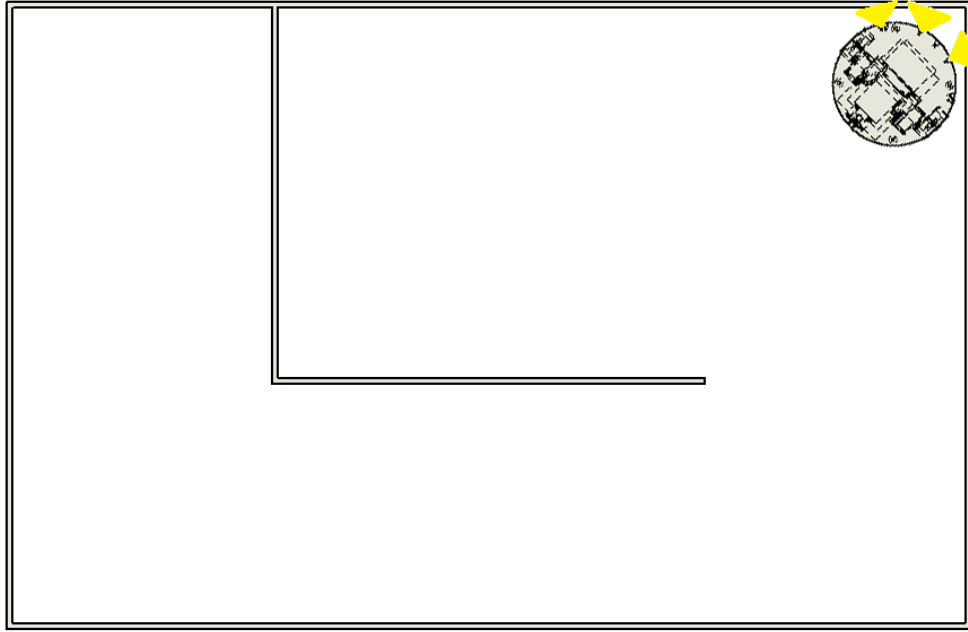


Fig. 4.3 Situación de obstrucción de 3 o más sensores.

Otro factor que se corrigió fue el ciclado de una misma rutina. Se diseñó un algoritmo que, si el robot girara hacia un mismo sentido 10 veces, éste realizará una maniobra forzada que probablemente lo saque del ciclo en el que se encuentra. Para esto, se agregó un contador de vueltas que es decrementado e incrementado si los sensores de lado izquierdo o derecho detectan un obstáculo respectivamente. Para lograrlo, la variable contador se inicializa en 10 y se observan dos niveles, si la variable llegó a 0 ó 20. Al dar una vuelta en sentido de las manecillas, la variable aumentará un nivel. Si diera una vuelta en contra de las manecillas, la variable decrementará un nivel. En tanto se mantenga en un rango entre 0 y 20, el robot actuará de forma normal. Si sobrepasa estos límites, el robot girará en sentido de las manecillas por 3 segundos sin importar que sensor esté detectando obstáculo. En la figura 4.4 se muestra la lógica del programa final para esquivar obstáculos.

