



Diseño y fabricación de un dispositivo electromecánico para el lavado de loza en el hogar

Nicolás Audrey Monsalve Villanueva

21131616343

Gilbert Alejandro Forero Sosa

21131524439

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué/Tolima, Colombia

2022

Diseño y fabricación de un dispositivo electromecánico para el lavado de loza en el hogar

Nicolás Andrey Monsalve Villanueva

Gilbert Alejandro Forero Sosa

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero electromecánico

Director (a):

Ingeniero mecánico especialista. Jesús Armando Fandiño

Línea de Investigación:

Diseño mecánico, materiales de ingeniería y procesos de manufactura

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué/Tolima, Colombia

2022

Nota de aceptación

El trabajo de grado titulado

_____, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Contenido

Introducción.....	13
1. Antecedentes.....	14
2. Objetivos.....	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. Justificación.....	17
4. Marco teórico.....	18
4.1 Como seleccionamos un material.....	18
4.2 Acero inoxidable.....	18
4.3 Polímeros sintéticos.....	20
4.4 Rodamientos rígidos de bola.....	21
4.5 Retenedores mecánicos y O’rings.....	23
4.5.1 Retenedores mecánicos.....	23
4.5.2 O’ring.....	24
4.6 Motorreductores de corriente continua.....	25
4.7 Interruptores eléctricos.....	26
4.8 El jabón y composición del jabón.....	27
4.9 Seguridad.....	27
5. Diseño metodológico.....	28

5.1 Identificación de la necesidad	28
5.2 Síntesis	28
5.3 Análisis	29
5.3.1 Selección	31
5.4 Especificaciones de la tarea	32
5.5 Diseño detallado	33
5.5.1 Diseño estructural para aislamiento del agua con la electricidad	40
5.5.2 Selección de materiales para evitar averías por corrosión.	41
5.5.3 Selección de materiales nobles con la loza para evitar rupturas y/o accidentes al operario	41
6. Fabricación y verificación de funcionamiento.....	44
6.1 Prueba y resultados del funcionamiento del dispositivo	46
7. Cálculos matemáticos.....	58
7.1 Eje.....	59
7.2 Datos.....	59
7.3 Diagrama de cuerpo libre del eje acoplado al motor eléctrico.....	61
7.4 Diseño por resistencia estática	67
7.5 Magnitud y dirección del momento resultante fibra critica B +.....	70
7.6 Prueba matemática	73
7.7 Resistencia estática	74

7.8 Diseño por fatiga	83
7.9 Datos del motor eléctrico.....	86
7.10 Diseño del buje separador.....	87
7.10 Diseño base porta rodamientos.....	90
7.11 Sección troncocónica.....	92
7.12 Datos sección troncocónica.....	92
7.13 Cálculos para selección de rodamientos	97
8. Manual de operación y funcionamiento	101
8.1 Sugerencias y recomendaciones.....	102
8.2 Anexos planos para fabricación de piezas y ensamble del dispositivo	103
9. Conclusiones	110
Referencias	111

Lista de Figuras

Figura 1 Esponjas y guantes para lavar loza	14
Figura 2 Maquina electrónica lava loza y churruscos serdados	15
Figura 3 Barra de acero inoxidable	20
Figura 4 Polímeros sintéticos	21
Figura 5 Velocidad del eje de retenedores mecánicos	23
Figura 6 Nitrilos	24
Figura 7 O´ring	25
Figura 8 Motorreductores	26
Figura 9 Interruptor eléctrico	26
Figura 10 Jabón	27
Figura 11 Posición ideal del dispositivo	33
Figura 12 Motor 37GB31Y 12V Dc gear motor Dc motor 24V	34
Figura 13 Plano motor eléctrico utilizado en el dispositivo	34
Figura 14 Dispositivo para lavar platos y diámetros del cepillo en milímetros	37
Figura 15 Dispositivo para lavar vasos y sus medidas en milímetros	38
Figura 16 Eje, buje separador y disco acoplador motor con medidas en milímetros	38
Figura 17 Componentes internos del dispositivo y anclamiento	39
Figura 18 Ubicación de retenedor mecánico y O´ring	41
Figura 19 Utensilio para lavar platos y utensilio para lavar vasos	44
Figura 20 Componentes de utensilios para lavar platos y vasos.	45
Figura 21 Vista superior e inferior del dispositivo en su puesto de trabajo	45
Figura 22. Chaflan anclado al motor y bujes separadores.....	46

Figura 23 Parte inferior de elemento porta rodamientos con sello para evitar fugas de agua hacia el motor eléctrico	46
Figura 24 Residuos pegado en plato de comida	47
Figura 25 Utensilio para lavar platos en marcha	47
Figura 26 Limpiando plato de comida sucio	48
Figura 27 Resultado de la limpieza al plato	49
Figura 28 Demostración de baso a lavar	50
Figura 29 Limpiando baso.....	51
Figura 30 Demostración limpiada de baso	52
Figura 31 Proceso de lavado a baso	53
Figura 32 Resultado de lavado de baso en utensilio electromecánico	54
Figura 33 Forma de limpieza para parte exterior de un baso	55
Figura 34 Resultado de limpieza exterior de un baso	56
Figura 35 Interruptores de codillo para poner en marcha los utensilios para limpiar loza	57
Figura 36 Plano x-y.....	61
Figura 37 Diagrama de cuerpo libre plano x-z	62
Figura 38 Diagrama de fuerza constante y momento flector plano x-y.....	62
Figura 39 Tramo 2	63
Figura 40 Diagrama de fuerza cortante y momento flector para el plano x-y.....	64
Figura 41 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje con el cepillo grande. Plano x-z.....	64
Figura 42 Diagrama de fuerza cortante y momento flector para el plano x-z.....	66
Figura 43 Construcción del sistema equivalente de fuerzas en fibra critica	68

Figura 44 Plano y-z.....	69
Figura 45 Magnitud y dirección del momento resultante fibra critica B+	70
Figura 46 Ubicación de la gráfica en el punto B ⁺ del eje transmisor del cepillo grande.....	72
Figura 47 Representación gráfica de la carga cortante resultante sobre la fibra critica B ⁺	72
Figura 48 Esquema de la fibra critica	79
Figura 49 Construcción del círculo de Mohr.....	81
Figura 50 Diseño del buje separador.....	87
Figura 51 Cálculos matemáticos para el diseño de base porta rodamientos.	91
Figura 52 Esquema de la sección troncocónica.....	92
Figura 53 Posición de elementos	101
Figura 54 Conexión eléctrica.....	102
Figura 55 Bujó separador	103
Figura 56 Cepillo grande	104
Figura 57 Cepillo pequeño	105
Figura 58 Eje	106
Figura 59 Base porta rodamientos	107
Figura 60 Pieza de sujeción para motor	108
Figura 61 Diagrama eléctrico	109

Lista de Tablas

Tabla 1 Selección	31
Tabla 2 Características del motor eléctrico	35
Tabla 3 Diseño por resistencia estática.	67
Tabla 4 Propiedades y características de aluminio 6061T6 composición química en %	88
Tabla 5 Datos de cálculo de rodamiento 6201.....	99

Resumen

No obstante, a nivel mundial diferentes empresas y personas han optado por crear elementos que nos ayudan en el trabajo de lavar loza; en primer lugar han creado mecanismos robustos que ocupan grandes areas de trabajo o dispositivos pequeños que disminuyen su capacidad de lavado asta en un 70%; en segundo lugar, hay maquinas que tardan alrededor de 2 horas en lavar una tanda de loza sabiendo que manualmente se puede realizar en un tiempo maximo de 30 minutos; en tercer lugar, encontramos elementos con alta tecnologia que los hace vulnerables a niños o ancianos; tambien encontramos electrodomesticos con una maquinaria de operación pobre en calidad de materiales que con el tiempo y uso de la maquina se pueden dañar y hacer que la vida util disminuya asta en un 30%.

El objetivo principal de este proyecto fue diseñar un dispositivo electromecánico que requiera de poco espacio para su operación y para que cualquier integrante de la familia pueda utilizar, debido a esto en este documento se diligencio un proseso detallado del diseño y la fabricacion de un elemento electromecanico pequeño y de facil manipulacion al cual se le aplicaron calculos de ingenieria para poder garantizar su buena operación, vida util y seguridad al operario cuando lo este manipulando.

Como resultado final se obtubieron los pronosticos esperados que eran diseñar y fabricar en elemento electromecanico para el lavado de loza en el hogar con un valor economico no superior a los \$ 500.000.

Palabras clave: diseño y frabricacion, dispositivo electromecanico, utensilio, lavado de loza, calculos de ingenieria.

Abstract

However, worldwide different companies and people have chosen to create devices that help us in the task of washing earthenware; first of all we find robust devices that occupy large areas or small devices that decrease their washing capacity by 70%; secondly, devices that take around 2 hours to wash a batch of earthenware knowing that it can be done manually in a maximum time of 30 minutes; thirdly, we find elements with high technology that makes them vulnerable to children or the elderly; We also find devices with a poor operating machinery in quality of materials that with time and use of the machine can be damaged and cause the useful life of the device to decrease by 30%.

The main objective of this project was to design an electromechanical device that requires little space for its operation and for any member of the family to use. Due to this, in this document a detailed proceso of design and the manufacture of a small and easy-to-manipulate electromechanical device was developed to which engineering calculations were applied to each of the elements that compose it in order to guarantee its good operation and safety to the operator when he is manipulating it.

As a final result, all the desired forecasts were obtained and also gave way to a new design of a tool to wash dishes in a dishwasher of a home.

Keywords: design and frabricacion, electromechanical device, utensil, washing of earthenware, engineering calculations.

Introducción

La tecnología y la elaboración de un lavalozas como instrumento funcional en el hogar da facilidad a tareas corrientes o dispendiosas que requieren mayor cantidad de higiene, tiempo u organización. A partir de la conceptualización teórica del agua, la tecnología de los materiales y el diseño de máquinas se pretende aplicar un desarrollo a los sistemas electromecánicos para una actividad que funcione de forma óptima y diferente, transformando las prácticas comunes.

También se construye la posibilidad de participar en el diseño de herramientas que respondan a las necesidades de la comunidad, configuren nuevas maneras de emplear la energía y los recursos naturales con instrumentos de la realidad para el servicio del hombre.

A nivel mundial diferentes empresas y personas han optado por crear dispositivos o utensilios que nos ayudan en esta labor de lavar loza, se encuentran proyectos de organización de vajilla en el lavavajillas, elementos de lavado de loza por medio de ultrasonido, métodos de vapor, métodos de agua caliente o simplemente utilizando químicos para remover la mugre de una forma rápida. Ahora bien, se irá a fabricar un dispositivo pensado para suprimir aquellos problemas que genera esta labor, esto resulta ser una tarea curiosa, pero sobre todo importante porque se fabricara un dispositivo con cualidades diferentes a todos los ya propuestos hoy en día.

1. Antecedentes

Para el lavado de loza en un hogar encontramos una variedad de elementos y diferentes maneras para realizar esta labor, algunas personas recurren a emplear utensilios mecánicos como guantes con cerdas, esponjas o churruscos con cerdas plásticas tal como se puede observar en la figura 1, o en otras ocasiones encontramos electrodomésticos o elementos digitales que nos ayudan de una manera más novedosa tal como se aprecia en la figura 2.

Con respecto a los antecedentes, destacamos un proyecto titulado “OPTRA: Sistema que optimiza los recursos necesarios para lavar las vajillas en hogares de estrato tres de la ciudad de Santiago de Cali”, desde el diseño industrial se establece una alternativa para regular el consumo del agua y jabón en el lavado de la vajilla. De esta manera, configura en este proyecto una mirada al uso del agua como recurso indispensable en la implementación de la lava loza. No obstante, las investigaciones al respecto de la construcción y el uso de la lava loza no se establecen mayores antecedentes, por lo cual se profundiza sobre la importancia de generar dicha investigación y analizar los factores esenciales para su funcionamiento o generación de nuevas ideas.

Figura 1

Esponjas y guantes para lavar loza



Fuente: Compra hogar & Cocina (2022) modificada elaboración propia

Figura 2

Maquina electrónica lava loza y churruscos serdados



Fuente: Maquina Lavalozza económica (s.f.) modificada elaboración propia

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar un dispositivo electromecánico que requiera de poco espacio para su operación en el lavado de loza y para que cualquier integrante de la familia pueda utilizar.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica frente a la maquinaria que hay para el lavado de vajilla.
- Diseñar una estructura adecuada para mantener aislada el agua de la electricidad.
- Seleccionar materiales pertinentes para evitar averías por corrosión.
- Seleccionar materiales que sean nobles contra la loza para evitar quebrarla y ocasionar accidentes a quien este lavando la loza.
- Realizar cálculos de ingeniería que justifiquen su propuesta final como alternativa ideal en la solución del problema.
- Fabricar el prototipo y verificar su óptimo funcionamiento para el lavado de la loza.
- Elaborar un manual de uso y operación del dispositivo diseñado, incluyendo normas de seguridad.

3. Justificación

El diseño y la elaboración del dispositivo electromecánico resulto ser novedoso dadas las complicaciones que se han visto con las máquinas y herramientas anteriormente referenciadas o que encontramos en el mercado actualmente. Por ello, el presente proyecto se hace novedoso e importante para todos los individuos del hogar, ya que tiene cualidades diferentes tanto al aspecto físico y a la forma de operación, es práctico, pequeño y podrá ser ubicado en su lugar respectivo para lavar la loza que es el lava platos. Cuenta con materiales capaces de resistir la humedad y la corrosión, cuenta con una estructura práctica para poder realizar algún mantenimiento debido al desgaste de piezas. Así, daremos paso al desarrollo tecnológico en esta nueva herramienta innovadora, que busca cambiar la calidad de vida minimizando el impacto que genera la compleja tarea del lavado de loza.

4. Marco teórico

En el área de la mecánica y la electricidad encontramos muchos contextos o elementos que aún desconocemos por ello damos paso en este espacio para aclarar y dar a conocer conceptos sobre objetos, palabras o cosas claves para dar un entendimiento claro sobre este proyecto.

4.1 Como seleccionamos un material

En la selección de los materiales para la fabricación de algún elemento se tiene en cuenta varios factores, entre ellos las propiedades físicas, mecánicas y químicas, las posibilidades de fabricación, su disponibilidad, su impacto y sus precios, para ello se pueden asumir por conocimiento propio.

4.2 Acero inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de acero con 10% a 12% de cromo contenido en masa.

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). (Equipamiento Tapia, s.f., p. 1)

Gracias a la existencia de este acero las zonas con alto nivel de oxidación han podido trabajar un poco más tranquila ya que el tema de corrosión ha desaparecido, así las máquinas se vuelven más duraderas en estos entornos.

Existen cuatro familias básicas de aceros inoxidable las cuales son martensíticos, dúplex, férricos y austeníticos, estos se clasifican según sus composiciones químicas.

Acero martensítico es un acero inoxidable con altos niveles de cromo y otros elementos, su resistencia a la corrosión es elevada al igual que la resistencia mecánica, se pueden endurecer y son magnéticos. Su estructura es formada por martensita y existen cuatro principales tipos de este acero los cuales son aceros martensíticos puros, martensíticos con parte de ferrita, aceros de martensita blanda y acero martensítico endurecible por precipitación.

