

En el circuito neumático se usa una válvula distribuidora de aire A de cinco vías y dos posiciones (5/2) de accionamiento y retorno eléctrico (A+,A-) para los dos cilindros A1 de doble efecto (ver figura 4.1). Dos válvulas distribuidoras de aire B1 y B2 de tres vías y dos posiciones (3/2) de accionamiento y retorno eléctrico (B1+,B1-;B2+,B2-) para los generadores de vacío A3 y A4 respectivamente, ocho ventosas, mangueras, doce racors de acople rápido, 1 filtro de humedad, dos reguladores de caudal, seis silenciadores, una fuente (generador de aire comprimido), dos sensores de inicio y fin de carrera S1 y S2.

4.1.2 ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA DETERMINACIÓN DE COMPONENTES NEUMÁTICOS

Para empezar con el cálculo de los elementos neumáticos, se debe partir de algunas hipótesis previas que se desarrolló en el capítulo 3, datos como:

- Dimensiones generales ver la figura 3.2
- La masa del prototipo esta descrita en la tabla 3.1 que es de 6 Kg.
- La presión de trabajo 5 bar.
- Coeficiente de rozamiento estático mínimo estimado entre ventosa y superficie de prueba 0.5.

4.1.2.1 Elección de los elementos de vacío A3 y A4

Se debe analizar las fuerzas que actúan sobre las ventosas. La fuerza cortante se produce por el peso del robot, y es el estado más crítico que debe soportar las ventosas conjuntamente con las fuerzas producidas por la aceleración, siendo así que se considerará un factor de seguridad de 2

4.1.2.1.1 Análisis en Posición Vertical

m es la masa del robot,

g aceleración gravitacional 9.82m/s²,

a es aceleración del robot en el movimiento,

S es el factor de seguridad,

Faspiracion es la fuerza de aspiración,

Frozamiento es la fuerza de rozamiento,

$F_{separacion}$, es Fuerza de separación,

μ coeficiente de rozamiento y

N es la fuerza normal.

El movimiento en esta posición es el más desfavorable debido a que se producen fuerzas en el arranque y la frenada hacia arriba o abajo, controlados por el empuje de los cilindros neumáticos, a continuación se realizará así el análisis de fuerzas.

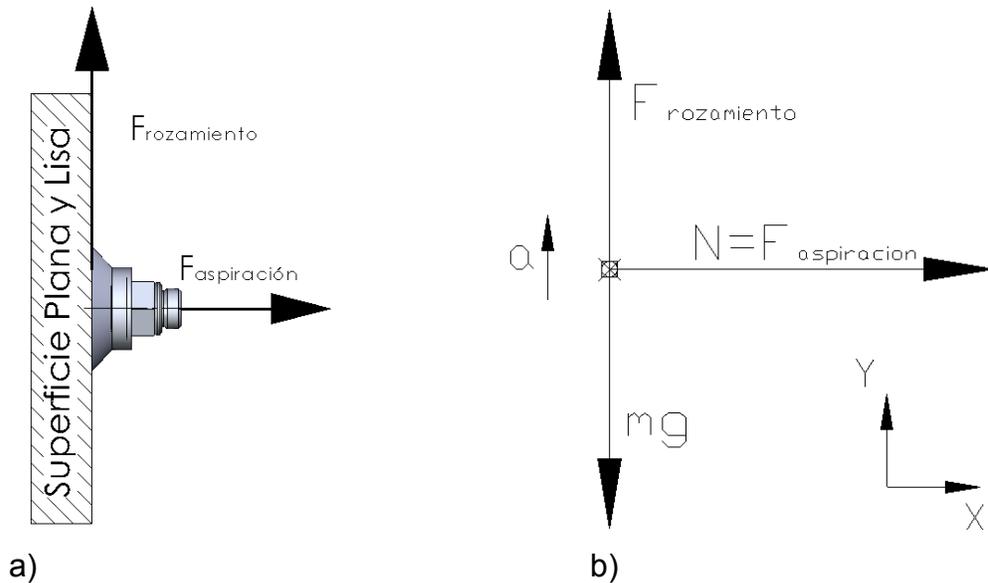


Figura 4.2 a) esquema de la ventosa y, b) diagrama de cuerpo libre de la ventosa en la posición más crítica

Hay que considerar que el factor de seguridad “S” se lo multiplica por el valor de la masa.

$$\sum F_y = ma \quad \text{Ec.4.1}$$

$$F_{rozamiento} - Smg = Sma$$

$$F_{rozamiento} = Sma + Smg$$

$$F_{rozamiento} = mS(a + g)$$

$$\mu N = mS(a + g) \quad \text{Ec.4.2}$$

$$\sum F_x = 0 \quad \text{Ec.4.3}$$

$$F_{aspiracion} - N = 0$$

$$F_{aspiracion} = N \quad \text{Ec.4.4}$$

$$\mu F_{\text{Aspiracion}} = m S (a + g)$$

$$F_{\text{Aspiracion}} = \frac{m S (a + g)}{\mu} \quad \text{Ec.4.5}$$

El número de ventosas se lo estableció en el apartado 4.1.1, se debe analizar para cuatro ventosas que sujetan al robot en todo momento (situación más crítica);

$$F_{\text{Aspiracion}} = \frac{m S (a + g)}{4\mu} \quad \text{Ec.4.6}$$

Siendo estas de caucho nitrílico (perbunan NBR), y tomando como dato base un diámetro de ventosa de 30mm de FESTO (ver anexo).