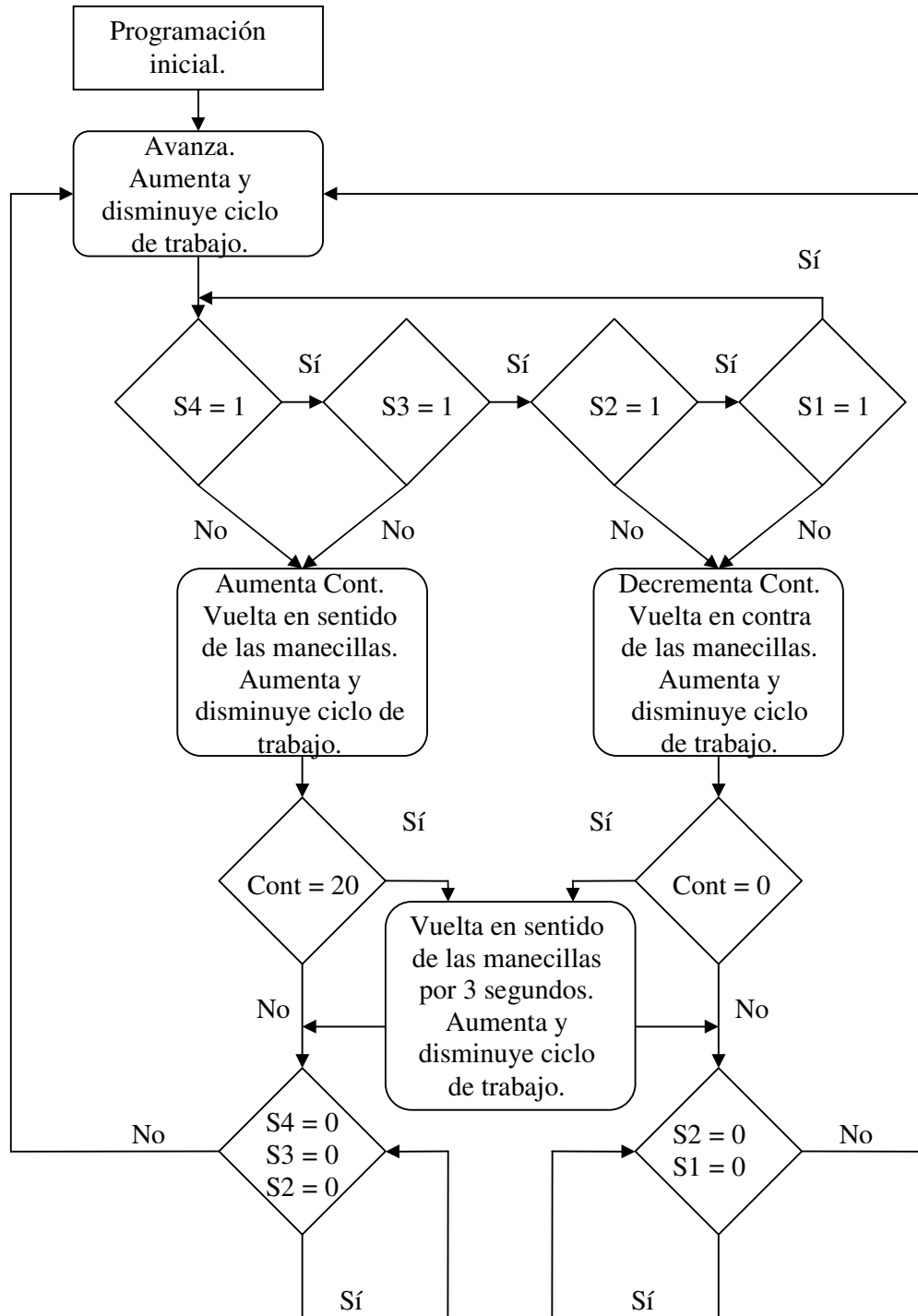


Fig. 4.4 Diagrama de flujo para correcto funcionamiento con obstáculos.

4.3 PRUEBAS DE BÚSQUEDA DE FUEGO

Una vez que se caracterizaron los sensores que midieran a una distancia significativa la fuente de fuego, se continuó probando el prototipo con la lógica de ambos sensores que agrega tres condiciones más al programa principal. Al ir esquivando los obstáculos correctamente, el robot a su vez va buscando si existe alguna fuente de fuego dentro del rango de visión que se mencionó en el capítulo 3. Como se sabe, por muy perfectos que sean los motores y la relación que exista entre engranes, un motor siempre girará más rápido que otro. Así cuando el robot esté avanzando hacia delante, el móvil tenderá a inclinarse más hacia un lado si no tiene cómo orientarse. Igual pasa con el giro en su mismo eje, haciendo que éste no gire perfectamente en su centro. Éste fue el primer problema que se tuvo al estar buscando la flama, ya que cuando el robot detectaba en cualquiera de sus sensores el objetivo, éste se orientaba con un cierto porcentaje de error.