El acero inoxidable dúplex contiene proporciones iguales de ferrito y austenita, también tiene cromo, níquel, nitrógeno, silicio, tungsteno, molibdeno o cobre es uno de los inoxidables mas duros y resistentes, es magnético, tiene gran fuerza mecánica, su expansión por temperatura es baja, su dureza no puede incrementar por tratamientos térmicos, es fácil de soldar.

El acero inoxidable austenítico integra las series 200 y 300 AISI, contiene niveles elevados de cromo y níquel y pocos de carbón, no es endurecible por tratamiento térmico, es de fácil comercio, contiene excelente resistencia a la corrosión, buena soldabilidad, es maquinable, su factor de higiene es alto, se puede limpiar fácilmente y no tiene respuesta magnética. La serie 200 AISI contiene aleaciones de cromo, manganeso y nitrógeno, la serie 300 AISI aleaciones de níquel y cromo. Este tipo de acero tiene aplicación en ambientes químicos o húmedos, se implementa en la industria farmacéutica, aeronáutica y alimenticia.

El acero inoxidable férrico es de la serie 400AISII. Este acero tiene baja presencia de cromo y níquel, es menos resistente a la corrosión, es más económico, al ser soldado reduce su ductilidad y puede ocasionar posibles grietas, debido a esos factores que presenta el acero inoxidable ferrítico este acero no está hecho para construcción de estructuras y objetos pesados. Dentro de la serie 400AISII encontramos 2 grados destacados que son 430 y 409 que son

utilizados en fregaderos, interiores de lava vajillas, exteriores de neveras, tubos de escape automotriz.

En la figura 3 se puede ver unas barras de acero inoxidable tal como se pueden encontrar en el comercio.

Figura 3

Barra de acero inoxidable



Fuente: Bing (2022)

4.3 Polímeros sintéticos

Son elementos creados artificialmente véase también en la figura 4, las moléculas que los conforman son grandes bien llamadas macromoléculas que están compuestas por miles de átomos. Estos polímeros son materiales plásticos los cuales son muy utilizados en la industria en todos sus campos, se fabrican desde cerdas para cepillos asta diferentes tipos de engranajes. En los polímeros sintéticos encontramos el polipropileno (empack) que es un material termoplástico muy utilizado en la industria para la fabricación de piezas, es un material que tiene altas resistencias químicas, peso ligero, fricción suave, bajo costo, no adsorbe humedad, es un aislador de corriente y es un material muy blando comparado con los aceros o cerámicas.

Estos materiales sintéticos se eligieron para la fabricación de este dispositivo por que se pueden conseguir fácilmente en comercio, posee bajo costo, tiene buen aspecto físico, también es un material plástico lo cual lo hace que sea un material noble contra la loza o partes del cuerpo humano.

Figura 4

Polímeros sintéticos



Fuente: Bing (2022)

4.4 Rodamientos rígidos de bola

Un rodamiento rígido de bola son esferas de acero que giran a través de dos anillos con carriles que disminuyen la fricción que se produce al haber algún movimiento. Este tipo de rodamientos es el más habitual y son muy versátiles, no producen ruido, tienen baja vibración, soportan cargas radiales y axiales, requieren poco mantenimiento.

Los rodamientos soportan y guían elementos giratorios u oscilantes de las máquinas, por ejemplo, árboles, ejes o ruedas, y transfieren las cargas entre los componentes de la máquina. Ofrecen gran precisión y baja fricción y, por lo tanto, admiten velocidades de giro elevadas al tiempo que reducen el ruido, el calor, el consumo de energía y el

desgaste. Los rodamientos son elementos rentables e intercambiables de las máquinas, que normalmente corresponden a los estándares de dimensiones nacionales o internacionales. (Rodamientos SKF, s.f., p. 1)

Algunos cálculos para rodamientos son los siguientes tomados de catálogo de rodamientos SKF:

- Carga equivalente: $P = (x * F_r) + (Y * F_a)$

Dónde:

P: es la carga equivalente en N

F_r : carga radial aplicada al rodamiento en N

F_a : carga axial aplicada al rodamiento en N

X y Y: valores adimensionales que varían para cada tipo de rodamiento.

- Vida nominal: $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$

Dónde:

L_{10} : vida estimada en millones de revoluciones.

C: capacidad de carga dinámica.

P: carga equivalente sobre rodamiento.

p: 3 para rodamiento de bola y 10/3 para rodamiento de rodillo.

- Vida nominal ajustada: $L_{na} = a_1 * a_{23} * L_{10}$

Donde:

a_1 : factor de fiabilidad de rodamiento obtenido por tablas.

a_{23} : calidad de lubricación.

L_{10} : vida estimada en millones de revoluciones.

4.5 Retenedores mecánicos y O'rings

4.5.1 Retenedores mecánicos.

Un retenedor mecánico son piezas de caucho utilizadas para aislar fluidos como grasa, aceite, agua y/o polvo. Son piezas que sirven de encaje, estos retenedores (figura 6) deben estar lubricados para su mayor rendimiento y obtener una vida útil mayor. Estos retenedores mecánicos se pueden seleccionar por medio de tablas teniendo en cuenta las revoluciones por minuto en que gira el eje sobre el anillo, entendiendo que si trabaja con demasiado ajuste el retenedor se puede quemar y si no tiene el ajuste necesario no retendrá el fluido.

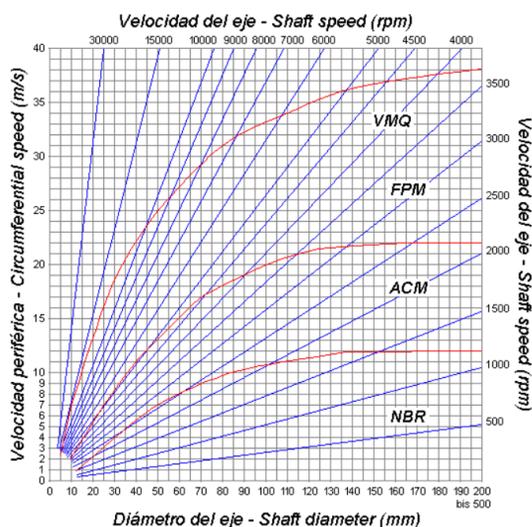
A continuación, se ilustrará en la figura 5 una imagen la cual servirá de herramienta para seleccionar el material adecuado del retenedor a utilizar.

Figura 5

Velocidad del eje de retenedores mecánicos

Los materiales que se analizan corresponde a los símbolos:

- NBR: Material sintético (Nitrilos)
- ACM: Compuesto poliacrílico
- FPM: Compuesto fluorelastómero Viton
- VMQ: Silicona



Fuente: Rodamientos y suministros Sicoris S.A. (s.f.)

- Materiales y características:

- ✓ Nitrilos NBR (s): son los retenedores más comunes y se emplean donde la temperatura, la velocidad de giro del eje, desplazamientos, excentricidad y lubricación se encuentran en condiciones normales alcanzando una temperatura máxima de funcionamiento a 120°C
- ✓ Poliacrílicos ACM (n): estos se deben emplear en ocasiones donde la temperatura excede los 150°C y se le agrega una serie de aditivos para una extrema precisión en el lubricante.
- ✓ Siliconas VMQ (h): su aplicación es en motores de alto rendimiento y transmisiones, pero no debe ser utilizado con lubricantes de engranajes y aceites GL4, su temperatura de trabajo alcanza los 178°C.
- ✓ Elastómeros fluorados FPM (v) Viton: son resistentes a productos químicos y su temperatura de trabajo es asequible a los 205°C y -40°C.

Figura 6

Nitrilos



Fuente: Bing (2022)

4.5.2 O'ring.

Son anillos de caucho (figura 7), que usan como método de sellado para fluidos y su gran característica es su capacidad de estanqueidad. Son muy utilizados en la industria automotriz ya

que pueden trabajar bajo varios rangos de presión y temperaturas, además su facilidad de poder cambiarlos es grande y su valor económico es bajo.

Los estándares de medidas están sujetas a su diámetro interior y a su sección transversal.

Figura 7

O´ring



Fuente: Bing (2022)

4.6 Motorreductores de corriente continua

Estos son motores eléctricos que funcionan con corriente continua, además de eso a su estructura va ensamblada una serie de engranajes que sirven de reductores de velocidad, pero incrementadores de fuerza manteniendo su capacidad de control, utilizados en robótica, en máquinas de producción y diferentes campos de producción, comúnmente los más utilizados son los alimentados a 12v y 24v corriente directa.

Los motorreductores a corriente directa (figura 8) son pequeños en comparación a los de corriente alterna, siendo su tamaño máximo normal 15cm x 15cm, son ideales para utensilios pequeños.

Algunas ecuaciones que se pueden aplicar para conocer algunos factores de un motor eléctrico son las siguientes: $P = M * W$

Donde:

P: potencia (se da en vatios o hp)

M: es el par motor (se da en N.m)

W: es la velocidad angular (se da en Radianes/ segundos ó R.P.M)

Figura 8

Motorreductores



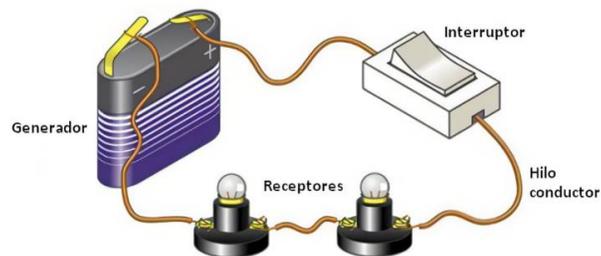
Fuente: Hsiang Neng DC Micro Motor Manufacturing (2022)

4.7 Interruptores eléctricos

Elementos utilizados como alternativa para el corte de fluido eléctrico en un hogar como en una planta eléctrica tipo industrial. Su funcionamiento trata de un circuito eléctrico que corta y abre el flujo de corriente eléctrica de manera eficiente como lo podemos ver en la figura 9.

Figura 9

Interruptor eléctrico



Fuente: Bing (2022)

4.8 El jabón y composición del jabón

El jabón es el insumo que sirve para la higiene personal y también se puede usar para lavar objetos, los hay en diferentes aspectos líquidos y sólidos. El jabón es el resultado de una reacción química entre un álcali (hidróxido de sodio o de potasio) y algún ácido graso esta reacción se denomina saponificación. El ácido graso puede ser cualquier grasa animal (grasa de cerdo) o vegetal (aceite de coco, aceite de oliva). Añadiendo a lo anterior, hoy en día se pueden ver en el comercio muchas clases de jabones como lo son el jabón líquido (figura 10), jabón en polvo, jabón en pastilla, y se clasifican según sea su función final.

Figura 10

Jabón



Fuente: Pinterest (s.f.)

4.9 Seguridad

La seguridad es la ausencia de riesgo y/o confianza a algo es un estado de bienestar que se puede disfrutar, en la seguridad se busca disminuir niveles de riesgo a una persona, maquina o medio ambiente.

La seguridad también es una necesidad básica frente a cada elemento y la ausencia de miedo.

5. Diseño metodológico

En esta parte se ha empleado un proceso de diseño de seis pasos donde cada paso nos será de guía para la selección adecuada del dispositivo y así tener un diseño físico y funcional eficiente. A continuación, damos paso al proceso de diseño del dispositivo.

5.1 Identificación de la necesidad

En ocasiones no se dispone de mucho tiempo para lavar la loza de una vez o simplemente nos da pereza lavar un solo traste en el momento, el lavar la loza en repetidas ocasiones cansa y más si toca lavar la loza de todos los integrantes de la familia sin ningún tipo de ayuda, al refregar un plato de comida con nuestras manos cansa, es molesto y en ocasiones el jabón que se utiliza daña nuestras manos generando hongos, resequedad o en las mujeres debilitándole las uñas, cosa que a ellas las desmotiva o les molesta. En el mercado encontramos electrodomésticos que nos ayudan en esta labor, pero no todas las personas tienen la capacidad económica para adquirir ese producto o no alcanzan el nivel de satisfacción al adquirirlos.

Al realizar una investigación bibliográfica frente a la maquinaria que hay para el lavado de vajilla se encuentra que hay una empresa llamada “capracho soluciones” la cual tiene a disposición maquinas robustas de tipo industrial para el lavado de loza, este tipo de investigación resulta un poco frustrante ya que no se dispone de gran cantidad resultados en su búsqueda.

5.2 Síntesis

Algunas ideas para el desarrollo de nuestro dispositivo se mencionarán a continuación.

- Idea número 1: dos lugares independientes para lavado, elementos empotrados a la lava platos por medio de tornillería, dos motores eléctricos, dos interruptores eléctricos, materiales resistentes a la corrosión, un elemento porta cerdas removibles y uno fijo para lavar vasos.

- Idea número 2: esta idea será igual a la idea número 1 pero los interruptores eléctricos serán cambiados por sensores de movimiento infrarrojos para que las cerdas plásticas actúen una vez allá un traste cerca de él.
- Idea número 3: un lugar de lavado, cerdas para jugado removibles, un motor eléctrico, sensores de movimiento, anclamiento a la lava platos por medio de tornillería, materiales resistentes a la corrosión y velocidades de giro graduables.
- Idea número 4: dos lugares de lavado, puesta en marcha de motores por medio de presión vertical hacia abajo, materiales resistentes a la corrosión.
- Idea número 5: dos lugares de lavado, un motor eléctrico, puesta en marcha a motor por medio de sensor de movimiento.

5.3 Análisis

Analizaremos las ideas propuestas en la síntesis y aceptaremos, rechazaremos o modificaremos estas ideas.

- Idea número 1: al tener dos lugares para lavar nos da la opción de disponer uno para platos y bandejas y otro para vasos y tasas, al poder empotrar los elementos al lava platos por medio de tornillería nos da la facilidad de poder remover el elemento cuando lo deseemos bien sea para realizar mantenimiento o cambio del dispositivo, al tener dos motores eléctricos nos da la alternativa de poder hacer mover las cerdas de forma independiente y directa por medio de interruptores de corriente, los materiales resistentes a la corrosión son esenciales debido a que estará ubicado en una zona con bastante flujo de agua y alimentos, al poder remover el disco limpiador de platos nos da facilidad de limpiar el lava platos de una forma cómoda debido a que este disco dispone de un tamaño mayor al del limpia vasos.

- Idea número 2: al utilizar sensores de movimiento infrarrojos nos daría un diseño con un poco más de clase e innovación y a la hora de operación podrá generar un poco más de confort, pero debido al comercio nos resulta un poco difícil encontrar el sensor ideal para utilizar en este dispositivo, además se por error dejamos un traste en el lava platos esta ara que el dispositivo se ponga en marcha cuando no lo deseemos.
- Idea número 3: es una buena alternativa, pero a la hora de lavar toca separar la loza debido a que solo disponemos de una zona de jugado, al estar haciendo el cambio de cerdas (el cual se debe hacer ya que las herramientas de lavado para un plato tienen diferente horma a la de los vasos) aumenta el desgaste de piezas mecánicas y hace que la vida útil del dispositivo disminuya y la fatiga de la persona aumente. al poder empotrar los elementos a la lava platos por medio de tornillería nos da la facilidad de poder remover el elemento cuando lo deseemos bien sea para realizar mantenimiento o cambio del dispositivo, los materiales resistentes a la corrosión son esenciales debido a que estará ubicado en una zona con bastante flujo de agua y alimentos, al tener graduación de velocidad para los motores nos da la opción de elegir nuestro ritmo de lavado.
- Idea número 4: disponemos de dos lugares para lavar dando la opción de elegir la zona para lavar platos y vasos, la opción de puesta en marcha de las cerdas por medio de presión vertical es buena pero mala debido a que al ejercer presión a la loza la podemos quebrar o deformar y generar accidentes al operario del dispositivo, los materiales resistentes a la corrosión son esenciales debido a que estará ubicado en una zona con bastante flujo de agua y alimentos.
- Idea número 5: los dos lugares de lavado nos dan la opción de elegir la zona para lavar plato y vasos y así agilizar el proceso de lavado, al disponer de un motor eléctrico

tendremos que diseñar una serie de engranajes o poleas para hacer mover las dos zonas de lavado generando que las dos zonas se muevan a la vez y esto ara a que tengamos que elegir un motor eléctrico con mayor exigencia, al emplear un sensor de movimiento es novedoso pero complicado a la hora de conseguir el ideal para el diseño eficaz del dispositivo.