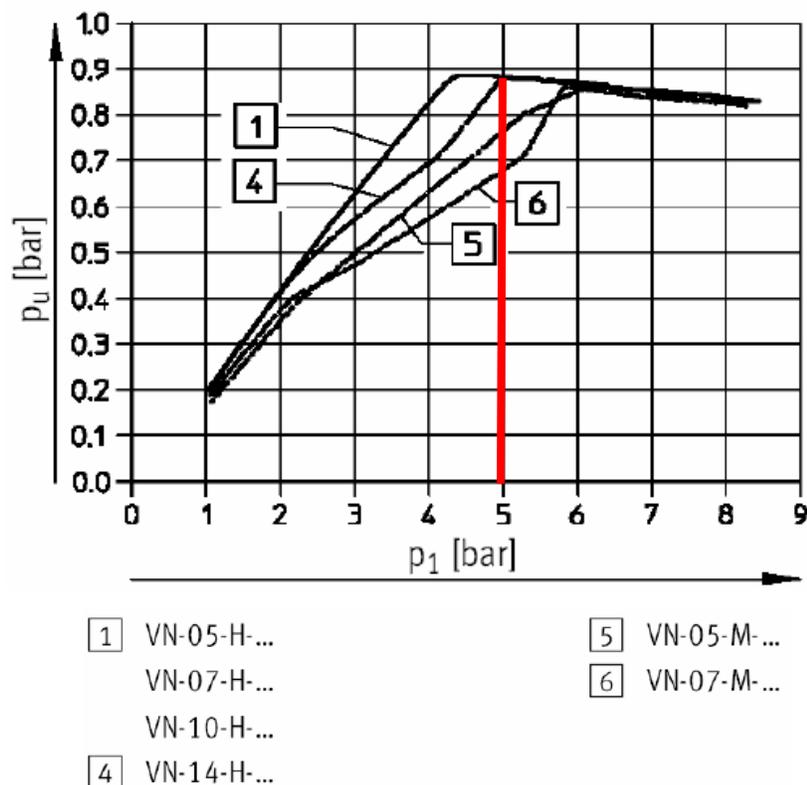


Figura 4.3 Vacío p_u en función de la presión de funcionamiento p_1

Ahora se debe determinar el porcentaje de efectividad que tiene el generador de vacío en este caso se dispone en el mercado la serie VN-05H- a VN-10-H- de FESTO que están dentro de la curva 1, para una presión de trabajo de 5 bar, se establece este dato en las curvas; presión de vacío – presión de trabajo de la

Figura 4.3, cayendo dentro del límite mínimo de 0.8 [bar] y máximo de 0,9[bar] de vacío, dentro de un criterio conservador se tomará el valor de -0.8[bar], para asegurar que incluso con una caída mayor de la presión siempre se tendrá por lo menos ese grado de vacío. Para un vacío de 70% se obtiene una fuerza de succión de 34N, la relación para encontrar la fuerza de aspiración con estas consideraciones está en la Ec.4.6

Tabla 4.1 Datos técnicos generales de Ventosas Festo

Datos Técnicos generales										
Diámetro de la ventosa [mm]	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal [mm]	Diámetro útil de la ventosa [mm]	Dureza Shore	Fuerza de Separación con 70% de vacío [N]	Peso		
								NBR [gr]	PUR [gr]	SI [gr]
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0,035	1	-	-
2		M3		1	1,6	55±5	0,14	11	-	-
5		M5		1,5	4	55±5	0,9	2	-	-
8		M5 ₁₎		2	5,5	73	1,6	4	4	2
10		M5		2	8	73	4,5	3	3	3
15		G1/8		3	12	73	7,9	11	11	6
30		G1/8		3	25	73	34	12	13	7
40		G1/4		4	32	73	56	26	27	13
55		G1/4		4	44	73	106	32	32	16
75		G1/4		4	60	73	197	76	78	36
100		G1/8		4	85	73	397	138	142	67
125		G3/8		7	105	73	606	152	148	148

1) VAS-MS-Sc boquilla para tubo flexible con diámetro nominal 3, conexión lateral

$$F_{aspiracion} = \frac{0.8}{0.7} F_{separacion} \quad Ec.4.7$$

$$F_{aspiracion} = \frac{0.8}{0.7} \times 34[N]$$

$$F_{aspiracion} = 38.85[N]$$

y reemplazando en la ecuación Ec.4.5 la Fuerza de aspiración se tiene que:

$$38.85[N] = \frac{mS(a+g)}{4\mu}$$

$$38.85[N] = \frac{6[Kg] \times 2x(a+g)}{4 \times 0.5}$$

$$(a + g) = \frac{38.85[N] \times 4 \times 0.5}{6[Kg] \times 2}$$

$$(a + g) = 6.48 \frac{m}{s^2}$$

El valor obtenido es incoherente debido a que, solo la aceleración gravitatoria es de 9.82m/s², por lo cual se debe recalculer cambiando el diámetro de ventosa disponible a 40mm, para obtener la expresión $(a+g) \geq 9.82$,

$$F_{aspiracion} = \frac{0.8}{0.7} \times 56[N]$$

$$F_{aspiracion} = 64[N]$$

$$64[N] = \frac{m S (a + g)}{4\mu}$$

$$(a + g) = \frac{64[N] \times 4 \times 0.5}{6[Kg] \times 2}$$

$$(a + g) = 10.66 \frac{m}{s^2}$$

Encontrando de esta manera que la aceleración máxima permitida en subida debe ser menor que 0.84m/s². Se evita el vuelco bajando la distancia en Z desde la superficie al centro de gravedad Z_{CG} aplicando equilibrio de momentos:

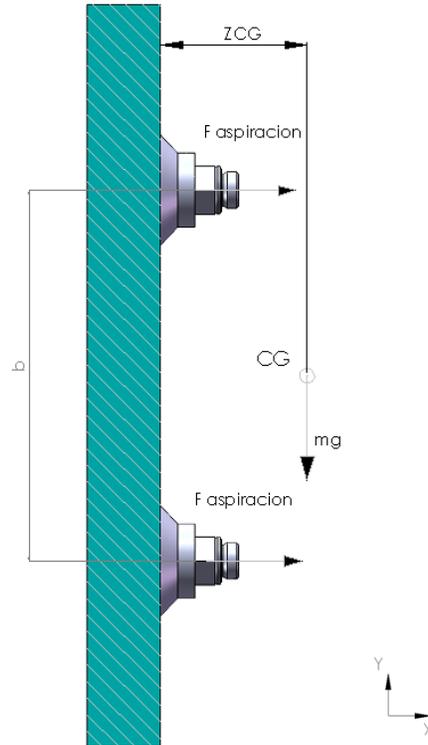


Figura 4.4 Diagrama de cuerpo libre para calculo Z_{CG}

$b = 350\text{mm}$

$m = 3\text{Kg}$ por estar soportada en dos puntos por las ventosas

$$\sum M_A = 0 \quad \text{Ec.4.7}$$

$$-b F_{\text{aspiracion}} + mgZ_{CG} = 0$$

$$Z_{CG} = \frac{bF_{\text{aspiracion}}}{mg} \quad \text{Ec.4.9}$$

Reemplazando los valores en la Ec.4,8 se obtiene que:

$$Z_{CG} = \frac{0.35[m](64[N])}{3[Kg]9.82\left[\frac{m}{s^2}\right]}$$

$$Z_{CG} = 0.760[m]$$

Estableciendo que $Z_{CG} \leq 760\text{mm}$, que es la distancia que no debe sobrepasarse al tiempo que se realiza el diseño del conjunto.