Supongamos que el sensor de en medio, con su vista limitada hacia el frente y sus 20cm de distancia de sensado detecta el objetivo. La lógica nos dice que si se sigue derecho, haciendo a un lado los demás sensores, el robot tarde o temprano estará perfectamente frente a la flama, haciendo funcionar al sensor central que detecta a corta distancia para que el robot se detenga completamente. También podemos suponer que si un sensor lateral detecta con su visión más completa a una distancia de 20cm, el robot girará en el sentido que haya sentido la presencia de fuego hasta que haya pasado por el sensor medio. Desgraciadamente esto no sucede así, ya que nunca podrá avanzar perfectamente en una línea recta ni mucho menos dar una vuelta perfecta en su eje.

Al observar como trabajaba el robot, se pudo notar que éste tendía a inclinarse más a la derecha. Estando en un estado de recorrido aleatorio esquivando obstáculos no es mucho problema, ya que no se tiene que alinear perfectamente para poder esquivarlos, sólo evadirlos si se presenta alguno. Pero si se requiriera centrar algo, necesitamos algo que ayude a orientar al robot. Es por eso que como anteriormente se había mencionado, cada sensor había sido caracterizado individualmente. Un sensor lateral, que pueda encontrar a una distancia inferior la vela en comparación al sensor central pero con un ángulo mayor de visión, sirve para cuando el robot se esté centrado, esperando a que dé una señal en alto el sensor de en medio. Si se llegara a tener un por ciento de error en el giro y éste se alejara algunos centímetros de la vela, el sensor central todavía podría captarlo, ya que sensa con una distancia mayor como se muestra en la figura 4.5.

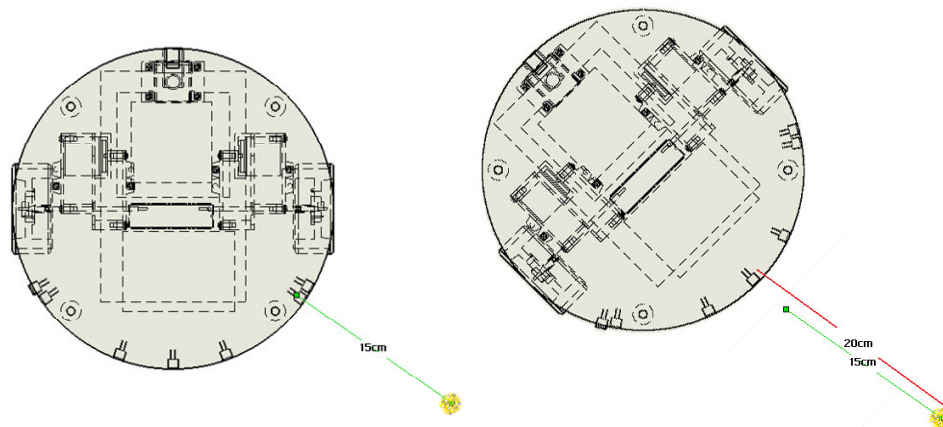


Fig. 4.5 Posible caso de apartado de vela a causa de un giro asíncrono.

En la lógica, al detectar el sensor central a mayor distancia iba a una rutina en la que sólo esperaba la señal del sensor central de corta distancia, entrando el sensor de mayor rango en un estado de no-importa. Entonces existe un umbral en el que el

microcontrolador no recibe ninguna señal importante, sólo está en espera del sensor final para continuar con su rutina de combate. En este instante, el sensor de mayor rango podía perder de vista el objetivo sin notificar al microcontrolador, y así poder avanzar sin necesidad de estar acercándose en línea recta. Ya que se acercaba al objetivo, el sensor no lo visualizaba porque se había movido unos grados a la derecha, lo que ocasionaba que se estrellara con la vela.