5.3.1 Selección

Debido a la síntesis y los análisis de las ideas propuestas para el diseño físico y funcional del dispositivo damos paso a la selección de idea, donde acudimos a la realización de una matriz para la selección. Evaluaremos cada idea y se escogeremos la de mayor puntaje para dar inicio a un diseño más detallado de dicha idea.

Los aspectos que evaluaremos en la matriz serán, operación, seguridad en operación, problemas a futuro, probabilidades de fabricación, comercio, maquinaria, disponibilidad de piezas. Estas irán con una calificación de 1 a 3 donde 1 será la menos adecuada o más problemas tenga y 3 la más adecuada o menos problemas tenga.

Tabla 1.

Selección

	Idea 1	Idea 2	Idea 3	Idea 4	Idea 5
Operación	3	2	2	3	2
Seguridad en operación	3	2	2	3	2
Problemas a futuro	3	2	2	1	1
probabilidades de fabricación	3	2	3	1	1
costos	2	1	2	1	1
Maquinaria	3	3	3	1	1

	Idea 1	Idea 2	Idea 3	Idea 4	Idea 5
Disponibilidad de piezas	3	2	3	1	1
Total	20	14	17	11	9

Fuente: Elaboración propia

Gracias a los resultados obtenidos en la matriz damos por seleccionar la idea numero 1 ya que cuenta con aspectos adecuados para un buen funcionamiento.

Debido a esto continuamos con un diseño detallado para cada elemento que compone nuestro dispositivo para el lavado de loza en el hogar.

5.4 Especificaciones de la tarea

Este dispositivo electromecánico es el encargado de remover los residuos que quedan pegados en la losa después de haberlos utilizado en alguna actividad.

Dadas las diferentes dimensiones y formas de los platos y vasos que encontramos en una casa, este dispositivo se hizo para que sea capaz de limpiar platos pandos y hondos con dimensiones máximas a 13” de diámetro (33,02 cm), también se puede limpiar bandejas de entre 10” a 14” de diámetro (25.40 cm, 35,56 cm) y pocillos con diámetros interiores de 4.5cm como mínimo y de altura máxima 12cm, además este dispositivo cuenta con el área para lavar tazas que normalmente vienen con dimensiones de 9cm de ancho por 6cm de altura. Para la instalación de este dispositivo se requiere de un lavaplatos con dimensiones mínimas de 35cm x 50cm x 14cm (largo, ancho y profundidad) y tendrá que ser ubicado excéntricamente en el área del lava platos como se ve mostrado en la figura 11.

Figura 11

Posición ideal del dispositivo



Fuente: Elaboración propia

Con mayor experiencia práctica en el uso del dispositivo, se podrá hacer el lavado correspondiente a cubiertos u otros elementos encontrados en la cocina de un hogar.

5.5 Diseño detallado

Con un diseño físico obtenido gracias a herramientas digitales y nuestra imaginación, se procedió a analizar cada elemento que compone al dispositivo y así proceder con su fabricación y ensamble.

Para la selección de los motores eléctricos se escogió un intervalo de 500rpm a 600rpm y un torque de 2kgcm como mínimo, debido a que las revoluciones por minuto no podrían ser altas porque podía causar accidentes al operario y/o hacer zafar la loza de las manos del operario y la loza terminaría quebrándose. También al tener bajas rpm el dispositivo no tendría un agrado satisfactorio al ser utilizado ya que tardaba más tiempo para remover la mugre de la loza eso generaba mal confort.

Se seleccionó el motor 37GB31Y 12V Dc gear motor Dc motor 24V, 4.4a que es el mostrado en la figura 12, 13. En la tabla 2 encontraremos las características del motor resaltado en color verde.

Figura 12

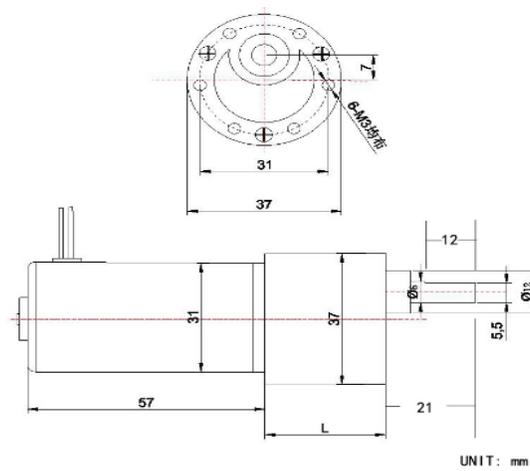
Motor 37GB31Y 12V Dc gear motor Dc motor 24V



Fuente: Made in China connecting buyers with chinese suppliers (2022)

Figura 13

Plano motor eléctrico utilizado en el dispositivo



Fuente: Made in China connecting buyers with chinese suppliers (2022)

Tabla 2

Características del motor eléctrico

Type	Voltage		No Load		Load Torque			Stall		Reducer	Size
	Workable	Rated	Speed	Current	Speed	Current	Torque	Torque	Current	Ratio	Length
	Range	Volt.V	rpm	MA	rpm	A	Kg.cm	Kg.cm	A	1:00	MM
1280	6-12V	12V	1270	≤350	1050	≤1	1.3	3	6.6	6.3	19
	6-12V	12V	800	≤350	660	≤1	2	5	6.6	10	
	6-12V	12V	420	≤350	350	≤1	3.8	9	6.6	19	
	6-12V	12V	260	≤350	220	≤1	6	15	6.6	30	22
	6-12V	12V	140	≤350	110	≤1	11.2	27	6.6	56	
	6-12V	12V	90	≤350	73	≤1	18	35	6.6	90	24
	6-12V	12V	60	≤350	50	≤1	26	≤35	-	131	
	6-12V	12V	47	≤350	40	≤1	33		-	168	
	6-12V	12V	30	≤350	24	≤1	≤35		-	270	26.5
6-12V	12V	16	≤350	13	≤1	-		506			
6-12V	12V	10	≤350	8	≤1	-		810	29		
2480	6-24V	24V	1270	≤280	1050	≤1	1.3	3	4.4	6.3	19
	6-24V	24V	800	≤280	660	≤1	2	5	4.4	10	
	6-24V	24V	420	≤280	350	≤1	3.8	9	4.4	19	
	6-24V	24V	260	≤280	220	≤1	6	15	4.4	30	22
	6-24V	24V	140	≤280	110	≤1	11.2	27	4.4	56	
	6-24V	24V	90	≤280	73	≤1	18	35	4.4	90	24
	6-24V	24V	60	≤280	50	≤1	26	≤35	-	131	
	6-24V	24V	47	≤280	40	≤1	33		-	168	
	6-24V	24V	30	≤280	24	≤1	≤35		-	270	26.5
6-24V	24V	16	≤280	13	≤1	-		506			
6-24V	24V	10	≤280	8	≤1	-		810	29		
2450	6-24V	24V	800	≤100	630	≤0.6	1.3	2.3	2	6.3	19
	6-24V	24V	500	≤100	400	≤0.6	2	4.5	2.3	10	
	6-24V	24V	260	≤100	200	≤0.6	3.8	8	2	19	
	6-24V	24V	165	≤100	130	≤0.6	6	12	2	30	22
	6-24V	24V	90	≤100	70	≤0.6	11.2	23	2	56	
	6-24V	24V	55	≤100	44	≤0.6	18	35	2	90	24
	6-24V	24V	38	≤100	30	≤0.6	26	≤35	-	131	
	6-24V	24V	30	≤100	24	≤0.6	33		-	168	
	6-24V	24V	18	≤100	14	≤0.6	≤35		-	270	26.5
6-24V	24V	10	≤100	8	≤0.6	-		506			
6-24V	24V	6	≤100	4.5	≤0.6	-		810	29		
2435	6-24V	24V	555	≤80	420	≤0.3	0.6	1.3	1.8	6.3	19
	6-24V	24V	350	≤80	270	≤0.3	1	3	1.8	10	
	6-24V	24V	180	≤80	140	≤0.3	1.9	6	1.8	19	
	6-24V	24V	116	≤80	90	≤0.3	3	9	1.8	30	22
	6-24V	24V	62	≤80	47	≤0.3	5.6	15	1.8	56	
	6-24V	24V	38	≤80	30	≤0.3	9	27	1.8	90	24
	6-24V	24V	26	≤80	23	≤0.3	13	≤35	-	131	
	6-24V	24V	20	≤80	15	≤0.3	16		-	168	
	6-24V	24V	13	≤80	10	≤0.3	27		-	270	26.5
6-24V	24V	7	≤80	5	≤0.3	≤35	-	506			
6-24V	24V	4	≤80	3	≤0.3		-	810	29		

Fuente: Made in China connecting buyers with Chinese suppliers (2022)

Al hacer la búsqueda de los motores eléctricos se encontró motorreductores que cumplían con las características requeridas y que funcionaban con corriente directa por lo tanto se tuvo que emplear un dispositivo electrónico que fuera capaz de transformar la corriente

residencial (110v CA) en corriente directa, para eso se optó por utilizar un adaptador de conmutación o también llamado dongle de referencia SPN-A069 de 60 W que nos entrega 24V de CD y 5A lo necesario para poner a funcionar los motores eléctricos.

Para poner en marcha los motores eléctricos se optó por implementar 2 interruptores de codillo de dos posiciones on/off los cuales son de fácil accionamiento para que cualquier integrante de la familia pueda utilizar sin ningún inconveniente. Esta herramienta además de ser fácil de utilizar también podemos cortar el paso de energía de manera controlada y así detener fácilmente el dispositivo en caso de emergencia. Se optó por colocar estos interruptores porque son fáciles de conseguir en el comercio, su funcionamiento es muy básico y no requiere implementar elementos electrónicos. Estos interruptores irán ensamblados dentro de una caja para proyectos número 2 la cual podrá ser ubicada a beneficio propio así podrá estar al alcance niños y ancianos que quieran utilizar este dispositivo, además para la seguridad de los niños y tranquilidad de los adultos el circuito eléctrico dispone de campo para poder agregar un interruptor auxiliar para bloquear el dispositivo en caso de no haber personas adultas en el lugar.

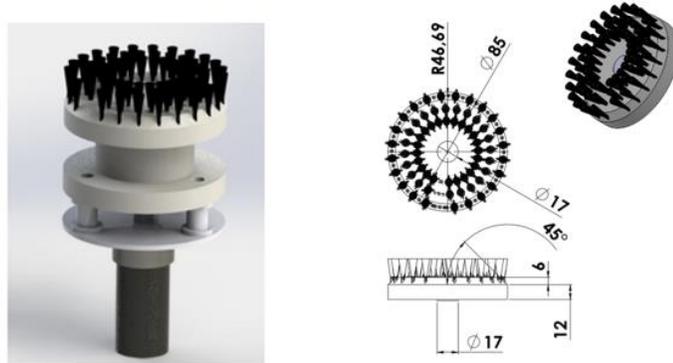
Las cerdas encargadas de remover los residuos quedados en la loza son cerdas plásticas cortas y finas para que no rayen la superficie de la loza.

Su estructura física es circular, esto ayudó a que no se ocupara tanto espacio en el lava platos y a dar un buen aspecto físico, para su fabricación se dispone de menor cantidad de máquinas herramientas y esto ahorró costos en la fabricación.

A continuación, en las figuras 14, 15 y 16 mostraremos un diseño detallado de las dimensiones y los diámetros del dispositivo creado. Esto se ha hecho con ayuda de softwares de diseño como SolidWorks.

Figura 14

Dispositivo para lavar platos y diámetros del cepillo en milímetros



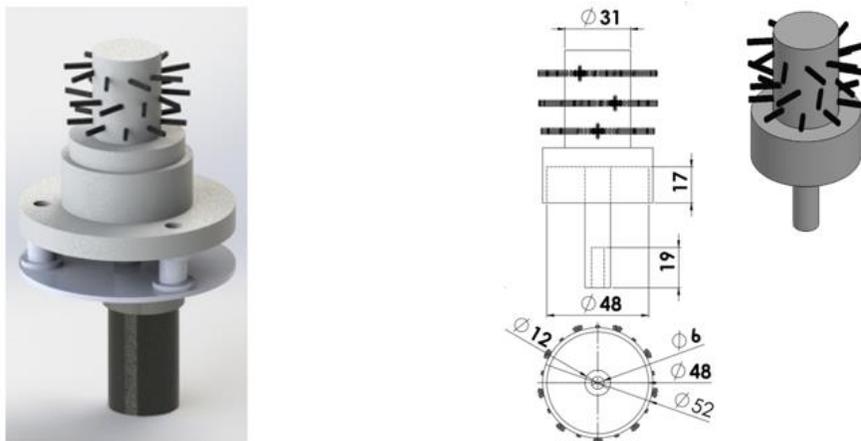
Fuente: Elaboración propia

El dispositivo cuenta con un disco cerdado, fabricado en teflón empack y con cerdas ancladas a él. Este diseño circular se escogió debido a que este elemento al tener contacto directo con la losa no debe tener puntas ya que podrían ocasionar choques bruscos con la loza o manos del operario. Las cerdas cuentan con un largo de 2.5cm y fueron ancladas en forma de anillo para poder aprovechar la superficie circular del disco.

Para el elemento a lavar vasos se tuvo en cuenta la forma cilíndrica de un vaso y se escogió un diseño tubular largo en material teflón empack con cerdas plásticas ancladas a él a presión.

Figura 15

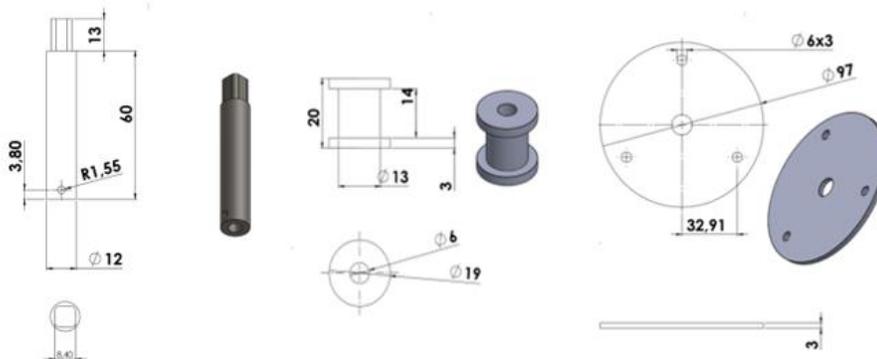
Dispositivo para lavar vasos y sus medidas en milímetros



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Eje, buje separador y disco acoplador motor con medidas en milímetros



Fuente: Elaboración propia

Los bujes separadores van debajo del sistema, separando el disco acoplador motor de la lava platos para permitir flujo libre de aire y evitar condensación de agua. se requirieron hacer debido a la humedad de la zona.