4.1.2.1.2 Análisis en Posición Horizontal

Analizaremos dos casos viendo así cómo influye el movimiento lento y sincronizado del robot, para mantenerse siempre sujeto sobre una superficie al desplazarse. Haciendo así el análisis estático para establecer las condiciones de equilibrio del robot:

Primer caso

Para este caso no es necesario considerar el factor de seguridad S, en la figura 4.5 tenemos que:

$$\sum F_y = 0 \quad \text{Ec.4.10}$$

$$F_{\text{aspiracion}} - mg = 0$$

$$F_{\text{aspiracion}} = mg \quad \text{Ec.4.11}$$

$$F_{\text{aspiracion}} = \frac{6[\text{Kg}]}{4} * 9.82[\text{m/s}^2]$$

$$F_{\text{aspiracion}} = 14.73[\text{N}],$$

este valor no soportará al robot en la posición más crítica.

$$\sum F_x = ma \quad \text{Ec.4.12}$$

$$-F_{\text{rozamiento}} = ma$$

Reemplazando en esta expresión la Ec.4.4 se obtiene:

$$a = -\frac{\mu F_{\text{aspiracion}}}{m} \quad \text{Ec.4.13}$$

Reemplazando los valores de m, μ , F_{aspiracion} en Ec4.12

$$a = -\frac{0.5 * 14.73[\text{N}]}{\frac{6[\text{Kg}]}{4}}$$

$$a = -4.91 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

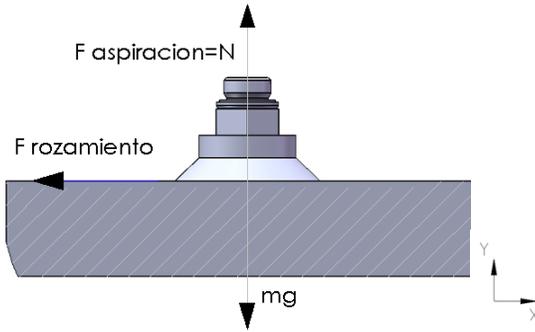


Figura 4.5 Diagrama de cuerpo libre de la ventosa sobre una superficie horizontal

Segundo Caso

Observando el diagrama del cuerpo libre de la figura 4.7 y aplicando el equilibrio con la Ec.4.10 se sigue que:

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{aspiracion} - Smg = 0$$

$$F_{aspiracion} = -Smg \tag{Ec.4.14}$$

$$F_{aspiracion} = -2 * \frac{6[Kg]}{4} * 9.82[m/s^2]$$

$$F_{aspiracion} = -29.46N$$

El valor de la fuerza de aspiración de 29.46 N, en esta posición no es el más crítico

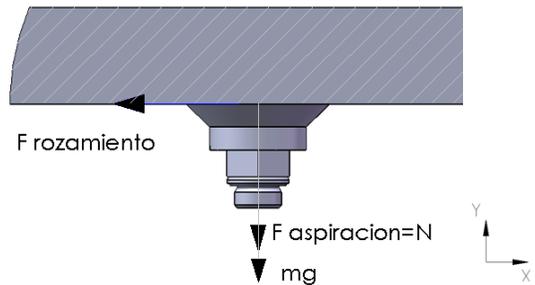


Figura 4.6 Diagrama de cuerpo libre de la ventosa debajo de una superficie horizontal

Utilizando la Ec.4.12 se continua con:

$$\sum Fx = ma$$

$$-Frozamiento = Sma$$

Reemplazando en esta expresión la Ec.4.4 se obtiene:

$$a = -\frac{\mu F_{aspiracion}}{Sm} \quad Ec.4.15$$

Reemplazando los valores de m, μ , F_{aspiracion} en Ec4.12

$$a = -\frac{0.5 * (-29.46[N])}{\frac{2 * 6[Kg]}{4}}$$

$$a = 4.91 \frac{m}{s^2}$$

La fuerza de aspiración debe ser constante y mantener siempre el vacío menor que la circundante para evitar resbalar o dejar caer al robot.

Las ventosas planas necesarias serán 8, de un diámetro de 40mm, de caucho poliuretano, del catálogo de FESTO para las ventosas será el código VAS-40-1/4-PUR, y el generador de vacío será según el catálogo de FESTO VN-14-H-T4-PQ2-VA5-RO1.

Tabla 4.2 Detalle de ventosas VAS

Datos técnicos generales										
Diámetro de la ventosa [mm]	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal [mm]	Diámetro útil de la ventosa [mm]	Dureza Shore	Fuerza de separación con 70% de vacío [N]	Peso		
								NBR [g]	PUR [g]	SI [g]
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0,035	1	-	-
2		M3		1	1,6	55±5	0,14	11	-	-
5		M5		1,5	4	55±5	0,9	2	-	-
8		M5 ¹⁾		2	5,5	73	1,6	4	4	2
10		M5		2	8	73	4,5	3	3	3
15		G3/8		3	12	73	7,9	11	11	6
30		G3/8		3	25	73	34	13	13	7
40		G1/4		4	32	73	56	26	27	13
55		G1/4		4	44	73	106	32	32	16
75		G1/4		4	60	73	197	76	78	36
100		G1/4		4	85	73	397	138	142	67
125		G3/8		7	105	73	606	152	148	148

1) VAS-8-M5-S: boquilla para tubo flexible con diámetro nominal 3, conexión lateral

Fuente: Catálogo de ventosas VA/VASB de FESTO.

4.1.2.2 Elección de los actuadores lineales A1

Se debe establecer el peso que los cilindros deberán mover, considerando así las masas de los elementos según catálogos y los otros pesándolos en una balanza.

Tabla 4.3 Peso de elementos para escoger cilindros lineales

CANTIDAD	DESCRIPCION	PESO UNITARIO [gr]	SUBTOTAL [gr]
1	MOTOR DC	300	300,0
2	VALVULA 3/2	172	344,0
1	VALVULA 5/2	176	176,0
2	GENERADORES DE VACIO	24	48,0
8	VENTOSAS	27	316,0
3	RACOR MULTIPLE	34	102,0
4	RACOR RAPIDO ROSCADO	9	36,0
8	RACOR RAPIDO ROSCADO L	3,5	28,0
2	RACOR T	2	4,0
2	GUIAS DE ALUMNIO	206,29	573,3
1	EJE CILINDRO	46	46,0
4	PATAS PARA VENTOSAS	7,23	28,9
1	PLACA GUIA CORREDERAS	825	825,0
1	ACCESORIOS	500	500,0
		TOTAL [gr]	3227,2

Teniendo como masa total estimada de 3227,2 gr se debe calcular el diámetro del cilindro que será requerido

$$D = \sqrt{\frac{4 * \frac{m}{2} * g}{\lambda * \mu * p}} \quad \text{Ec.4.16}$$

Donde:

m : masa total estimada de la tabla 4.3

g: aceleración gravitacional de 9.81m/s²

λ: factor de carga comprendido entre 0.25 a 0.80

μ: coeficiente de rendimiento interno.

p: presión de trabajo [Pa]

Reemplazando los valores en la Ec 4.16 se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * \frac{3,2272 \text{ gr}}{2} * 9.81 \text{ m/s}^2}{0.8 * 0.8 * 500000 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.014 \text{ m}$$

Dentro de los cilindros con especificaciones ISO 6432, no se hallan cilindros con un diámetro nominal de 14 mm por lo que se utilizara el inmediato superior de 16mm, asegurando así un factor de seguridad adicional de 1.15. Según el catalogo de MINDMAN el cilindro a escoger será el código MCM1-11-16-50, con diámetro de 16mm, carrera 50mm y de doble efecto se representa en la figura. Este cilindro fue escogido debido a su reducido peso, que es de 200 gr. y la fuerza, con 5 bares de presión, el cilindro genera una fuerza de 10 kg-fuerza. Nosotros al contar con 2 cilindros generarán una fuerza total de 20 Kg-fuerza.