Ahora, ¿cómo lograr que el robot corrija un avance no recto? Como se había identificado con anterioridad que el robot tendía a irse levemente a la derecha, se recurrió a crear otra rutina que pudiera corregir este caso si éste no avanzó como se esperaba. Para eso, nunca se deja a un lado el sensor de mayor rango, preguntando siempre si éste todavía sigue visualizando el objetivo. Si llegara a perder la vela, entonces el sensor alertaría al microcontrolador y éste llamará a la rutina de corrección. La rutina de corrección lo único que hace es rotar en contra de las manecillas para que el móvil se alinee nuevamente con el sensor de mayor rango hasta que el sensor vuelva a visualizar la vela. Cada vez que se pierda este sensor se meterá a la rutina hasta que el sensor de menor rango haya encontrado la fuente, y así poder detener al robot y empezar con el extinguido del fuego.

Se planeaba que el robot fuera capaz de encontrar su objetivo, combatirlo y seguir buscando más fuentes de fuego, pero como el sistema de combate contra fuego no es muy óptimo, se decidió que el robot sólo encontrara su objetivo y que se detuviera completamente encendiendo el mecanismo, como se propuso inicialmente. Se empezó por probar sólo el ventilador, el cual sólo reducía la intensidad de la vela sin poder apagarla. Después se pensó en concentrar el aire con un cono recortado en

su punta, para que soplara en un punto sin esparcir el aire y éste tuviera más potencia. Esto igualmente no funcionó ya que se notó que el aire estaba siendo rebotado y saliendo con más intensidad por donde igualmente se extraía. Se probó poniendo la vela enfrente de donde extraía el aire, tapando completamente el cono, y fue capaz de apagar la vela con mejores resultados, aunque algunas veces demoraba más en apagarla. Por último para optimizar la extinción de la vela, se optó por ponerle una aleta, que lograba dar un impulso más fuerte al aire y extinguir el fuego con mejores resultados. En la figura 4.6 se muestra el diagrama de flujo final para el detectado de la flama. Cuando el microcontrolador manda la señal de activación del mecanismo para extinguir el fuego, se inicia un contador de tiempo para que el mecanismo se apague después de 10 segundos para que pregunte si el robot apagó la flama. En dado caso que el robot no haya apagado la fuente de fuego, el microcontrolador enviará la señal nuevamente para activar el mecanismo hasta que el fuego sea extinguido.