El eje cuenta con un diámetro de 12 milímetros por 10cm de largo para cada utensilio, fabricado en acero inoxidable austenítico (mirar en el marco teórico características del acero

inoxidable) capaz de soportar el trabajo al que será sometido. En la punta del eje hay un cuadrante el cual se acopla al disco cerdado, se diseñó de esta manera para tener comodidad a la hora de hacer limpieza en el lava platos o para remover fácilmente la mugre que podría quedar pegada en las cerdas.

El disco acoplador se debió hacer debido que los motores eléctricos debían estar lo más compacto posible dentro del sistema para ello se diseñó un disco el cual nos sirve para poder ensamblar la parte que va dentro del lava platos con la parte que va debajo del lava platos directamente con el motor. Este se fabricó en aluminio debido a su poco peso, fácil maquinado y bajo costo en comparación con el acero inoxidable.

Debido a que manejamos un eje y debemos transmitir un movimiento giratorio sin fricción decidimos emplear una serie de rodamientos para cada base de donde giran los ejes. Este caso de doble rodamiento se hizo por gusto propio de diseño. Además, al emplear doble rodamiento en cada base del sistema aumenta la estabilidad en su operación, en la figura 17 podemos ver referenciado el dispositivo anclado al lavaplatos con sus elementos que lo componen.

Figura 17

Componentes internos del dispositivo y anclamiento



Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Diseño estructural para aislamiento del agua con la electricidad

Para la instalación del dispositivo se tendrá que realizar 8 perforaciones en la base del lava platos las cuales serán útiles para el acoplamiento del motor eléctrico y la base porta rodamientos del sistema, donde los motores eléctricos irán acoplados a la parte de abajo del lava platos y la base porta rodamientos en la parte de arriba del lava platos. Al tener que utilizar agua para jugar la loza; la implementación de las perforaciones se hace peligrosa ya que el agua puede filtrarse por allí y coaccionar averías por corto circuito.

Para el control del aislamiento del agua con el sistema eléctrico, a las bases porta rodamientos se les realizó una ranura para colocar un O'ring o anillo de retención en la parte inferior de ellas como se ve referenciado en la figura 18. En la parte superior de las bases porta rodamientos se dejó un espacio donde tendrá que ir instalado un retenedor mecánico de referencia Nitrilo NBR el cual actuara sobre un eje y retendrá toda el agua que quiera irse por ahí, además de esto cuidara los rodamientos que actuaran esta área de la estructura, la referencia del retenedor se obtuvo mediante la figura 5. En donde para hacer la selección se debe tener en cuenta dos datos de entrada que son el diámetro y la velocidad en que gira el eje para ubicar una línea azul que llegara a una zona específica marcada con la referencia del retenedor.

Datos de entrada:

Diámetro del eje: 12mm

Velocidad de giro del eje: 1050rpm

Figura 18

Ubicación de retenedor mecánico y O'ring.



Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Selección de materiales para evitar averías por corrosión.

Para evitar la corrosión se debe evitar la oxidación, teniendo en cuenta la presencia alta de oxígeno en el área de operación, la implementación de acero en algunas piezas del dispositivo y a la forma común en que se presenta en los metales, los problemas que se pueden presentar al tener elementos metálicos oxidados en el dispositivo son altos por eso se decidió implementar el acero inoxidable como material indispensable para fabricación de piezas metálicas implementadas para la construcción y funcionamiento del dispositivo.

5.5.3 Selección de materiales nobles con la loza para evitar rupturas y/o accidentes al operario

Para lavar un plato el operario tendrá que dirigir el plato a un disco cerdado que este estará girando mientras es oprimido un interruptor de corriente el tener contacto directo el operario con un disco en movimiento puede ser peligroso porque el operario por accidente puede

dejar chocar el plato con el disco y si este es de un material muy pesado y fuerte fácilmente el plato se podrá romper y cortar al operario.

El dejar losa acumulada en el lava platos es un acto peligroso y más cuando estamos lavando y tenemos jabón en la zona porque la losa se desliza fácil y choca contra otros objetos. en algunas ocasiones estos se despican y en otras se quiebran.

Al tener al dispositivo ubicado en esta zona se genera un obstáculo más en el que la losa puede chocar. Este obstáculo debe ser lo más blando posible para que pueda amortiguar el golpe ocasionado por algún plato y baso, pero tampoco muy blando porque se puede deformar fácilmente. Para eso se realizó un análisis en utensilios para lavar losa y se dio cuenta que estos son fabricados en materiales plásticos o madera, realizando un análisis de estos dos materiales el plástico resulta ser el más viable debido a la compactación de moléculas ya que la madera tiende a quebrarse al ser sometida a grandes cargas o esfuerzos cortantes.

Teniendo como referencia el plástico nos damos a la búsqueda de plásticos maquinables para uso de ingeniería entre ellos comercialmente encontramos el teflón, empack y nylon 6.6.

- **Teflón**

Químicamente es llamado politetrafluoroetileno y es un polímero parecido al polietileno, es capaz de resistir altas temperaturas hasta 260°C por eso lo hace útil para elaboración de piezas que trabajan a altas temperaturas.

- **Empack**

Es un material polimérico que posee propiedades similares a los metales, es de bajo costo, su maquinada es fácil, tiene alta resistencia mecánica, poco peso, elevado módulo de elasticidad (frágil con la losa), baja absorción a la humedad y es aislador de corriente eléctrica.

- **Nylon 6.6**

Es un polímero sintético muy resistente echo de monómeros es utilizado cuando se es requerido tener alta resistencia mecánica, buena rigidez, estabilidad bajo calor y alta resistencia química.

Teniendo como referencia estos 3 tipos de material hemos seleccionado el empack para la fabricación de partes que estén expuestas al contacto directo con la loza, gracias al bajo costo, su fabricación, sus propiedades mecánicas y fácil procedo de maquinado.

6. Fabricación y verificación de funcionamiento

A la hora de fabricar algún elemento se requiere la necesidad de emplear algún tipo de maquina o herramienta que nos ayude en este proceso, en este caso para la fabricación de las partes que componen este dispositivo se implementaron máquinas herramientas como el taladro de árbol y el torno convencional, herramientas de mano como lima, taladro de mano y cabeza divisora.

La fabricación del dispositivo estuvo basada en el diseño detallado que se realizó anteriormente. A continuación, en las figuras 19, 20, 21, 22 y 23 se mostrará los resultados del dispositivo ya materializado.

Figura 19

Utensilio para lavar platos y utensilio para lavar vasos



Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Componentes de utensilios para lavar platos y vasos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

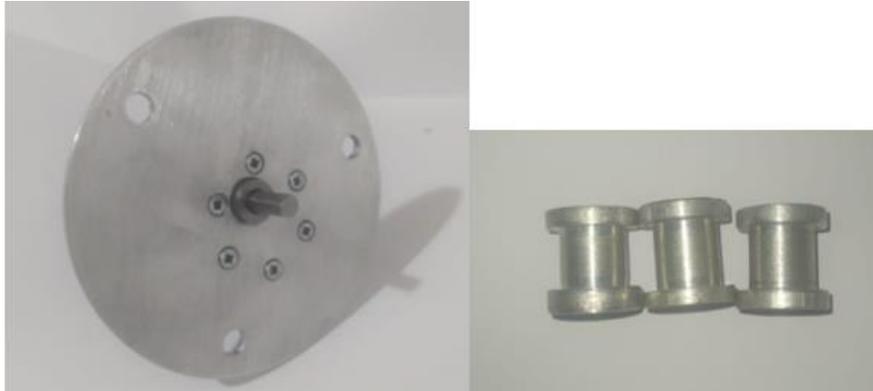
Vista superior e inferior del dispositivo en su puesto de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Figura 22.

Chaflan anclado al motor y bujes separadores.



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Parte inferior de elemento porta rodamientos con sello para evitar fugas de agua hacia el motor eléctrico



Fuente: Elaboración propia

6.1 Prueba y resultados del funcionamiento del dispositivo

El funcionamiento del dispositivo se concluyó al haber implementado un plato y un vaso sucio. Se realizó el montaje y se puso en marcha, agregando poco jabón líquido e implementado

poca agua para evitar salpicaduras bruscas en el entorno se realizó el lavado del plato y el vaso sucio. De la figura 24 a la 35 Se dejó evidenciado la prueba y los resultados del correcto funcionamiento del dispositivo lava losa para el hogar.

Figura 24

Residuos pegados en plato de comida



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Utensilio para lavar platos en marcha



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Limpiando plato de comida sucio



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Resultado de la limpieza al plato



Fuente: Elaboración propia

Figura 28

Demostración de baso a lavar



Fuente: Elaboración propia

Figura 29*Limpiando baso*

Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Demostración limpiada de baso



Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Proceso de lavado a baso



Fuente: Elaboración propia

Figura 32

Resultado de lavado de baso en utensilio electromecánico



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Forma de limpieza para parte exterior de un baso



Fuente: Elaboración propia

Figura 34

Resultado de limpieza exterior de un baso



Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Interruptores de codillo para poner en marcha los utensilios para limpiar loza



Fuente: Elaboración propia

7. Cálculos matemáticos

Para garantizar el funcionamiento y la calidad del dispositivo se optó por realizar cálculos de ingeniería matemáticos a cada componente del dispositivo teniendo en cuenta las cargas que va a soportar y al tipo de trabajo al que va a estar sometido. Los análisis de cargas y fuerzas se le realizaron al utensilio para lavar platos ya que es el que mayor fuerza de trabajo realiza debido al radio del disco que tiene. A continuación, se mostrarán los procedimientos y resultados de cada elemento analizado.

Nota: referencias bibliográficas de libros para diseño de elementos mecánicos de donde se sacaron las ecuaciones referenciadas a final del documento en bibliografía.

7.1 Eje

La fuerza mínima que ejerce el motor eléctrico es de 1,3kg/cm referenciado en la tabla 2. Por tanto, esa fuerza es transmitida directamente al eje, entonces se debe conocer cuáles deben ser sus dimensiones mínimas para que a la hora de trabajar no balla a tener averías algunas. A continuación, se inicia un cálculo de resistencia estática para el diseño del eje, donde se tendrán en cuenta las fuerzas puntuales que actúan sobre este eje a la hora de estar en trabajo.

7.2 Datos

Según Mott R.(2006) y Giancoli D. (1997) se definen las siguientes ecuaciones de torque, velocidad angular, fuerza tangencial, velocidad tangencial y potencia eléctrica.

- Torque generado en el cepillo grande T_E .

Torque en el punto: $T_E = 1.3kgcm$

$$T_E = 1.3Kgcml \times 9.81m/s^2 \times \frac{1m}{100cm} = 0.1275Nm$$

- Velocidad angular del motor w_m . se toma de la tabla 2 y lo que se hace es una conversión de unidades para trabajar en rad/s.

$$w_m = 1050 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1 rev} \times \frac{1min}{60s} = 110 rad/s$$

- Fuerza tangencial en el cepillo grande F_{te}

$$T_E = F_{te} \times r_{te}; \quad 1. \quad F_{te} = \frac{T_{te}}{r_{te}}; \quad F_{te} = \frac{0.13Nm}{0.0425m} = 3.058N$$

Dónde:

T_E : representa el torque generado en el cepillo grande (Nm)

F_{te} : fuerza tangencial en el cepillo grande (N)

r_{te} : radio del cepillo grande (m)

- Velocidad tangencial del motor " V_m "

$$\text{Como: } V_m = w_m r_A; \quad V_m = 110 \frac{rad}{s} \times 3.0 \times 10^{-3} m = 0.33 m/s$$

Dónde:

w_m : representa la velocidad angular del motor eléctrico transmitida al cepillo grande (rpm, rad/s)

r_A : representa el radio de salida del motor eléctrico (mm, m)

V_m : velocidad tangencial del motor (m/s, mm/s)

- Potencia eléctrica del motor p_m

$$\text{Como: } p_m = V \times I \quad I = 280mA = 280 \times 10^{-3} \quad v = 24v$$

$$p_m = (24)(280 \times 10^{-3}) = 6.72W$$

Donde:

I: corriente eléctrica

V: voltaje eléctrico

Pm: potencia eléctrica del motor

- Fuerza tangencial en el eje del motor eléctrico F_t

$$\text{Como: } F_r = \frac{T_m}{r_m}; \quad F_r = \frac{0.13Nm}{3.0 \times 10^{-3}m} = 43.333N$$

Donde:

T_m : representa el torque generado en el eje del motor eléctrico. Tomado de la tabla 2, (Nm)

r_m : representa el radio de salida del motor eléctrico. Extraído de la tabla 2. (m)

7.3 Diagrama de cuerpo libre del eje acoplado al motor eléctrico

El diagrama de cuerpo libre es el referenciado en la figura 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42.

Dónde:

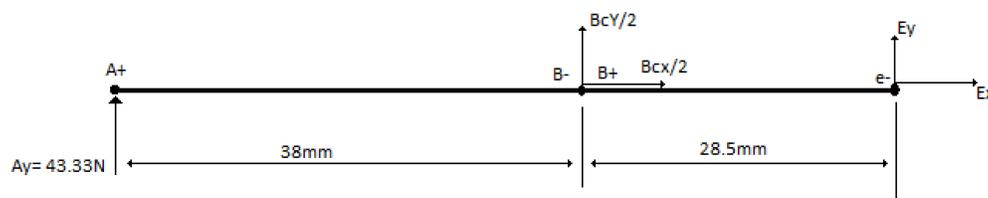
Punto A: representa a la parte final del eje. Donde se une al eje del motor eléctrico. Ver imagen en figura 44.

Punto B: representa a la parte media donde actúan los rodamientos. Ver figura 17.

Punto E: representa a la parte superior del eje donde se encuentra el cuadrante. Ver figura 44.