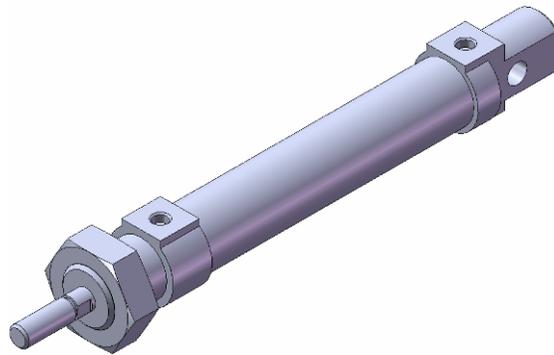


Figura 4.7 Cilindro MINDMAN MCM1-11-16-50

En cuanto a las válvulas se escogieron electroválvulas marca TPC, modelo DV-3220-5, las cuales son válvulas coreanas de procedencia, autoportantes, controladas por dos solenoides y tienen un tiempo de respuesta mínimo. Necesitan sólo 1 watt de potencia para activarse, y son económicamente viables en nuestro proyecto. Primero se dará la explicación de lo que significa el código DV 3220-5:

Tabla 4.4 Explicación de serie de válvulas

DV	3	2	20	-5
Válvula	Series 3000	Doble solenoide	Cuerpo autoportante	24VDC



Figura 4.8 Electroválvula para control neumático TPC DV3220

En cuanto a las características técnicas de las válvulas, estas se detallan en la Tabla 4.5

Tabla 4.5. Características de válvulas TPC DV3220-5

Presión de operación	0,1-0,7 Mpa
Temp. Max de trabajo	Máx. 50°C
Lubricación	No requiere
Montaje	Libre
Estructura	A prueba de polvo/DIN IP65
Voltaje	24VDC

Tabla 4.5 Características de válvulas TPC DV3220-5 (continuación)

Variación de voltaje	+/- 10% del Voltaje
Polaridad	Ninguna
Tiempo de respuesta	18 ms
Orificio efectivo	9 mm ²
Resistencia Vibración/Impacto	30 / 150 m/s ²

Fuente: TPC Pneumatics of North America

En cuanto a conexiones flexibles, se utilizará mangueras marca FESTO, de NBR, color azul. Estas tienen un diámetro nominal de 6mm, el cual es el diámetro de las conexiones rápidas de todos los elementos que se utilizarán.

4.2 DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.2.1 FORMA Y MATERIAL.

4.2.1.1 Cuerpo central

Para determinar la forma adecuada del robot se debe partir del principio de funcionamiento establecido en la sección 4.1.1, el cual se basa en un mecanismo para desplazamiento lineal de guía y corredera, haciéndose necesario la utilización de 2 placas principales que hacen las veces tanto de guía como de bastidores donde se soportaran todo el resto de componentes del sistema.

Estas placas deberán cumplir con características básicas como:

- Buenas propiedades mecánicas, fácil mecanizado, precio, y facilidad de adquisición.

4.2.1.1.1 Placas Guía Laterales

Se van a usar placas de aluminio prismáticas de 270x50x10, el largo y el ancho es el adecuado para contener al cilindro alcanzando el punto máximo cuando el robot da un paso. El espesor esta dado por el ancho de las ruedas que van en las correderas. Se debe tratar de que las placas tengan en lo posible en su sección transversal forma de I o C, ya que ayudará soportar esfuerzos con menos peso, y contiene ranuras guías, modelados en la figura 4.9.

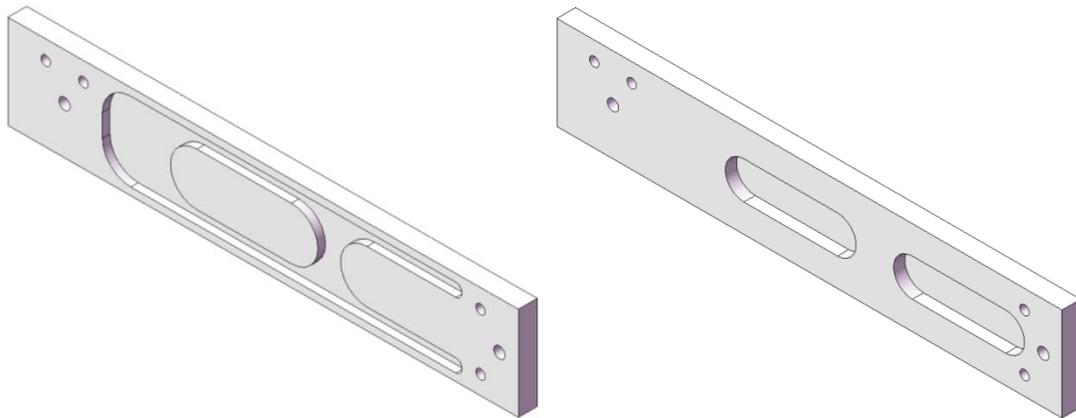


Figura 4.9 Modelo de guías laterales, derecha e izquierda

4.2.1.1.2 Ejes

En los extremos de las guías se debe colocar ejes metálicos para unir las placas y tomarlos como punto de apoyo para los cilindros el material del eje será de acero inoxidable para evitar la corrosión ya que deberán formar pares de unión articulados por lo que se propone una longitud del eje de acero inoxidable de 220mm y una fuerza aproximada a soportar se calculará con la Ec 4.17 con el peso y el factor de seguridad de 1.8:

$$P = m \cdot g \cdot FS \quad \text{Ec.4.17}$$

$$P = 3.2272 \text{Kg} \cdot 9.81 \text{m/s}^2 \cdot 1.8$$

$$P = 56.98 \text{N}$$

Donde P se divide por haber dos cilindros neumáticos (ver figura 4.10) en las posiciones en P1 y P2 a una distancia de 35mm de los puntos de apoyo