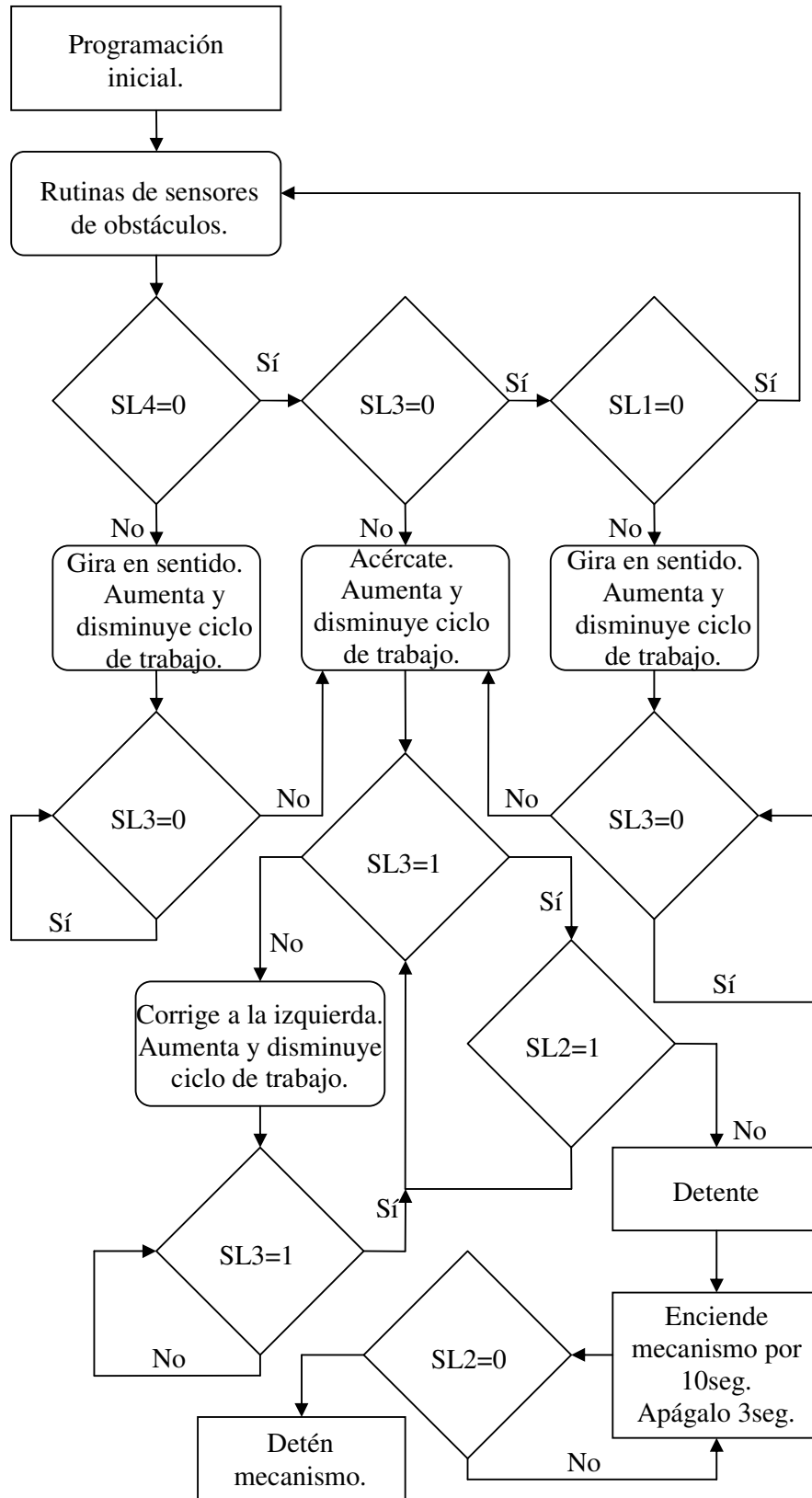