Figura 36

Plano x-y



Fuente: Elaboración propia

- Ecuaciones de equilibrio para plano x-y

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 = \frac{Bc_x}{2} + E_x$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 = A_y + \frac{BC_y}{2} + E_y;$$

$$0 = 43.3N + \frac{BC_y}{2} + E_y$$

$$\Sigma M_b = 0 = -A_y \times 38mm + 28.5mmE_y$$

$$0 = -43.333N \times 38mm + 28.5mmE_y$$

$$E_y = 57.777N$$

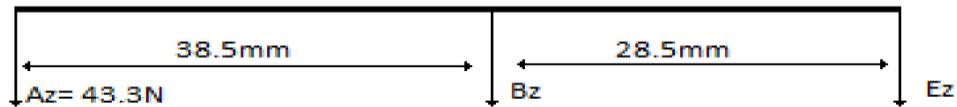
En la ecuación 7

$$0 = 43.33N + BC_y + 57.777N$$

$$B_y = -101.107N \frac{B_y}{2} = -50.55N$$

Figura 37

Diagrama de cuerpo libre plano x-z



Fuente: Elaboración propia

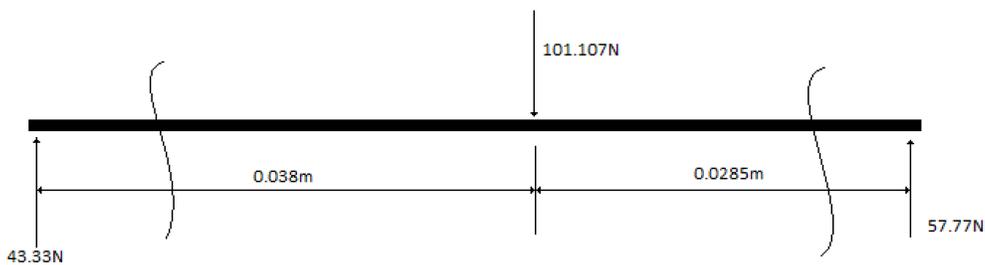
$$\downarrow +\Sigma F_z = 0 = A_z + B_z + E_z; \quad 0 = 43.3N + B_z + 57.73N$$

$$0 = 43.3N + B_z + E_z \quad B_z = -101.03N$$

$$+\Sigma M_B = 0 = 43.3N \times 38mm - E_z \times 28.5mm \quad E_z = 57.73N$$

Figura 38

Diagrama de fuerza constante y momento flector plano x-y



Fuente: Elaboración propia

Tramo 1

$$0 \leq x \leq 0.038m$$

$$\uparrow +\Sigma F_y = 0 = 43.3N + V_1; \quad V_1 = -43.3N$$

$$\curvearrowright +\Sigma M_o = -43.3x + M; \quad M = 43.3x$$

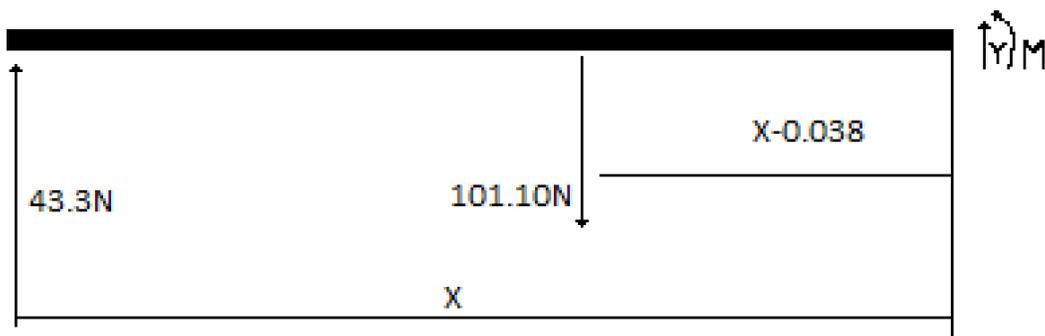
$$si \ x = 0, \ M_1 = 43.3(0) = 0Nm; \ si \ x = 0.038m; \ M_2 = 43.3(0.038) = 1.65Nm$$

Tramo 2

$$0.038m \leq x \leq 0.066m$$

Figura 39

Tramo 2



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X: distancia del eje

$$\uparrow +\Sigma F_y = 0 = 43.3N - 101.10N + V_2; \quad V_2 = 57.8N$$

$$\curvearrow +\Sigma M = 0 = -43.3x + 101.10(x - 0.038) + M$$

$$0 = -43.3x + 101.10x - 3.841 + M$$

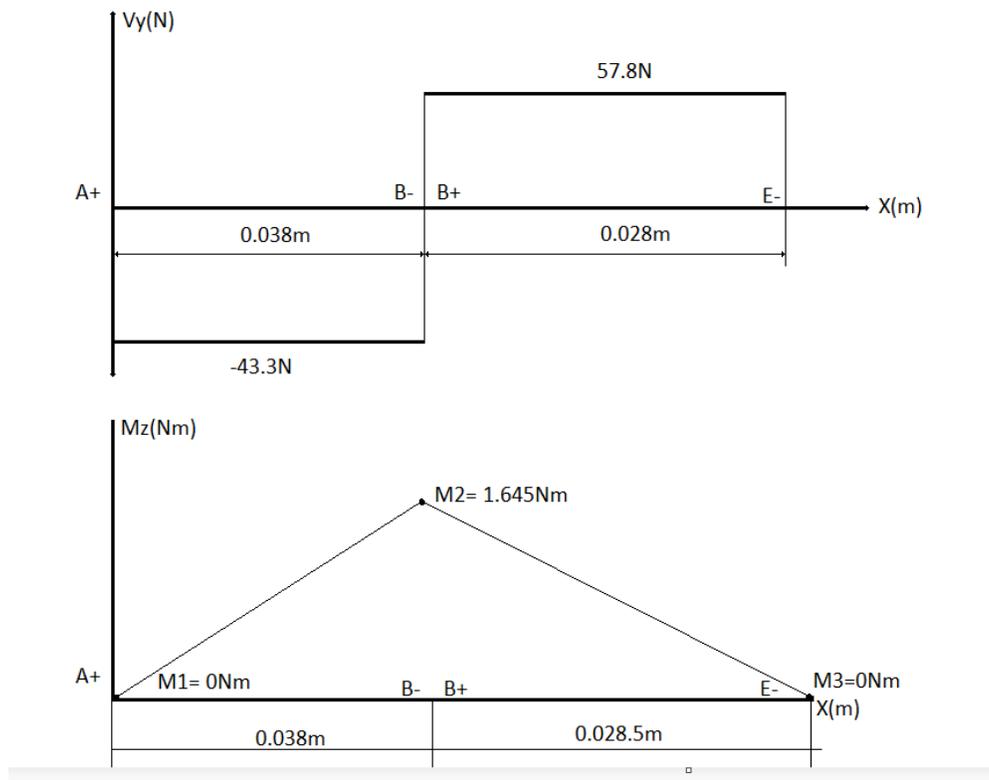
$$0 = 57.8x - 3.841 + M$$

$$\text{si } x = 0.0038m; 0 = 57.8(0.038) - 3.841 + M_3; \quad M_3 = 1.645Nm$$

$$\text{si } x = 0.066m; 0 = 57.8(0.066) - 3.841 + M_4; \quad M_4 = 0Nm$$

Figura 40

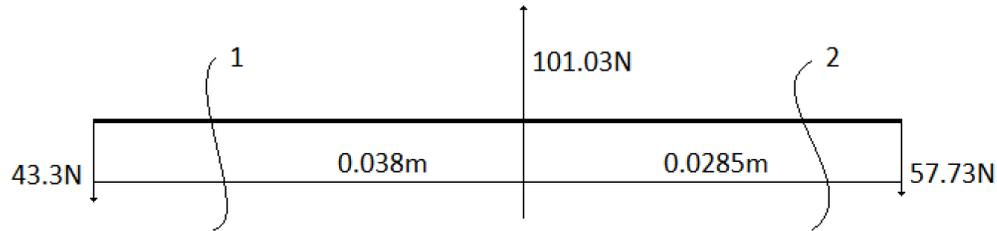
Diagrama de fuerza cortante y momento flector para el plano x-y



Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje con el cepillo grande. Plano x-z



Fuente: Elaboración propia

Tramo 1

$$0 \leq x \leq 0.038$$

$$\downarrow + \Sigma F_z = 0 = 43.3N + V_1 \quad V_1 = -43.3N$$

$$\curvearrow + \Sigma M = 0 = 43.3Nx + M \quad M = -43.3x$$

$$si \ x = 0; \ M_1 = -43.3(0) = 0Nm$$

$$si \ x = 0.038m; \ M_2 = -43.3N(0.038m) = -1.645Nm$$

Tramo 2

$$0.038 \leq x \leq 0.0665m$$

$$\downarrow + \Sigma F_2 = 0 = 43.3N - 101.03N + V_2 \quad V_2 = 57.73N$$

$$\curvearrow + \Sigma M = 0 = 43.3x - 101.03(x - 0.038) + M$$

$$0 = 43.3x - 101.03x + 3.89 + M$$

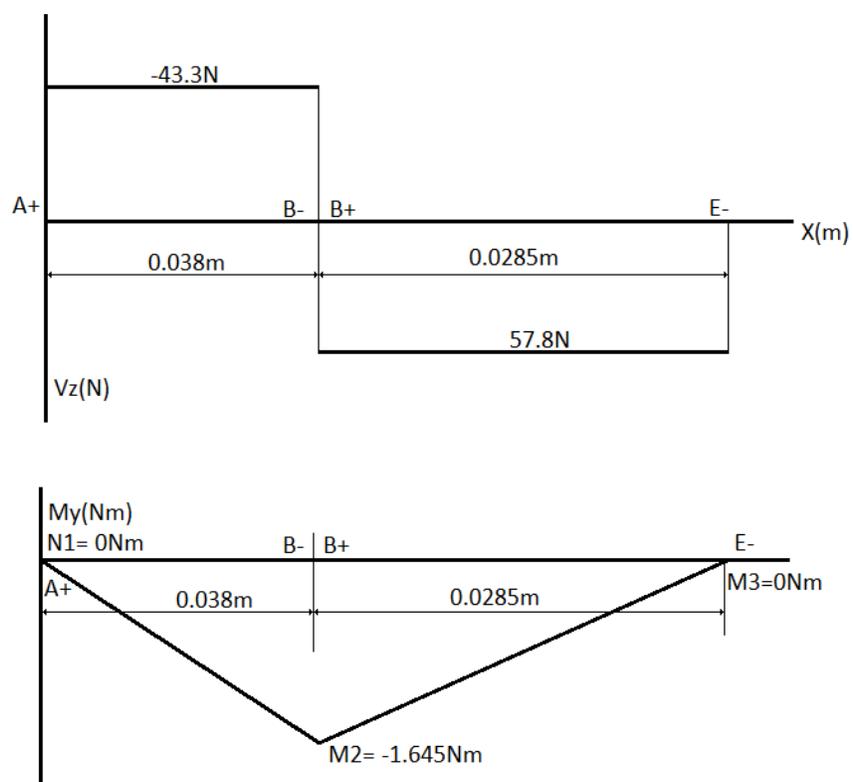
$$0 = -57.73x + 3.839 + M$$

$$si \ x = 0.038m; \ 0 = -57.73(0.038) + 3.839 + M \quad M_3 = -1.645Nm$$

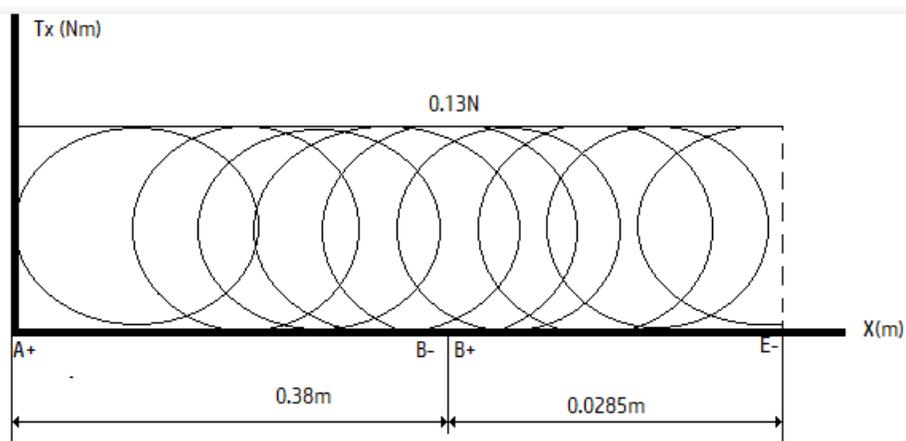
$$si \ x = 0.065m; \ 0 = -57.73(0.0665) + 3.839 + M \quad M_4 = 0Nm$$

Figura 42

Diagrama de fuerza cortante y momento flector para el plano x-z



- Diagrama de torsores en el eje del cepillo grande.



Fuente: Elaboración propia

7.4 Diseño por resistencia estática

Ubicación de la fibra más crítica. Se tienen cuatro fibras A^+ , B^- , B^+ y E^- la fibra crítica que obtenga el mayor momento resultante será utilizada en el análisis por resistencia estática representado en la tabla 3. Donde los resultados obtenidos salen del diagrama de torsores en el eje del cepillo grande referenciados en figura 25.

Tabla 3

Diseño por resistencia estática.

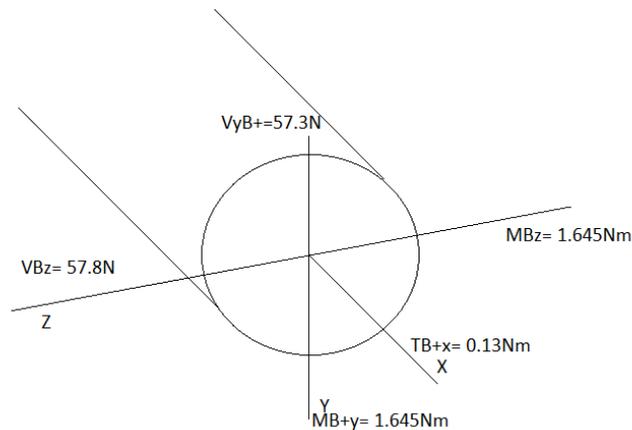
Punto	$N_x(N)$	$T_x(Nm)$	$V_y(N)$	$M_y(Nm)$	$V_z(N)$	$M_z(Nm)$	M_R
A^+	0	0.13	-43.3	0	-43.3	0	0.13
B^-	0	0.13	-43.3	-1.645	-43.3	1.645	2.330
B^+	0	0.13	57.3	-1.645	57.8	1.645	2.330
E^-	0	0.13	57.3	0	57.8	0	0.13

Fuente: Elaboración propia

La fibra más crítica en el eje de transmisión que comunica el motor eléctrico con el cepillo grande es la fibra B^+ por qué junto con la fibra B^- es la que mas posee mayor momento resultante. A continuación, en la figura 43 se mostrará la construcción del sistema equivalente de las fuerzas en la fibra crítica.

Figura 43

Construcción del sistema equivalente de fuerzas en fibra critica



Fuente: Elaboración propia

- Magnitud y dirección de la fuerza resultante sobre la fibra critica B^+ " θ_{VRB^+} ". Tomando el eje en la fibra crítica B^+ se representará gráficamente en la figura 44.

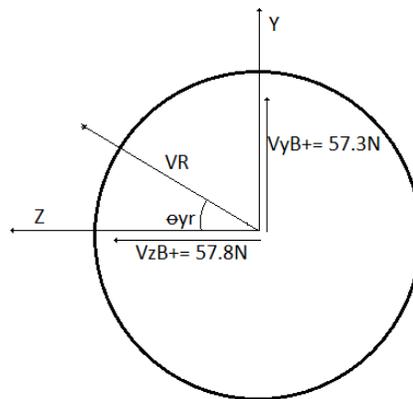
Dónde:

V_{YB^+} : representa la componente de la fuerza resultante en el eje y ubicado en la fibra crítica B^+ (N)

V_{zB^+} : representa la componen de la fuerza resultante en el eje z ubicado en la fibra crítica
 B^+ (N)

Figura 44

Plano y-z



Fuente: Elaboración propia

- Magnitud de la carga resultante en la fibra crítica B^+ " V_{RB^+} ". Ecuación según Hibbeler R. (2004).

$$\|V_{RB^+}\| = \sqrt{(V_{yB^+})^2 + (V_{zB^+})^2}; \quad \|V_{RB^+}\| = \sqrt{(57.3)^2 + (57.8)^2}$$

$$\|V_{RB^+}\| = 81.400\text{N}$$

Dónde:

V_{yB^+} : representa la componente de la fuerza resultante en el eje Y ubicado en la fibra crítica B+ (N)

V_{zB^+} : representa la componente de la fuerza resultante en el eje Z ubicado en la fibra crítica B+ (N)

- Dirección del momento resultante sobre la fibra crítica B^+ . Ecuación según Hibbeler R. (2004).

$$\theta_{MRB^+} = \tan^{-1} \left(\frac{M_{yB^+}}{M_{zB^+}} \right); \quad \theta_{MRB^+} = \tan^{-1} \left(\frac{57.3}{57.8} \right)$$

$$\theta_{MRB^+} = 44.75^\circ$$

Donde:

M_{yB^+} : representa la componente del momento resultante en el eje y ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

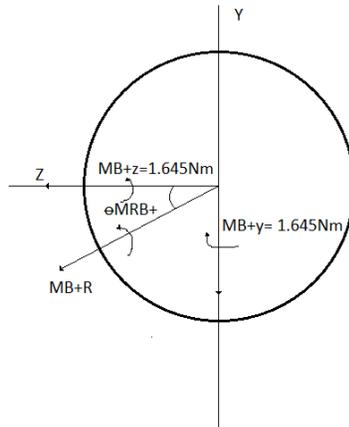
M_{zB^+} : representa la componente del momento resultante en el eje Z ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

7.5 Magnitud y dirección del momento resultante fibra crítica B^+

La magnitud y dirección del momento resultante en la fibra crítica B+ se representa por medio de una gráfica en la figura 45 y a continuación el desarrollo de las ecuaciones utilizadas.