Figura 4.10 Diagrama de cuerpo libre del eje

La distancia (a) de A a P1 y de B a P2 es de 35mm, el esfuerzo permisible a la flexión (δ_{adm}) es de 241 Mpa el modulo de elasticidad (E) es de 190000 MPa, ahora se procede a calcular el diámetro del eje:

Momento flector máximo por cortante

$$M_{max} = P \cdot a \quad \text{Ec.4.18}$$

Módulo de momento resistente

$$S = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad \text{Ec.4.19}$$

Esfuerzo máximo permisible a la flexión

$$\delta_{adm\ max} = \frac{M\ max}{S} \quad Ec.4.20$$

se reemplaza la Ec.4.20 con la Ec.4.18 y Ec4.19 y se obtiene:

$$\delta_{adm\ max} = \frac{P * a}{\frac{\pi * d^3}{32}}$$

Despejando se obtiene:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * P * a}{\delta_{adm\ max} * \pi}} \quad Ec.4.21$$

$$d = 4.3845\ mm$$

Siendo d el diámetro del eje a usar y mostrando el modelo en la figura 4.1, hay que recordar que el cilindro se debe sujetar por los dos extremos y las placas guías también por lo cual se harán tres ejes de acero inoxidable con un valor mínimo en su diámetro de 4.3845mm. Se escoge un diámetro de 6 por la facilidad de maquinar en el torno.



Figura 4.11 Modelado de los tres ejes principales del robot

En la barra intermedia de la figura 4.12 se colocaran en los extremos unos apoyos rodantes (rodachín nombre comercial), que estarán en la ranura interna de las guías laterales para permitir dar un paso o avance al robot.

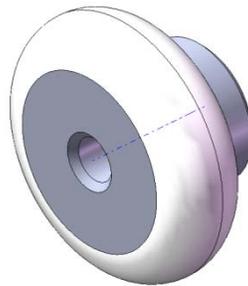


Figura 4.12 Izquierda Apoyo rodante

4.2.1.1.3 Placas

Para sujetar el actuador de giro en el centro del robot y permitir dar pasos se construye un soporte con placas que rigidicen la estructura ensamblada en la figura 4.13, construyendo placas de aluminio que van a cada extremo cerca de las guías laterales. La placa o viga central que une los dos extremos y sujeta el motor de giro deberá estar cerca del centro de gravedad del robot caminante, ya que permitirá estabilidad.

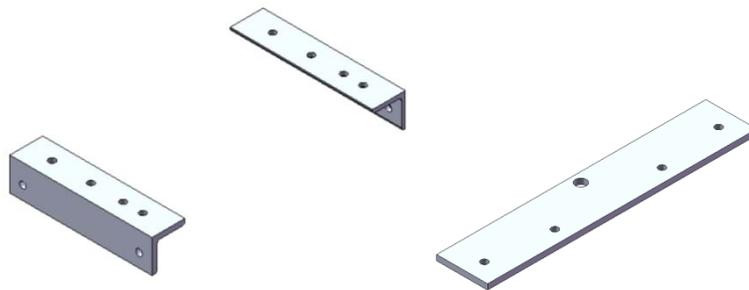


Figura 4.13 Eslabones de soporte central para actuador de giro

El modelo de la estructura con los eslabones deberá sujetarse con pernos o bulones para permitir armar y desarmar la estructura y poder cambiar piezas en caso de daños.

Los soportes para las ventosas se los ubica en la parte superior e inferior, izquierda y derecha siendo estas de aluminio y fijadas conjuntamente con los ejes de acero inoxidable.

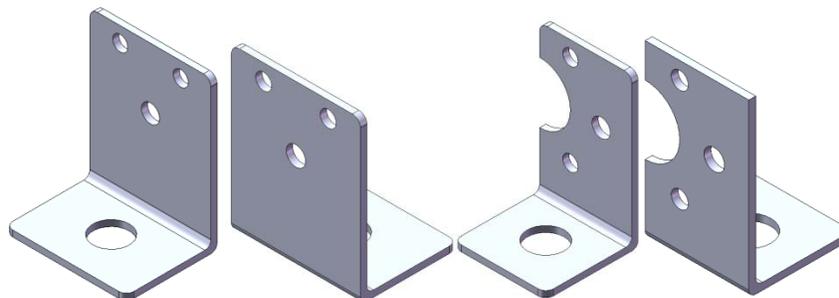


Figura 4.14 Modelado de las patas exteriores

Dos electroválvulas 3/2 se fijan con ángulos de aluminio de 80 x 19.05 x 19.05 x 1.905mm izquierdo y derecho.

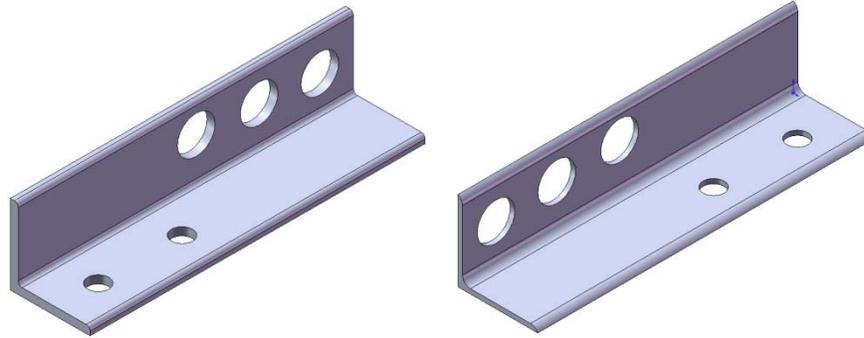


Figura 4.15 Perfiles en L para soporte de válvulas electroneumáticas

4.3 Determinación de Elementos Eléctricos, Electrónicos e Instrumentación

4.3.1 PANEL DE MANDO

Las señales de entrada y salida, que posee y genera el robot escalador serán controladas y procesadas por un microcontrolador, por lo cual se debe crear el circuito unificado que permita realizar los desplazamientos y giros controlados desde un mando remoto con visión a tiempo real.

Para avanzar o retroceder, y realizar giros se deben enviar señales directas de entrada procesarlas en el microcontrolador y ejecutarlas dando señales a la salida del PIC con la lógica de programación que se desarrollará en el Capítulo V, deberá tener un control de encendido y apagado general, un inicio o seteo, avance frontal, retroceder, izquierda y derecha. Con un control de mando como se muestra en la figura 4.16.