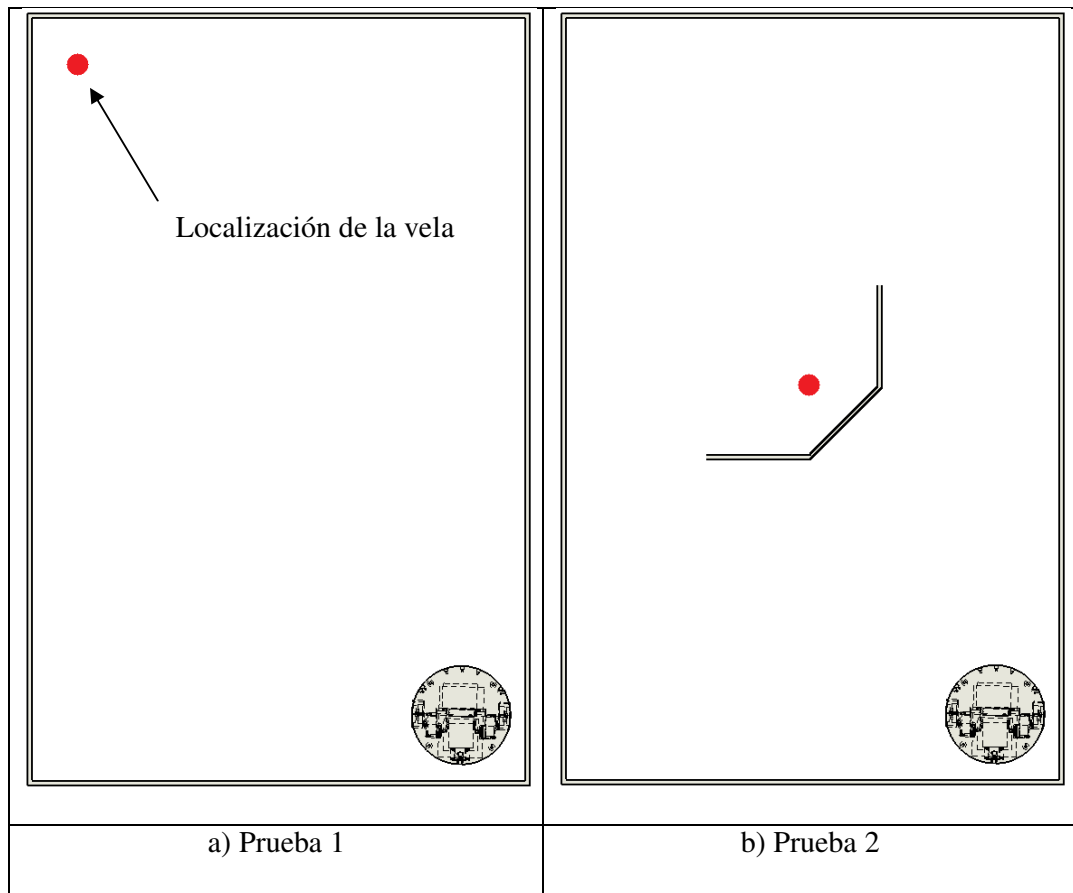