Figura 45

Magnitud y dirección del momento resultante fibra crítica B+



Fuente: Elaboración propia

- Magnitud del momento resultante en la fibra crítica B^+ . Según Hibbeler R. (2004).

$$||M_{rB^+}|| = \sqrt{(M_{BY})^2 + (M_{BZ})^2}; \quad ||M_{rB^+}|| = \sqrt{(-1.645Nm)^2 + (57.3Nm)^2}$$

$$||M_{rB^+}|| = 57.323Nm$$

Dónde:

M_{yB} : representa la componente del momento resultante en el eje y ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

M_{zB} : representa la componente del momento resultante en el eje Z ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

- Dirección del momento resultante en la fibra crítica B^+ " θ_{mrB^+} ". Según Hibbeler R. (2004)

$$\theta_{mrB^+} = \tan^{-1}\left(\frac{m_{yB^+}}{m_{zB^+}}\right); \quad \theta_{mrB^+} = \tan^{-1}\left(\frac{-1.645}{1.645}\right)$$

$$\theta_{mrB^+} = -45^\circ$$

Dónde:

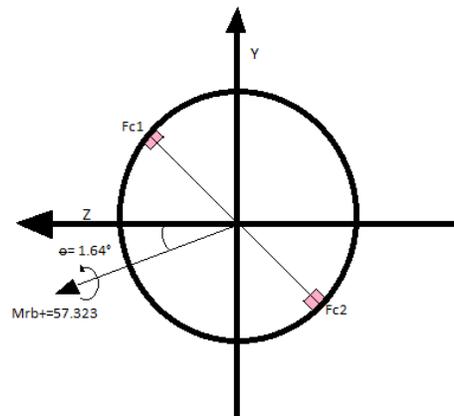
M_{yB} : representa la componente del momento resultante en el eje y ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

M_{zB} : representa la componente del momento resultante en el eje Z ubicado en la fibra crítica B+ (Nm)

La ubicación de la fibra crítica en el punto B+ del eje de transmisión del cepillo se representa por medio de una imagen que esta referenciada a continuación en la figura 46.

Figura 46

Ubicación de la gráfica en el punto B⁺ del eje transmisor del cepillo grande.



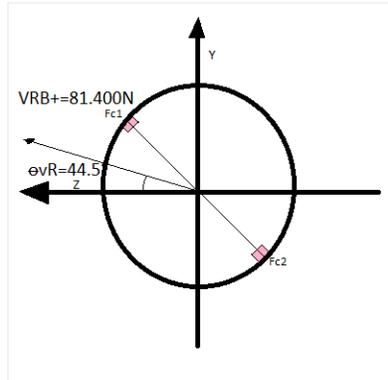
Fuente: Elaboración propia

Nota: las fibras críticas deben colocarse perpendiculares al vector momento resultante y aquí se puede escoger ya sea la fibra crítica FC_1 o FC_2 .

La representación gráfica de la carga cortante resultante sobre la fibra crítica B+ se encuentra mostrada en la figura 47 y a continuación se hará una representación escrita de una prueba matemática.

Figura 47

Representación gráfica de la carga cortante resultante sobre la fibra crítica B⁺



Fuente: Elaboración propia

7.6 Prueba matemática

Prueba que el ángulo del momento resultante y el ángulo de la fuerza resultante efectivamente cumplen perpendicularidad entre sí. Analizando la suma entre el ángulo de la fuerza resultante y el ángulo del momento resultante son 90° y que la fibra crítica también se encuentra a 90° con respecto al momento resultante donde Ψ corresponde al resultado de la prueba matemática.

$$\Psi = 90 - (\theta_{vR} + \theta_{hR})$$

$$\Psi = 90 - (44.75^\circ + 45^\circ)$$

$$\Psi = 0^\circ$$

- **Diámetro crítico del árbol en la fibra crítica B^+ o también llamado diámetro crítico.**

Ecuación según Shigley J. (1990) diseño en ingeniería mecánica.

$$d_{B^+} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(M_{RB^+})^2 + (T_{RB^+})^2}}{\sigma_{-1}}}$$

Dónde:

M_{RB^+} : representa la componente del momento resultante en la fibra crítica B^+

T_{RB^+} : es el momento torsor aplicado en la fibra crítica B^+ (Nm)

σ_{-1} : esfuerzo de fluencia del material (N/m^2 o MPa)

- ✓ Material del eje del cepillo: acero inoxidable austenítico SAE 304
- ✓ Esfuerzo ultimo a la tensión: $S_{ut} = 481Mpa$
- ✓ Esfuerzo de fluencia: $S_y = 176Mpa$
- ✓ Dureza: 92 HRB
- ✓ Modulo elástico: $E= 1936Pa$

Fuente: ferrocortes soluciones con el acero S.A.S

$$d_{B^+} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(2.330Nm)^2 + (0.13Nm)^2}}{176Mpa}} = 6mm$$

Conclusión:

El diámetro mínimo que deben tener los ejes transmisores de movimiento (ver figura 44) del dispositivo deben ser de 6 milímetros.

- Cálculo de los demás diámetros, ecuaciones según Shigley J. (1990).

Diámetro A^+

$$d_{A^+} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(0.13Nm)^2 + (0.13Nm)^2}}{176Mpa}} = 4mm$$

Diámetro B^-

$$d_{B^-} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(2.33Nm)^2 + (0.13Nm)^2}}{176Mpa}} = 6mm$$

Diámetro E^-

$$d_{E^-} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(0.13Nm)^2 + (0.13Nm)^2}}{176Mpa}} = 4mm$$

7.7 Resistencia estática

A continuación, se aplicarán las ecuaciones de resistencia estática para el eje del cepillo grande hasta llegar al círculo de Mohr el cual es una técnica para representar gráficamente un tensor simétrico. El círculo de Mohr deja hallar la compresión máxima y mínima, a partir de dos mediciones de la tensión normal y tangencial sobre dos ángulos que forman 45° .

- Cálculo del esfuerzo cortante resultante en la fibra crítica B^+ según Beer F. (2007).

$$\tau_{rB^+} = \tau_{vB^+} + \tau_{tB^+}; \quad \tau_{rB^+} = 3.83Mpa + 3.06Mpa = 6.89Mpa$$

Dónde:

τ_{vB^+} : es el esfuerzo cortante debido a la carga resultante en la fibra crítica B+ (MPa)

τ_{tB^+} : es el esfuerzo cortante debido al momento torsor en la fibra crítica B+ (MPa)

- Esfuerzo cortante debido a la carga resultante en la fibra crítica B+ según Beer F. (2007).

$$\tau_{vB^+} = \frac{V_{rB^+} * Q}{I t}; \quad \tau_{vB^+} = \frac{81.400N \times 1.18mm^3}{63.61mm^5 \times 6mm} = \frac{146.5Nmm^3}{381.6mm^5} = 3.83Mpa$$

Dónde:

τ_{vB^+} : representa al esfuerzo cortante debido a la carga cortante aplicada en la fibra crítica B+ situada a una distancia Y' del eje neutro. Se supone que este esfuerzo es constante y por lo tanto “promediado” a través del ancho “t” del miembro.

V_{rB^+} : es la fuerza cortante interna resultante obtenida en el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio (N), I_{B^+} es el momento de inercia de toda sección o fibra crítica B+ con respecto al eje neutro (m^4) y $Q = \bar{Y}A'$ donde A' es la posición superior del área transversal al miembro considerada desde la sección en que se mide t y \bar{Y}' es la distancia del centroide de A' al eje neutro (m^3).

- Primer momento de área sobre la fibra crítica B+. Ecuación según shigley J. (1990).

$$Q = \frac{2}{3}R^3; \quad Q = \frac{2}{3}(3mm)^3 = 18mm^3$$

$$R = 3mm = 3 \times 10^{-3}m$$

Dónde:

R: radio del eje medido desde el origen o eje neutro hasta la fibra crítica B+ (m^3).

- Cálculo de I, ecuación momento de inercia en fibra según Shigley J. (1990).

$$I_{B^+} = \frac{\pi}{64} (d_{B^+})^4; \quad I_{B^+} = \frac{\pi}{64} (6mm)^4 = 63.61mm^4$$

Dónde:

d_{B^+} : diámetro crítico calculado (mm)

I_{B^+} : momento de inercia en la fibra crítica B+ (mm^4)

- Cálculo de t. según Shigley J. (1990).

$$t = d_{B^+}; \quad t = 6mm$$

Dónde:

t: representa al espesor del eje en el punto crítico B+

d_{B^+} : representa al diámetro calculado en el punto o fibra crítica B+

- Esfuerzo cortante debido al momento torsor en la fibra crítica B+ " τ_{tB^+} ". Ecuación según Beer F. (2007).

$$\tau_{tB^+} = \frac{T_{B^+} \times c_{B^+}}{J_{B^+}}; \quad \tau_{tB^+} = \frac{130Nm \times 3mm}{127.23mm^4} = 3.065N/mm^2 = 3.06Mpa$$

Dónde:

τ_{tB^+} : representa el esfuerzo cortante debido al momento torsor en la fibra crítica B+ (Nm).

T_{B^+} : es el par de torsión resultante que actúa en la sección transversal en la fibra crítica B+ (Nm).

J_{B^+} : momento polar de inercia del área de la sección transversal del eje en la fibra crítica B+ (m).

C_{B^+} : radio exterior de la flecha sobre la fibra crítica B+ (m).

Se hallará J_{B^+} para representarlo en el esfuerzo cortante debido al momento torsor en la fibra crítica B+ “ τ_{tB^+} ”.

$$J_{B^+} = \frac{\pi}{2}(C_{B^+})^4; \quad J_{B^+} = \frac{\pi}{2}(3mm)^4 = 127.23mm^4$$

- Esfuerzo normal resultante en la fibra crítica B+. Ecuación según Hibbeler R. (2006).

$$\sigma_{rB^+} = \sigma_{axial B^+} + \sigma_{flector B^+}; \quad \sigma_{rB^+} = 0Mpa + 110.40Mpa = 110.40Mpa$$

Dónde:

$\sigma_{axial B^+}$: representa al esfuerzo normal producido por la carga axial en B+ (MPa)

$\sigma_{flector B^+}$: es el esfuerzo normal producido por el momento flector aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

- Esfuerzo producido por la carga axial en B+ “ $\sigma_{axial B^+}$ ”. Ecuación según Hibbeler R. (2006).

$$\sigma_{axial B^+} = \frac{N_{B^+}}{A_{B^+}} = 0$$

Dónde:

N_{B^+} : representa la fuerza normal aplicada en la fibra crítica B+ (N)

A_{B^+} : área de sección transversal del eje en la fibra crítica B+ (mm^2).

Conclusión:

no hay carga axial por lo tanto $\sigma_{axial B^+}$ es igual a cero.

- Esfuerzo normal producido por el momento flector en B^+ " $\sigma_{flector B^+}$ ". Ecuación según Hibbeler R. (2006).

$$\sigma_{flector B^+} = \frac{M_{RB^+} \times C_{B^+}}{I_{B^+}}; \quad \sigma_{flector B^+} = \frac{2330Nm \times 3mm}{63.61mm^4} = 110.40Mpa$$

Dónde:

$\sigma_{flector B^+}$: Representa el esfuerzo flector normal máximo aplicado en la fibra crítica B+ especificado en el punto de la sección transversal más alejado del eje neutro (MPa).

C_{B^+} : Distancia perpendicular del eje neutro al punto más alejado de la fibra crítica B+ y sobre el eje que actúa σ_{max} (mm).

M_{RB^+} : Momento interno resultante que actúa en la fibra crítica B+, determinado por el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio y se calcula con respecto al eje neutro de la sección transversal (Nm).

I_{B^+} : momento de inercia de la sección transversal B+ calculado con respecto al eje neutro (m^4).

- Construcción del círculo de Mohr y esquema de la fibra crítica referenciada en la figura 31.

Coordenadas X e Y

$$X (\sigma_{fltj} - \tau_R); \quad X (110.40j - 6.89)$$

$$Y (\sigma_{axialj} \tau_R); \quad Y (0j - 6.89)$$

Dónde:

X y Y: representan las coordenadas del círculo de Mohr.

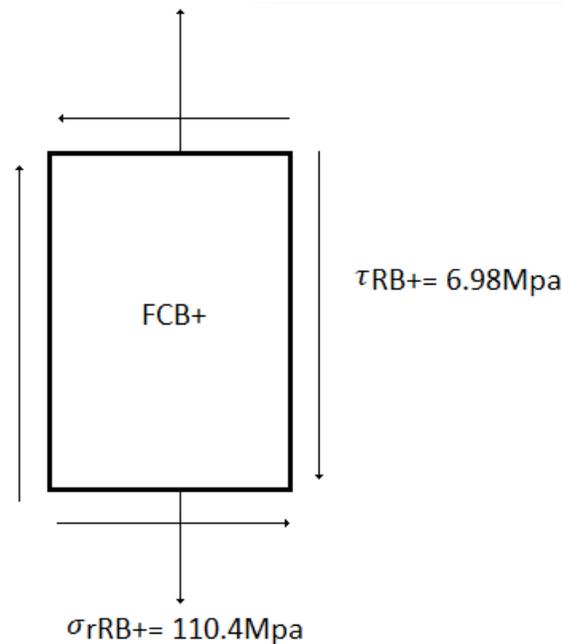
σ_{flt} : esfuerzo normal producido por el momento flector aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

τ_R : esfuerzo cortante total aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

Figura 48 demuestra gráficamente la construcción de la fibra crítica del eje

Figura 48

Esquema de la fibra critica



Fuente: Elaboración propia

- Esfuerzo normal promedio σ_{prom} . Ecuación según shigley J. (1990).

$$\sigma_{prom} = \frac{\sigma_{flector B^{++}} + \sigma_{axial B^+}}{2}; \quad \sigma_{prom} = \frac{110.4Mpa + 0}{2} = 55.2Mpa$$

Dónde:

$\sigma_{flector B^+}$: representa al esfuerzo normal producido por el momento flector aplicado en la fibra crítica B9 (MPa)

$\sigma_{axial B^+}$: esfuerzo axial producido por la carga axial en B+ (MPa)

- Radio del círculo de Mohr. Ecuación según shigley J. (1990).

$$R = \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{fB^+} - \sigma_{axial B^+}}{2}\right)^2 + (\tau_{RB^+})^2};$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{110.4Mpa - 0}{2}\right)^2 + (6.89)^2} = 55.62MPa$$

Dónde:

R: radio del círculo de Mohr MPa

τ_{max} : es el esfuerzo cortante máximo aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

$\sigma_{f B+}$: esfuerzo flector resultante aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

$\sigma_{axial B+}$: esfuerzo normal debido a la carga axial en B+ (MPa).