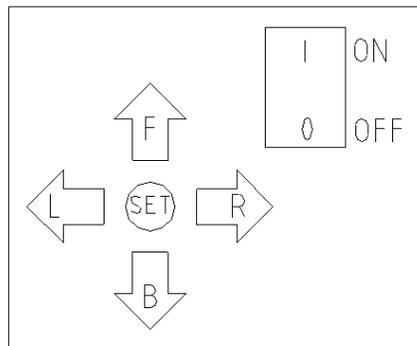


Figura 4.16 Panel de control del robot

La elección de un PIC en general depende de la información y software de programación compilación y sistema de carga de datos de forma física al PIC, que se pueda obtener para ponerlo en funcionamiento, y del número de entradas y salidas que se va a utilizar, para lo cual es importante revisar los ¹DATA SHEET proporcionado por los fabricantes de PIC, en este caso usaremos un ²PIC16F877A

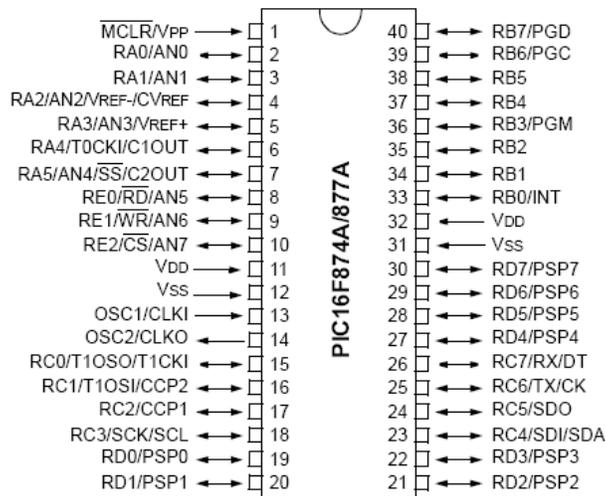


Figura 4.17 Diagrama de pin PIC16F870 de microchip

Existen circuitos que se deben instalar en el PIC para cargar la programación protegerlo y hacerlo funcionar, utilizará también elementos como: ³Transistores, ⁴diodos, ⁵relés, ⁶resistencias, ⁷cristales, ⁸capacitores, leds, pulsadores, conductores eléctricos (cables) que se hablarán más adelante de su uso.

4.3.2 ELECCIÓN DEL ACTUADOR DE GIRO

Para realizar el giro se tomó en cuenta algunos parámetros importantes como torque, velocidad, peso, tamaño, adaptabilidad y precio. Este análisis ya fue

¹ Hoja de datos e información de fábrica del elemento electrónico.

² Ver ANEXO 2 Datasheet PIC 16F877A

³ Ver ANEXO 2 datasheet

⁴ Ver ANEXO 2 datasheet

⁵ Ver ANEXO 2 datasheet

⁶ Ver ANEXO 2 datasheet

⁷ Ver ANEXO 2 datasheet

⁸ Ver ANEXO 2 datasheet

realizado en la matriz de decisión expuesta en la tabla 3.5, en la cual se escogió un motor eléctrico. Dentro de los motores disponibles en el mercado se encontraron varias ofertas que cumplen los requerimientos tanto técnicos como económicos. Seleccionando así un motor eléctrico de corriente directa (DC) mostrando un motor de 110 voltios 5 Watts de potencia y 3 rpm.

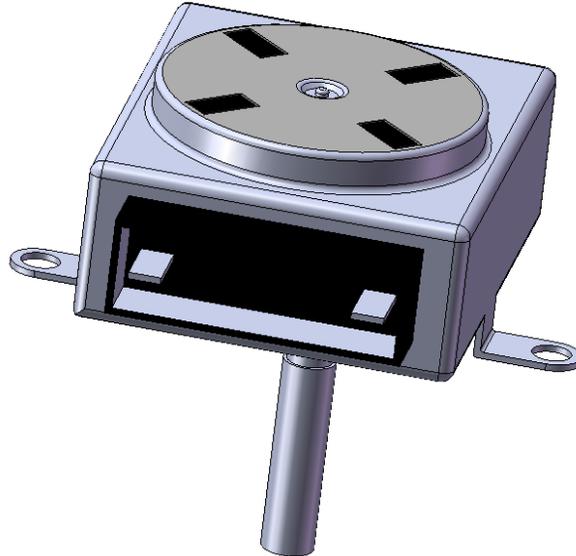


Figura 4.18 Motor AC 110V-5W-3RPM

El torque necesario está en función de la potencia eléctrica y la velocidad angular, para producir el giro en el robot siendo así que:

$$P = T * \omega \quad \text{Ec.4.17}$$

donde :

P=Potencia [Kw]

T=torque N m

ω =velocidad angular rad/s

realizando el cambio de unidades se obtiene:

$$1 \frac{rev}{min} = 0.1047 rad / s$$

Por lo tanto obtenemos que:

$$T = \frac{9550 * P}{n} \quad \text{Ec.4.18}$$

n: es la velocidad angular en revoluciones por minuto [rpm]

Utilizando la Ecuación 4.18 obtenemos el valor del torque máximo que el motor generara en su eje:

$$T = \frac{9550 * \frac{5Kw}{1000}}{3rpm}$$

$$T = 15.917Nm$$

Para que el valor del torque encontrado anteriormente sea admisible, debe ser mayor al torque máximo producido por el robot debido a su peso. Para lo cual se calcula la distancia máxima a la que la fuerza debida al peso, no genera un torque superior al del motor. Se tiene entonces que:

$$T = F * d \quad \text{Ec.4.19}$$

F: fuerza producida por el peso [N]

d: distancia desde el punto de análisis hasta la ubicación de la fuerza [m]

$$F = m * g \quad \text{Ec.4.20}$$

despejando **d** de la ecuación 4.19 y reemplazando F se obtiene el valor de:

$$d = \frac{T}{m * g}$$

$$d = \frac{15.917Nm}{3058.5Kg * 9.81m / s^2}$$

$$d = 0.53m$$

Siendo **d** la distancia máxima permitida del eje de rotación del motor al centro de gravedad (CG). El robot tiene una geometría con brazo de palanca máximo de 0.35m, se garantiza que la distancia entre el eje del motor y el CG del robot será siempre menor a la encontrada anteriormente por lo cual el torque del motor será siempre mayor al generado por el mecanismo, se debe tomar en cuenta que el peso será inversamente proporcional a la distancia.