Fig. 4.6 Diagrama de flujo para correcto sentido de luz.

Por último se sometió el robot a 5 diferentes configuraciones del área de trabajo. La búsqueda en cada una de las configuraciones se realizaron 10 veces con el propósito de tomar tiempos para observar el desempeño del robot. En la figura 4.7 podemos ver la posición inicial del robot y la posición de la vela de las cinco distintas configuraciones que se utilizaron para probar el robot.



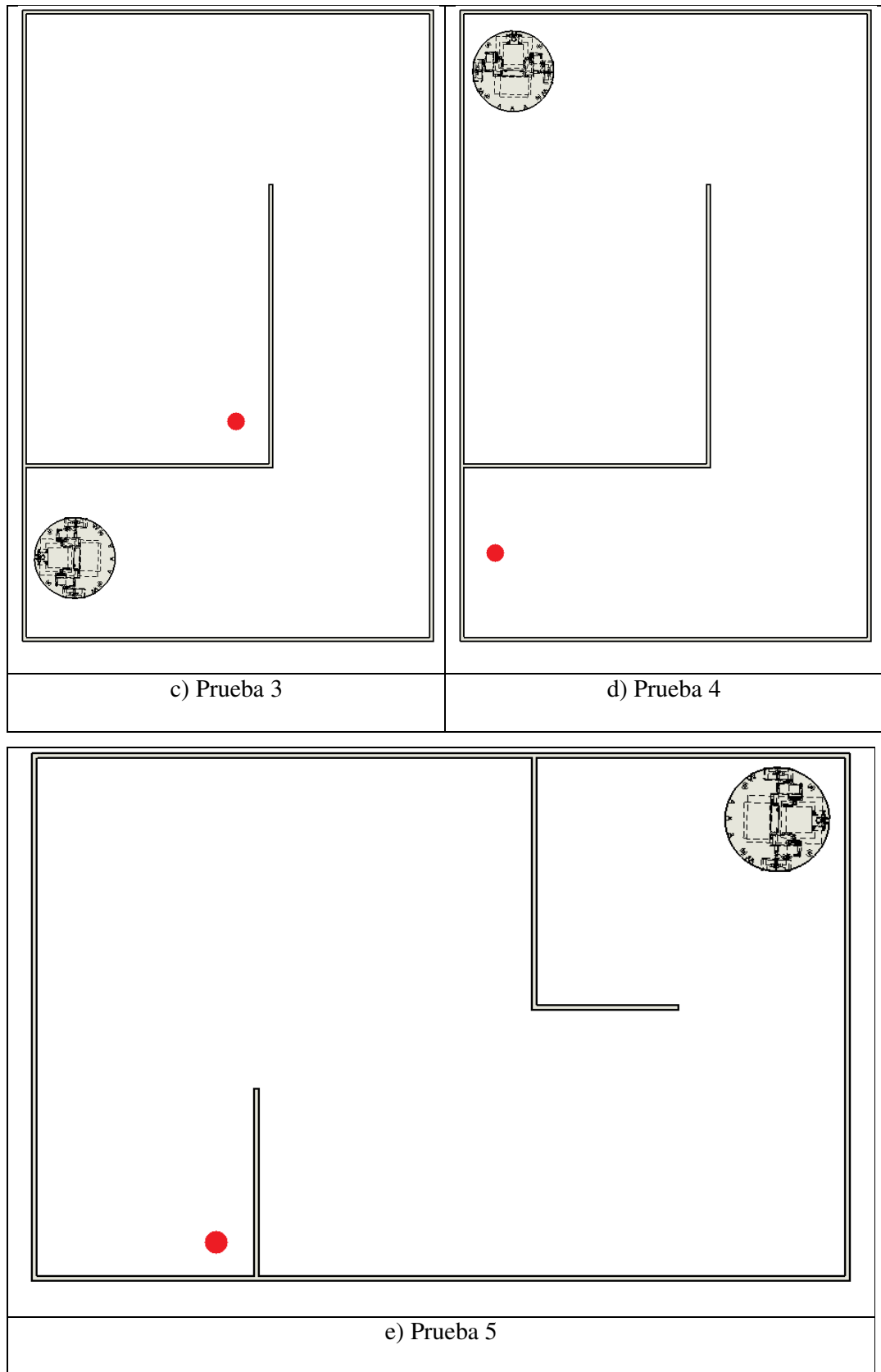


Fig. 4.7 Distintas configuraciones del área de trabajo.

A continuación se muestra en la tabla 4.1 los resultados del tiempo en que tardó en extinguir dicha flama.

	Tiempos (s)									
	Tarde					Noche				
Prueba 1	39	30	39	25	29	27	22	23	79	35
Prueba 2	N/E	N/A	N/A	N/E	145	91	28	28	31	32
Prueba 3	54	N/E	53	54	154	34	36	36	37	37
Prueba 4	N/E	69	51	99	90	129	N/A	130	88	93
Prueba 5	81	69	81	70	N/A	93	170	94	88	185

- N/E (No encontró): Se refiere a las situaciones en las que el robot perdió de vista la flama y tiró la vela.
- N/A (No apagó): Cuando el robot intenta más de 5 veces apagar la flama y éste no logra apagarla.

Tabla 4.1 Resultado de tiempos de pruebas.

Las pruebas se hicieron en distintos horarios para poder comprobar que el robot actuara correctamente en distintas condiciones. Como se dijo anteriormente, el robot utiliza sensores que son afectados por la luz para detectar la vela, y una de las cosas que se observó en las pruebas vespertinas fue que si el robot recibía luz directa en sus sensores éste actuaba como si hubiera encontrado la fuente de fuego. Se tuvo que mover el área de trabajo en donde no recibiera luz directa. Se puede observar que en algunos casos, el tiempo varía considerablemente uno del otro, o que en algunos casos el robot no pudo apagar la vela o no la encontró. Esto se debió a diversos casos. Tomemos el ejemplo de la prueba 1. El robot realizó la tarea más rápido en las pruebas nocturnas a excepción del último tiempo. El primer caso fue que la batería no tuvo la misma carga cuando se hicieron las pruebas en diferentes horarios, haciendo que el robot trabajara a distinta velocidad. En el caso de las pruebas realizadas en la

noche, la última prueba que se realizó tomó más tiempo, ya que el robot no siempre seguirá el camino perfectamente como su vez anterior. En este caso el robot en vez de girar en contra de las manecillas del reloj cuando llegó al límite superior, éste giró en sentido contrario, haciendo su camino más largo. Esto se notó con más fuerza en las siguientes pruebas, ya que se encontraban obstáculos que hacían más difícil el recorrido del área. Los casos en el que el robot no encontró la vela se debieron a que algunas veces los sensores perdían de vista la vela, y éste terminaba derribándola sin antes poder intentar apagarla. En los casos en el que el robot no pudo apagar la vela, pero éste si la encontró, se debieron a que el robot no se centró o acercó lo suficiente para poder extinguirla.