τ_{RB+} : esfuerzo cortante resultante aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

- Esfuerzo principal máximo σ_1 . Ecuación según shigley J. (1990).

$$\sigma_1 = \sigma_{max} = \sigma_{med} + R; \quad \sigma_1 = \sigma_{max} = 55.2Mpa + 55.2Mpa = 110.82 Mpa$$

Dónde:

σ_{max} : es el esfuerzo normal principal máximo (MPa).

σ_{med} : es el esfuerzo normal promedio aplicado en la fibra crítica B+ (MPa).

R: es el radio del círculo de Mohr (MPa) en la fibra crítica B+

- Esfuerzo normal principal mínimo σ_3 . Ecuación según shigley J. (1990).

$$\sigma_3 = \sigma_{min} = \sigma_{med} - R; \quad \sigma_3 = \sigma_{min} = 55.2Mpa - 55.62 = 0.42Mpa$$

Dónde:

σ_{min} : es el esfuerzo normal principal mínimo (MPa)

σ_{med} : es el esfuerzo normal promedio aplicado en la fibra crítica en B+ (MPa)

R: es el radio del círculo de Mohr (MPa) en la fibra crítica B+

- Orientación del esfuerzo normal máximo θ_p . Ecuación según shigley J. (1990).

$$\tan 2\theta_p = \frac{\tau_{RB^+}}{\frac{1}{2}(\sigma_{FB^+} - \sigma_a)}; \quad \tan 2\theta_p = \frac{6.89 \text{ Mpa}}{\frac{1}{2}(110.4 \text{ Mpa} - 0 \text{ Mpa})} = 0.124$$

$$\tan 2\theta_p = 0.124$$

$$2\theta_p = 7.0^\circ$$

$$\theta_p = 3.5^\circ$$

Dónde:

τ_{RB^+} : es el esfuerzo cortante total (MPa)

θ_p : orientación del esfuerzo normal máximo (Grados “°”)

σ_{FB^+} : esfuerzo flector resultante aplicado en la fibra crítica B+ (MPa)

σ_a : esfuerzo normal axial aplicado en la fibra crítica B+ (MPa)

- Orientación del esfuerzo cortante máximo θ_s . Ecuación según shigley J. (1990).

$$\tan 2\theta_s = \frac{(-\sigma_{FB^+} - \sigma_{aB^+})}{2 \tau_{RB^+}}; \quad \tan 2\theta_s = \frac{-110.4 \text{ Mpa} - 0 \text{ Mpa}}{2 \times (6.89 \text{ Mpa})} = \frac{-110.4 \text{ Mpa}}{13.78 \text{ Mpa}} = -8.011$$

$$2\theta_s = -82.8^\circ$$

$$\theta_s = 41.4^\circ$$

Dónde:

σ_{FB^+} : es el esfuerzo flector resultante aplicado a la fibra crítica B+ (MPa)

σ_{aB^+} : es el esfuerzo axial aplicado en la fibra crítica B+ (MPa)

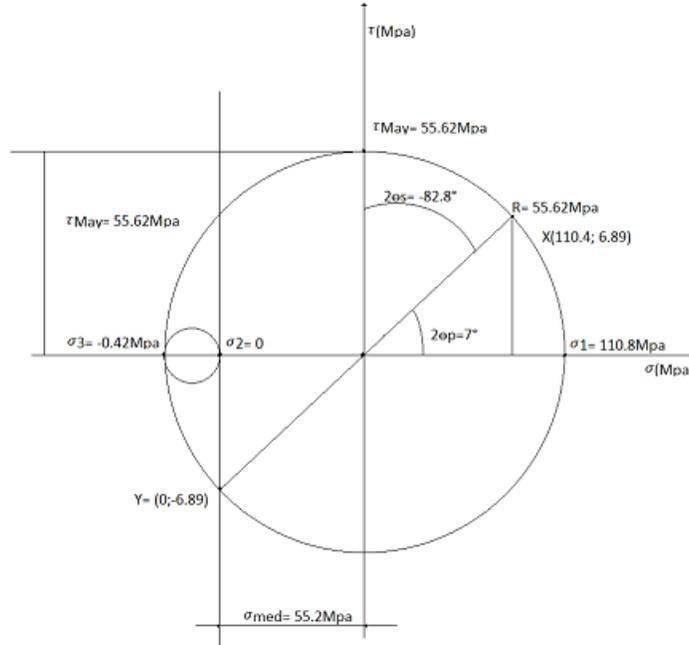
τ_{RB^+} : es el esfuerzo cortante total en la fibra crítica B+ (MPa)

θ_s : es la orientación del esfuerzo cortante máximo (grados)

Una vez concluida la secuencia de ecuaciones por resistencia estática y obtener los resultados requeridos para la construcción del círculo de Mohr se da la construcción del círculo y queda ilustrado a continuación en la figura 49.

Figura 49

Construcción del círculo de Mohr



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se da el cálculo del factor de seguridad por estática $F.s$ como el acero inoxidable austenítico SAE304 tiene $S_{ut} = 481\text{Mpa}$; $S_y = 176\text{Mpa}$ y utilizando el criterio de la máxima energía de distorsión para materiales dúctiles se da que:

$$(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_3 + (\sigma_3)^2 = \left(\frac{S_y}{F.s}\right)^2$$

$$(110.820\text{Mpa})^2 - (110.820\text{Mpa})(-0.42\text{Mpa}) + (-0.42\text{Mpa})^2 = \left(\frac{176\text{Mpa}}{F.s}\right)^2$$

$$12327.8\text{Mpa}^2 = \frac{30976\text{Mpa}^2}{F.s}$$

$$F.s = \sqrt{\frac{30976\text{Mpa}^2}{12327.8\text{Mpa}^2}}$$

$$F.s = 2$$

Dónde:

σ_1 : es el esfuerzo principal máximo (MPa)

σ_3 : es el esfuerzo principal mínimo (MPa)

s_y : es el esfuerzo de fluencia (MPa)

$F. s$: es el factor de seguridad (adimensional)

Conclusión:

Por conclusión se da que al tener un factor de seguridad igual 2 el eje se puede fabricar y poner en uso sin que haya fallas por estática.

- Criterio del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles. Ecuación según shigley J. (1990).

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{s_y}{F.S}; \quad F.S = \frac{s_y}{\sigma_1 - \sigma_3}; \quad F.S = \frac{176Mpa}{110.82Mpa + 0.42Mpa}; \quad F.S = 2$$

Dónde:

σ_1 : es el esfuerzo principal máximo (MPa)

σ_3 : es el esfuerzo principal mínimo (MPa)

s_y : es el esfuerzo de fluencia (MPa)

$F. s$: es el factor de seguridad (adimensional)

Conclusión:

Por conclusión se da que al tener un factor de seguridad igual 2 el eje se puede fabricar y poner en uso sin que haya fallas al ser fabricado con un material dúctil.

7.8 Diseño por fatiga

A continuación, se realizó un diseño por fátiga aplicado al eje del cepillo grande el cual es el que más esfuerzo realiza al estar en funcionamiento el dispositivo, con esto se concluirá y se rectificaran los datos obtenidos para la correcta fabricación de esta parte del dispositivo. Aplicaremos la ecuación de Marín sacada del libro *shigley edición 8*.

Ecuación de Marín: $Se = Ka * kb * kc * kd * ke * s'e$

Se hallarán los factores Ka, kb, kc, kd, ke y $s'e$. Estos factores se encuentran en tablas y sus valores varían según el componente, las condiciones de trabajo, maquinado y/o temperatura. Los datos de los factores trabajados a continuación y la ecuación de Marín utilizada fueron sacados del libro “shigley j (1990). *Diseño en ingeniería mecánica. Naucalpan de Juárez Estado de México: editorial McGraw Hill*”

- Factor de superficie Ka .

Dónde:

$Ka: a Sut^\theta$

a : factor de esfuerzo (adimensional)

θ : factor de esfuerzo (adimensional)

Sut : esfuerzo ultimo a la tensión (MPa)

Material del eje: acero inoxidable austenítico 304

Esfuerzo ultimo a la tensión $S_{ut} = 481Mpa$

Esfuerzo de fluencia: $s_y = 176Mpa$

Módulo de elasticidad: $E = 193 Gpa$

$Ka = a (S_{ut})^b$; laminado en caliente.

Datos obtenidos de “*Tabla 6-2 shigley 8 edición página 280.*”

$a = 57.7Mpa$, $b = -0.718$

$Ka = 57.7 * 481^{-0.718} = 0.684$

- Factor de tamaño Kb adimensional.

Como $d_{B+} = 6mm$ “*página 280 shigley 8 edición.*”

$Kb = (1.24d_{B+})^{-0.107}$; $Kb = 1.24 (6mm)^{-0.107} = 1.02$

- Factor de carga K_c o factor de carga (adimensional).

Eje sometido a flexión por lo tanto $K_c=1$ según “Tabla 6-2 shigley 8 edición página 280.”

- Factor de temperatura K_d , el cual es el factor de temperatura (adimensional).

Eje está sometido a temperatura ambiente por lo tanto $K_d = 1$

- Factor de concentración de esfuerzos por fatiga K_f

$$K_f = 1 + q(k_t - 1); \quad K_f = 1 + 0.98(1.38 - 1) = 1.364$$

- Factor de sensibilidad a la muesca “q”

Como $d_{B+} = 6mm$ y $r_{B+}=3mm$, $S_{ut} = 481Mpa$ acero inoxidable austenítico 304. según “figura 6-21 sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inmersa shigley edi 8 $q=0.96$ pag288.”

- Factor de concentración de esfuerzos geométricos K_t

Relación $\frac{D}{d}$ y $\frac{r}{d}$

$$\frac{D}{d} = \frac{6mm}{4mm} = 1.5 = \frac{D}{d} \quad \text{y} \quad \frac{r}{d} = \frac{3mm}{4mm} = 0.75 = \frac{r}{d}$$

“Según figura a-15-9 eje redondo con filete en el hombro $\sigma_0 = \frac{mc}{I}$, $c = \frac{d}{2}$, $I =$

$$\frac{\pi d^4}{64}$$

Página 1008 diseño en ingeniería mecánica shigley 8 edición” $K_t=1.38$.

- Factor de confiabilidad K_e (adimensional).

$$k_e = \frac{1}{k_f} = \frac{1}{1.364} = 0.733$$

- $S'_e=0.55ut$, $S'_e=0.5*481Mpa = 240.5Mpa$

Reemplazando en la ecuación de Marín

$$S_e = 0.684 * 1.02 * 1 * 1 * 0.735 * 240.5Mpa$$

$$S_e = 123 \text{ Mpa}$$

- Esfuerzo alternante “inversión completa”

$$a = \frac{(t s_{ut})^2}{S_e};$$

$$a = \frac{(0.90 * 481 \text{ Mpa})^2}{123 \text{ Mpa}} = 1523.6 \text{ Mpa}$$

Con $s_{ut} = 481 \text{ Mpa} = 70 \text{ Kpsi}$; figura 6-18 “fracción de resistencia a la fatiga f de s_{ut} a $b \cdot 10^3$ ciclos $S_e = S' e = 0.55 s_{ut}$ por lo tanto $f = 0.90$.

- Constante b

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * s_{ut}}{S_e}\right); \quad b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.90 * 481}{123}\right) = 0.485$$

- Esfuerzo alternante σ_a

$$\sigma_a = \frac{M_{rB} * c_{B+}}{I}; \quad \sigma_a = \frac{2.330 \text{ Nmm} * 3 \text{ mm}}{63.61 \text{ mm}^4} = 110 \text{ Mpa}$$

- Factor de seguridad para fatiga $F.s$

Aplicando la teoría de falla por fatiga de Goodman

$$F.s = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{s_{ut}}}; \quad F.s = \frac{1}{\frac{110 \text{ Mpa}}{123 \text{ Mpa}} + \frac{0}{481 \text{ Mpa}}} = 2 F.s$$

Conclusión:

Con un factor de seguridad de 2 garantiza el correcto funcionamiento del eje en el dispositivo.

7.9 Datos del motor eléctrico.

Para el funcionamiento del dispositivo se ha empleado un motor con engranes con las siguientes especificaciones.

- ✓ Voltaje de motor: 24V CD
- ✓ Velocidad angular: 478rpm

- ✓ Torque máximo: 3kg.cm
- ✓ Diámetro de la salida: 6mm
- ✓ Modelo: 37GB31Y
- ✓ Empresa: B'smart bringsmart

7.10 Diseño del buje separador

El buje separador es aquel que se diseñó para que separe el motor eléctrico del lava platos y evitar paso de humedad hacia el motor. Ver diseño físico en figura 50 y en tabla 4 ver propiedades y características de aluminio 6061T6 composición química en %.

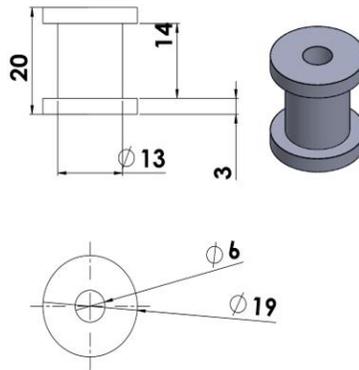
Material del buje separador: aluminio

Características del aluminio:

Tipo de aluminio: aluminio 6061-T6

Figura 50

Diseño del buje separador.



Fuente: Elaboración propia

Es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos el aluminio, magnesio y silicio. Es una aleación muy común en el aluminio, especialmente se usa en moldes, estructuras, vehículos, remaches, industrial del mueble, entre otros (GDD Metals, s.f.).

Empresa que tiene el aluminio 6061T6 en Colombia “*CBM Central de Bronces y Metales, 2022*”.

Tabla 4

Propiedades y características de aluminio 6061T6 composición química en %

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN %

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min	0.40		0.15		0.80	0.04				
Max	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.15	Resto

PROPIEDADES FÍSICAS

Densidad [gr/cm ³]	2.7	Coef. De dilatación (0 a 100 °C) [°C ⁻¹ x 10 ⁶]	23.6
Rango de fusión [°C]	575 – 650	Conductividad Térmica (0 a 100 °C) [W/m °C]	Temple T6: 167
Módulo de elasticidad [MPa]	69500	Resistividad a 20 °C [μΩcm]	Temple T6: 4.0
Coefficiente de Poisson	0.33	Calor específico (0 a 100 °C)	940

Fuente: CBM Central de bronce y metales (2022)

- Propiedades mecánicas del aluminio.
 - ✓ Límite de fluencia: $S_y = 225 \text{ Mpa}$
 - ✓ Esfuerzo ultimo a la tensión: $S_{ut} = 290 \text{ Mpa}$
 - ✓ Dureza: 100-120 HB
 - ✓ Estiramiento: 8%
- Cálculos de esfuerzo de corte en los bujes. Según shigley J. (1990).
 - ✓ Torque general: $T = 0.2943 \text{ Nm}$
 - ✓ Radio del buje: $r = \frac{\phi}{2} = \frac{13 \text{ mm}}{2} = 6.5 \text{ mm} = 6.5 \times 10^{-3} \text{ m}$
 - ✓ Fuerza generada en el buje F_0 :

$$F_0 = \frac{T}{r}; \quad F_0 = \frac{0.2943 \text{ Nm}}{6.5 \times 10^{-3}} = 45.27 \text{ N}$$

Dónde:

T: torque

R: radio del buje separador.