Por otra parte se puede utilizar un servo motor con las siguientes especificaciones:

Tabla 4.4 Especificaciones del servo motor FUTABA S3305

Sistema de control: +Pulse Width Control 1520usec Neutral
Pulso requerido: 3-5 voltios pico a pico de onda cuadrada
Voltaje de Operación: 4.8-6.0 Volts
Rango de temperatura de funcionamiento: -20 a +60 Grado C
Velocidad de operación (4.8V): 0.25sec/60 grados sin carga
Velocidad de operación (6.0V): 0.20sec/60 grados sin carga
Stall Torque (4.8V): 99 oz / in. (7.1kg.cm)
Stall Torque (6.0V): 124 oz / in. (8.9kg.cm)
360 modificables: Sí
Angulo de operación: 45 grados Uno de los lados del pulso viaja 400usec
Dirección: Counter Clockwise / Pulse Traveling 1520 - 1900usec
Motor Tipo: 3 Pole ferrita
Potenciómetro Drive: Indirect Drive
Tipo de rodamiento: doble cojinete de bolas
Gear Tipo: Todos los engranajes de metal
Longitud del alambre conector: 12 "
Peso: 1.64 oz. (46.5g)

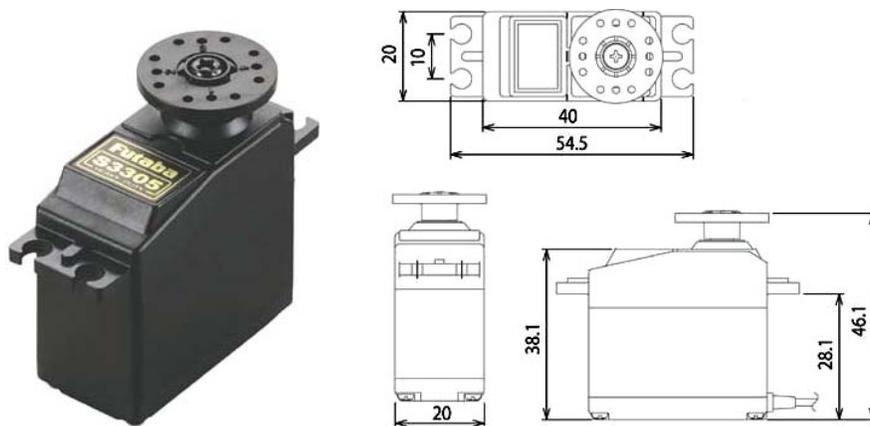


Figura 4.19 Futaba FS3305

4.3.3 CÁMARA DE VIDEO

Para realizar la inspección el robot deberá estar equipado en la parte frontal, de una cámara para presentar imágenes del lugar donde se encuentra y la conexión eléctrica dependerá del tipo de cámara a usar, en este proyecto se usará una cámara liviana y de conexión ⁹Universal Serial Bus (USB).

4.3.4 VÁLVULAS ELECTRONEUMÁTICAS (ACTUADORES DE CONTROL)

Las válvulas distribuidoras de aire, de accionamiento y retorno eléctrico serán de 24V como se muestra en la figura 4.19 y de peso adecuado para trabajar a una presión de 5 bares.

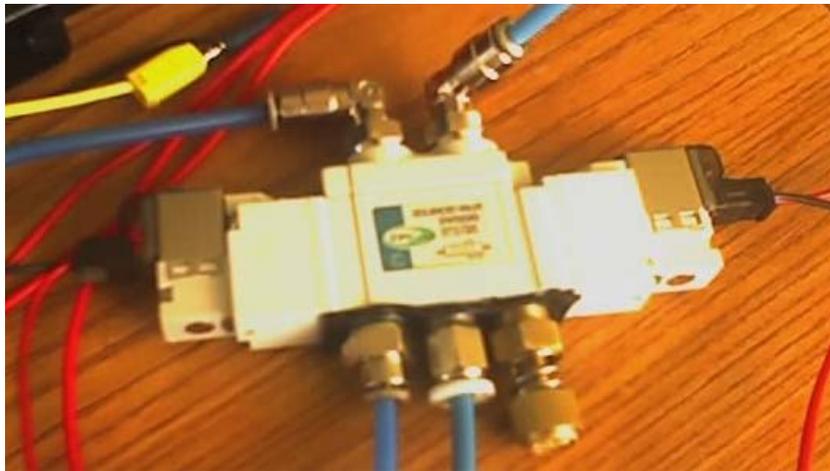


Figura 4.20 Válvula distribuidora de aire 5/2 solenoide – solenoide.

Siendo una válvula 5/2 que se usará para el control de los cilindros neumáticos que moverán hacia adelante o hacia atrás al robot, y dos válvulas 3/2 que controlarán los generadores de vacío.

4.3.5 SENSORES

Sensores inductivos de 5-110V que determinarán la posición del vástago en los cilindros del robot, su instalación no tendrá problema por su rango de activación para este caso, así que se los coloca directo a los pines como señales de entrada con 5V.

⁹ Transferencia universal de datos.

4.3.6 FUENTES DE VOLTAJE

Se debe establecer de forma adecuada la energización del circuito con soluciones eléctricas funcionales para el Microcontrolador, ¹⁰relés, válvulas electroneumáticas y motor.

4.3.7 DETALLE DEL CIRCUITO, APLICACIONES DEL PIC Y DE SUS PERIFÉRICOS

4.3.7.1 PIC

Para iniciar, un microcontrolador o PIC de fabrica, no hace ninguna tarea, este debe ser programado para que realice la secuencia de movimientos del robot, empero deberá ser adecuado con periféricos que van conectados a las patas del microcontrolador siendo estas líneas de entrada y salida E/S.

Hay que tomar algunas consideraciones básicas para no correr el riesgo de dañar el PIC:

1. El PIC tiene tecnología ¹¹CMOS , esto quiere decir que consume muy poca corriente por lo cual es susceptible a daños por estática, se puede utilizar pinzas para manipular y transportar o a su vez utilizar una manilla antiestática.
2. Se debe utilizar un regulador de voltaje como el 7805 que entrega exactamente 5V ya que el rango de funcionamiento es de 3V hasta 5.5V.
3. No se deberá sobrepasar los niveles de la corriente, tanto de entrada o de salida, ya que el PIC entrega o soporta 25mA.
4. Para la precisión en el trabajo del PIC, se recomienda utilizar un cristal oscilador externo de 4MHZ en adelante ya que el RC que posee no tiene una buena precisión.

V_{DD} : Será el puerto donde se aplica la tensión positiva de alimentación a 5V.

V_{SS} : Puerto conectado a tierra o negativo de alimentación.