4.4 PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES

Como se quería optimizar el robot, algunas decisiones que se tomaron repercutieron en algunas tareas de éste que hacían que tuviera algunos problemas. Uno de ellos fue que si el robot se encamina hacia una esquina, quedando nula la visión de los sensores, el robot colapsaba con éstas ya que no tiene visión para pequeños obstáculos. Igualmente podría chocar contra obstáculos menores de 4cm de longitud por el espacio que hay entre sensores. La figura 4.8 muestra los posibles problemas en el que el prototipo puede colapsar. Una solución para este problema podría ser colocando más sensores para que la distancia entre cada uno de ellos sea menor. Pero como se dijo en un principio, se quería optimizar el número de sensores con los que se contaba, optando por no agregar más de éstos.

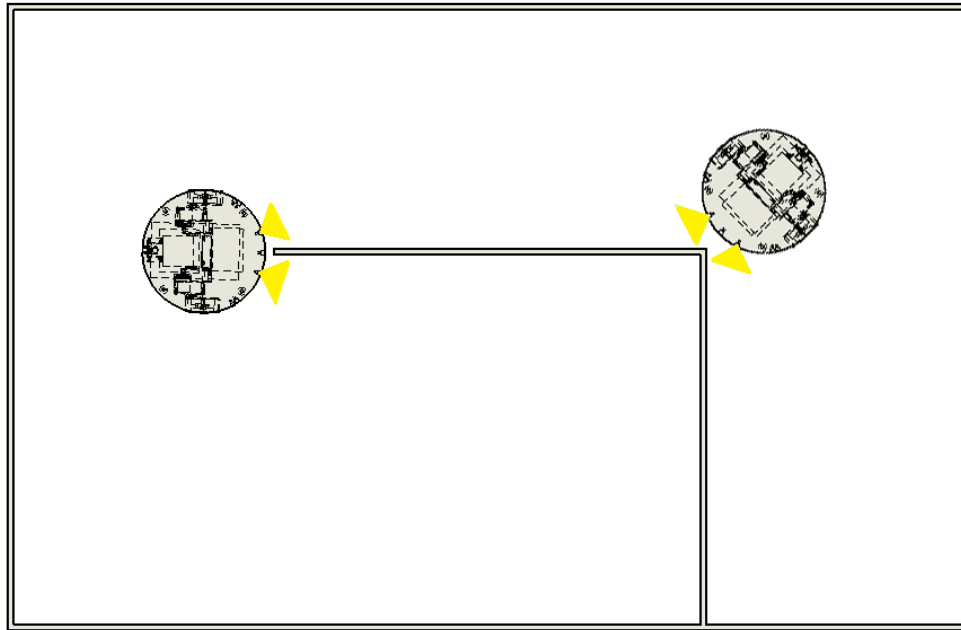


Fig. 4.8 Situaciones en las que el robot puede colapsar.

Como el robot no es capaz de memorizar un camino ni saber en que posición se encuentra, el robot puede quedar ciclado sin poder encontrar solución. Como el propósito del robot no es encontrar la solución de este tipo de problemas, se optó por hacer a un lado la solución de un laberinto, ya que se sabe que no existe una lógica óptima para la solución de éstos. Entonces así, el robot avanza aleatoriamente por toda el área a recorrer con esperanzas de que en algún momento encuentre su objetivo.

Aunque no fue un requisito inicial, se planeaba que el robot cuando encontrara la fuente de fuego y la extingüiera, apagara el mecanismo para que éste continuara su labor de esquivar obstáculos para poder encontrar otra flama. Ya que su mecanismo no era óptimo apagando la vela, porque había veces que tardaba más tiempo en apagarla, se decidió que éste no siguiera con su trabajo.