¹⁰ Ver ANEXO 2, para su datasheet

¹¹ complementary metal oxide semi-conductor

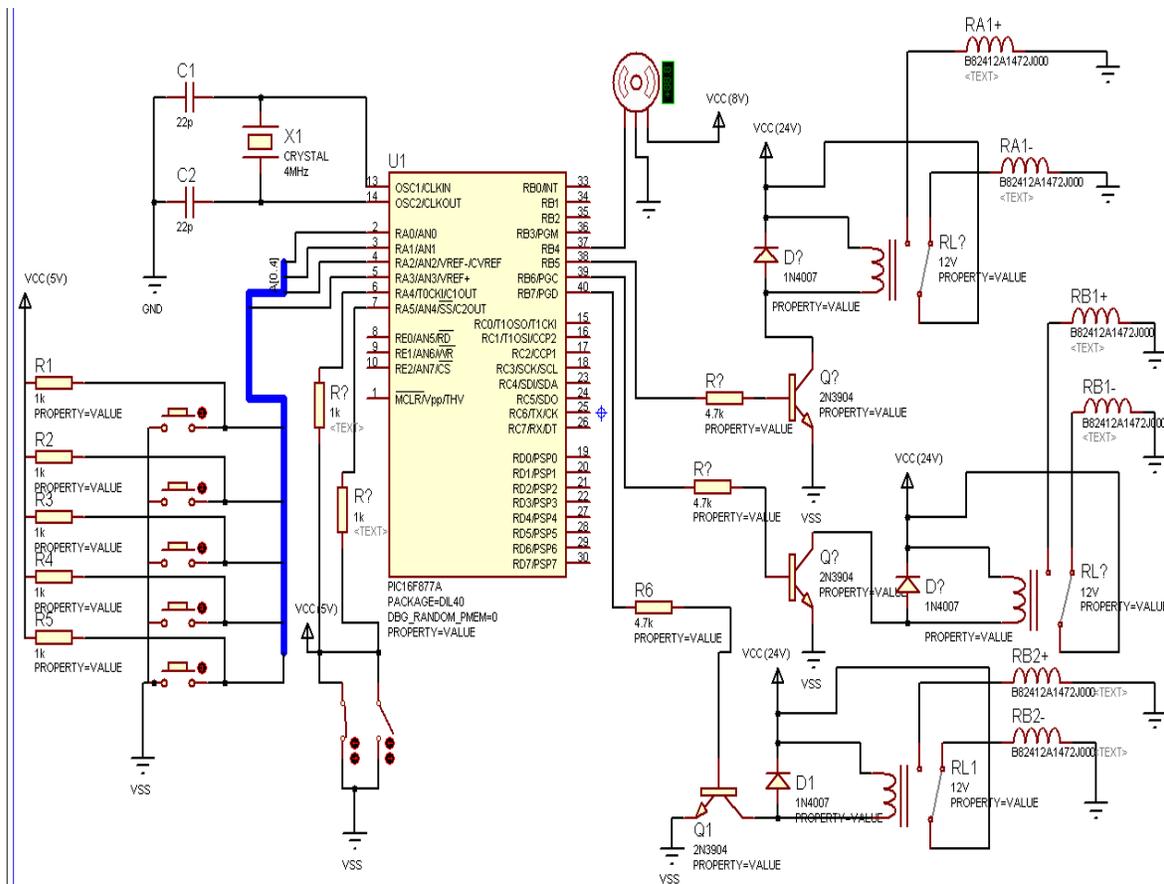


Figura 4.21 ¹²Diagrama del circuito electrónico

OSC1/CLKIN: Entrada del circuito oscilador externo que proporciona la frecuencia de trabajo del microcontrolador, en este caso se usa un cristal oscilador de 4Mhz con capacitores de 22pF que van a tierra.

OSC2/CLKOUT: Auxiliar del circuito oscilador.

4.3.7.2 Pulsadores

Cinco pulsadores (periféricos digitales de entrada) usaremos para introducir un nivel lógico al presionarlos o dejar de hacerlo, dando señales de entrada al PIC para ejecutar y dar las órdenes al robot de ir hacia adelante, atrás, izquierda, derecha y seteo.

¹² Ver ANEXO 3

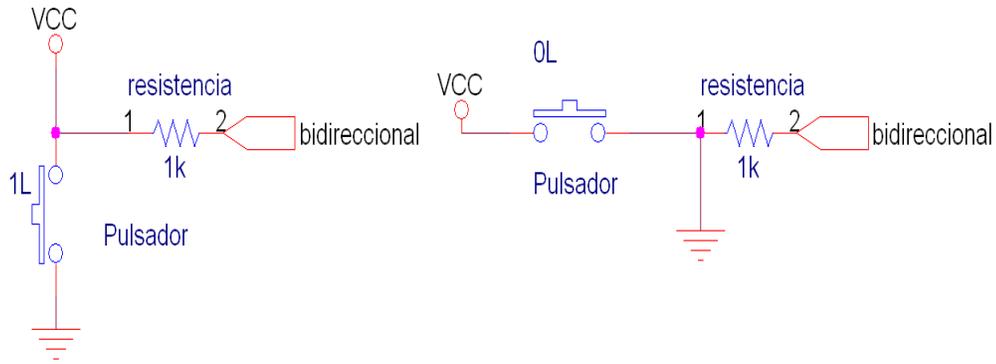


Figura 4.22 Formas de conectar un pulsador al PIC

Existen básicamente dos tipos de conexión para los pulsadores en este caso, el que se siempre está en HIGH o uno lógico (1L o 5V), y el que está en LOW o cero lógico (0L o 0V) y cuando pulsamos pasa a uno lógico, hay que evitar el rebote cada vez que se active el pulsador, dando señal al PIC en los puertos para este caso se puede usar RA0-RA5, RB0-RB7,RC0-RC7,RD0-RD7, RE0-RE2 de entrada o salida ver figura 4.17.

La intensidad de corriente en la entrada que soporta cada pin del PIC es de 25 mA entonces para un pulsador tenemos que:

$$V=IR \quad \text{Ec.4.21}$$

$$R= 5V/0.025$$

$$R=200 \Omega \cong 220 \Omega$$

Esto quiere decir que la resistencia mínima a colocarse sería de 220Ω y quedaría al límite de la capacidad que soporta el PIC, pero no es muy aconsejable trabajar con los límites, por lo que es recomendable utilizar una resistencia de 1KΩ a 10KΩ, así el PIC tranquilamente trabaja con una corriente de entrada de 5mA o 0.5mA respectivamente.

4.3.7.3 Relés

La activación y desactivación de un relé (periférico de salida) brinda la posibilidad de poder controlar cargas mayores (más corriente) porque pueden ser controladas por los contactos de dicho relé.

Cuando la línea de salida del PIC aplica un nivel alto a la base del transistor, hace que conduzca y se active el relé de 24V. Al cerrarse los contactos de éste se controla una carga de igual o mayor. El valor de la resistencia depende del tipo de relé y del transistor los cuales serán de $4.7K\Omega$ y un transistor 2N-3904, por lo tanto se utilizara un circuito que permita recibir la orden del PIC y activar y desactivar las electroválvulas y controlar el movimiento del motor como se muestra en la figura 4.19.