- Esfuerzo de corte en el buje separador: s_{st}

$$s_{st} = \frac{F_0}{A_s}$$

Dónde:

F_0 = fuerza generada en el buje N.

A_s = arena del buje m^2 .

Como son 3 bujes la fuerza generada se divide en 3 por lo tanto queda igual a:

$$F_{0'} = \frac{F_0}{3} = \frac{45.27N}{3} = 15.056N$$

- Área transversal del buje A_s

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \phi^2; \quad A_s = \frac{\pi}{4} \cdot (0,013m)^2 = 1.327 \times 10^{-4} m^2 = A_s$$

$$\phi_B = 13mm \times \frac{1m}{1000mm} = 0.013m$$

Dónde:

π : pi

ϕ_B : diámetro parte superior del buje.

- Esfuerzo de fluencia al cortante $S_{yt} = 225Mpa$
- Esfuerzo cortante del buje S_{st}

Suponiendo un factor de seguridad $N_y = 5$ propuesto por el diseñador.

$$N_y = \frac{S_{yp}}{S_{st}}$$

$$S_{st} = \frac{S_{yp}}{N_y}$$

N_y : factor de seguridad del buje (adimensional)

S_{yp} : esfuerzo de fluencia (Mpa)

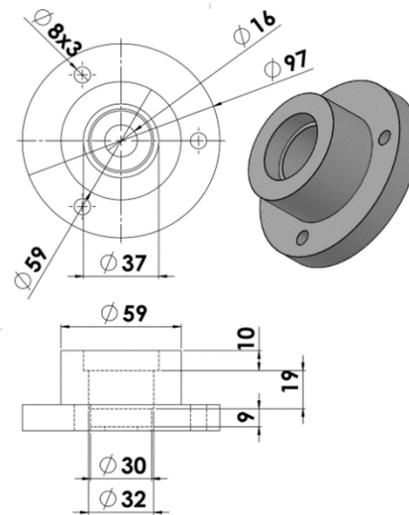
$$S_{st} = \frac{225Mpa}{5} = 45Mpa; \text{ dividido entre los 3 bujes que hay } \frac{S_{st}}{3} = \frac{45Mpa}{3} = 15Mpa$$

7.10 Diseño base porta rodamientos.

En la figura 51 se ve referenciado el diseño físico con el cual se ira a trabajar y al cual se le analizara el comportamiento debido trabajo realizado.

Figura 51

Cálculos matemáticos para el diseño de base porta rodamientos.



Fuente: Elaboración propia

- Material: teflón empack
- Material de los tornillos ensamblados: SAE 304 acero inoxidable austenítico
- Proveedor de acero inoxidable: Femocortes soluciones con el acero S.A.S
- Esfuerzo ultimo a la tensión para los tornillos: $s_{ut} = 481Mpa$
- Esfuerzo de fluencia para los tornillos: $s_y = 176Mpa$
- Numero de poison: 3
- Dimensión de los tornillos que se ensamblan en el: M8X1.25mm
- Tuerca que sujeta el tornillo: acero inoxidable 304
- Módulo de fluencia de la tuerca:

$$S_y = 29kg/mm^2 \times 9.81m/s^2 = 41.3 \text{ k Psi}$$

- Módulo de elasticidad acero inoxidable austenítico 304:

$$E=19.300\text{Kg/mm}^2=189,333\text{Mpa} \times \frac{1\text{ kpsi}}{6.89\text{Mpa}}=27.47\text{ Kpsi}$$

- Tipo de tuerca que sujeta al tornillo: hexagonal

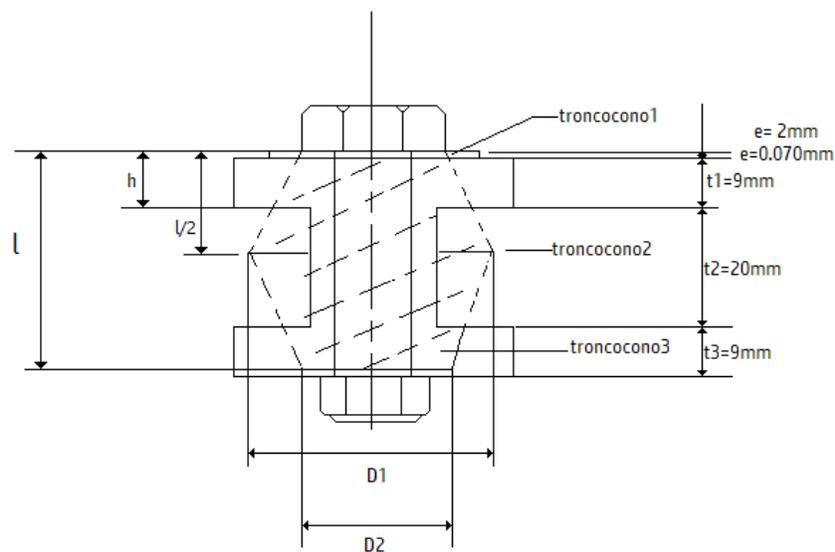
$$d= \text{M8}; S= 3\text{mm}; e= 14.38\text{mm}; m_i=4.4\text{mm}; h= 8\text{mm}$$

- Material tuerca hexagonal: acero inoxidable 316

7.11 Sección troncocónica.

Figura 52

Esquema de la sección troncocónica



Fuente: Elaboración propia

En la figura 52 podemos observar una situación que ocurre al apretar la tuerca del tornillo que une los componentes por medio del buje separador. A esta situación se le puede llamar sección troncocónica.

7.12 Datos sección troncocónica.

Ecuaciones utilizadas según Shigley J. (1990).

- Cálculo de h

$$h = e + t_i; \quad h = 0.70 \text{ in} + 0.35 \text{ in} = 0.42 \text{ in}$$

- Cálculo de l

$$\text{Como } t_3=0.35 \geq d=0.312$$

$$l = h + \frac{d}{2}; \quad l = 0.42 \text{ in} + \frac{0.312 \text{ in}}{2} = 0.58 \text{ in}$$

- Cálculo de D_2

$$D_2 = 1.5d; \quad D_2 = 1.5 \times \frac{5}{16} = 0.468 \text{ in}$$

La unión está compuesta por 3 troncos, el troncocono superior 1 esta echo de acero inoxidable SAE 304. Al igual que el tronco inferior 3 este hecho en acero inoxidable austenítico SAE 304.

- Para el troncocono 1 o superior:

$$t_1 = \frac{l}{2}; \quad t_1 = 0.35 \text{ in}, \quad D_2 = 0.468 \text{ in} \quad \text{y} \quad E = 27.47 \text{ Kpsi}$$

- Calculando la rigidez del toncono 1 o superior “ K_1 ”:

$$k_1 = \frac{0.5774 \pi E d}{m \left[\frac{(1.155t+D-d)(D+d)}{1.155t+D-d} \right]}$$

$$K_1 = \frac{0.5774 \pi \times 27.47 \text{ Kpsi} \times 0.312 \text{ in}}{m \left[\frac{(1.155 \times 0.35 \text{ in} + 0.468 \text{ in} - 0.312 \text{ in})(0.468 \text{ in} + 0.312 \text{ in})}{(1.155 \times 0.35 \text{ in} + 0.468 \text{ in} - 0.312 \text{ in})(0.468 \text{ in} - 0.312 \text{ in})} \right]}$$

$$k_1 = \frac{15.546 \text{ Kpsi in}}{m \left[\frac{(0.560 \text{ in})(0.780 \text{ in})}{(0.560 \text{ in})(0.156 \text{ in})} \right]}$$

$$k_1 = \frac{15.546 \text{ Kps in}}{m^5}$$

$$k_1 = 9.661 \text{ Kpsi in} = 9.661 \times 10^3 = 9.66 \frac{\text{klb}}{\text{in}}$$

$$k_1 = 9.66 \text{ klb/in}$$

- Calculando la rigidez del tronco como medio “ k_2 ”

$$t_2 = h - \frac{l}{2}; t_2 = 0.8''$$

- Cálculo de D_1 :

$$D_1 = D_2 + 2(l - h)\tan 30^\circ$$

$$D_1 = 0.468in + 2(0.58in - 0.42in)\tan 30^\circ = 0.652in$$

Con estos valores y $E=27.47Kpsi$ se calcula k_2 .

- Cálculo de k_2 :

$$E= 27.47Kpsi; d=0.312in; t_2 = 0.13in; D_1 = 0.652in$$

$$k_2 = \frac{0.577\pi E d}{m \left[\frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D - d)(D - d)} \right]}$$

$$k_2 = \frac{0.577\pi \times 27.47Kpsi \times 0.312 in}{m \left[\frac{(1.155 \times 0.8in + 0.652in - 0.312in)(0.652in + 0.312in)}{(1.155 \times 0.8in + 0.652in - 0.312in)(0.652in - 0.312in)} \right]}$$

$$k_2 = \frac{15.535Kps in}{m \left[\frac{1.264 \times 0.95}{1.264 \times 0.34} \right]} = \frac{15.535Kpsi in}{1.037}$$

$$k_2 = 15klb/m^2$$

- Cálculo de rigidez del tronco inferior

Troncocono 3 o inferior

$$D_3 = 0.468in; t_3 = 0.35in; E = 27.47Kpsi; d=0.312in$$

$$k_3 = \frac{0.577\pi E d}{m \left[\frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D - d)(D - d)} \right]}$$

$$k_3 = \frac{0.577\pi \times 27.47Kpsi \times 0.312in}{m \left[\frac{(1.155 \times 0.35 + 0.468 - 0.312in)(0.468in + 0.312in)}{(1.155 \times 0.35 + 0.468 - 0.312in)(0.468in - 0.312in)} \right]}$$

$$k_3 = \frac{15.535 \text{Kpsi}}{m \left[\frac{(0.560 \text{in})(0.78 \text{in})}{(0.560 \text{in})(0.156 \text{in})} \right]}$$

$$k_3 = 9.65 \text{Klb/in}$$

- Cálculo de la rigidez del elemento “ k_m ”, se analiza cada rigidez como resortes de compresión en serie.

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}; \quad \frac{1}{k_m} = \frac{1}{9.66} + \frac{1}{15} + \frac{1}{9.65}$$

$$k_m = \frac{3.70 \text{Klb}}{\text{in}}$$

El tornillo de cabeza es corto y completamente roscado como $l = 0.58 \text{ in}$ para el agame, lleno a la “*tabla 8-2 diseño en ingeniería mecánica Shigley 8 edición página 399*” diámetros y tipos de roscas unificados del tornillo UNC y UNF con diámetro de 0.312 in o $5/16 \text{ in}$, $A_t = 0.0524 \text{ in}^2$

- Cálculo de “ k_t ” rigidez efectiva estimada en el fano

$$k_t = \frac{A_t \times E}{l}; \quad k_t = \frac{0.052 \text{ in}^2 \times 27.47 \times 10^3 \text{ lb/in}}{0.58}$$

$$k_t = 2.462 \text{ lb/in}$$

- Cálculo de unión en “C”

$$C = \frac{k_t}{k_t + k_m}; \quad C = \frac{2.46 \text{ Klb/in}}{2.46 \frac{\text{Klb}}{\text{in}} + 3.70 \text{ Klb/in}} = 0.40$$

De la “*tabla 8-9 diseño en ingeniería mecánica Shigley 8 edición*” el grado del tornillo es S=p, $S_p = 85 \text{ Kpsi}$. “*Especificaciones SAE para pernos de acero pagina 418 Shigley 8 edición*”.

- Precarga F_i

$$n = \frac{S_p \times A_t - F_i}{c p}$$

Suponiendo un factor de seguridad de carga $n=3$

$$ncp = s_p \times A_t - F_i$$

$$ncp + F_i = s_p \times A_t$$

$$F_i = s_p \times A_t - ncp$$

$$F_i = 85 \times 10^3 \text{ lb/m}^2 \times 0.0524 \text{ m}^2 - 3 \times 0.4 \times 5$$

$$F_i = 4448 \text{ lb}$$

$$F_i = 4.448 \text{ Klb}$$

Nota: el factor de precarga coita que el esfuerzo en el perno se igual a la representación.

- Factor de seguridad contra la separación “ n_o ”

$$n_o = \frac{F_i}{p(1-c)}; \quad n_o = \frac{4.48 \text{ Klb}}{5(1-0.40)} = 2$$

- Cálculo de σ_i esfuerzo mínimo.

$$\sigma_i = \frac{F_i}{A_t}; \quad \sigma_i = \frac{4.448 \text{ klb}}{0.0524 \text{ in}^2} = 84.885 \text{ Kpsi}$$

- Esfuerzo normal alternante σ_a del perno.

$$\sigma_a = \frac{cp}{2 A_t}; \quad \sigma_a = \frac{0.40 \times 5}{2 \times 0.0525 \text{ m}^2} = 19.08 \text{ Kpsi}$$

- Esfuerzo medio.

$$\sigma_m = \sigma_a + \sigma_i; \quad \sigma_m = 19.08 + 84.847 = 104 \text{ Kpsi}$$

- Resistencia s_a

$$\eta_f = \frac{s_a}{\sigma_a}; \quad s_a = \eta_f \times \sigma_a$$

De la tabla 8-17 “resistencia a la fatiga completamente totalmente corregidas de pernos y tornillos con roscas laminadas” pagina 430 Shigley 8 edición, la resistencia a la fatiga $s_e = 18.6 \text{ Kpsi}$ para un SAE 5, $s_{ut} = 70 \text{ Kpsi}$, si $\eta_f = 4$

$$s_a = 4 \times 19.08 \text{ Kpsi} = 76.32 \text{ Kpsi}$$

7.13 Cálculos para selección de rodamientos

El dispositivo posee rodamientos de bola de una hilera, a continuación, se realizará la selección de un rodamiento para la aplicación sacando las ecuaciones de catálogo de rodamientos SKF encontramos los siguientes:

Datos conocidos:

- Diámetro del eje: 12mm
- Velocidad angular del eje: 423rpm
- Tipo de rodamiento: rodamiento de bola de una sola hilera

1 paso:

Como $x=0.56$, según tabla 14.5 factores de carga radial y de empuje para rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda página 614 “diseño de elementos de máquinas” Robert mott 4 edición, se supone $Y=1.50$

2 paso:

Carga equivalente con cargas radiales y de empuje “p”

$$p = V \times R + YT$$

Dónde:

p = carga equivalente (lb)

v = factor de rotación

R = carga radial aplicada (lb)

Y = factor de empuje (adimensional)

T = carga de empuje aplicada (lb)

Reemplazando valores en la ecuación presentada

$$R = 1481 \times \frac{1lb}{4.45N} = 332,94 lb$$

$$E = 47.61N \times \frac{1lb}{4.45N} = 10.69 lb$$

$$p = 1 \times 0.56 (332.94lb) + 1.50(10.69) = 202.48lb$$

3 paso:

Como $\phi_b = 12mm$ y $w = 423 rpm$, según figura 14-12 “factores por duración y por velocidad, para rodamientos de bolas y rodillos” diseño en elementos de maquina Robert l. mott 4ed. Página 614 para “rodamientos de bolas” $f_n=0.4$, $f_l=1.3$, $L_{10}=95h$ (duración). Capacidad de carga básica requerida “c”.

$$c = \frac{p \times f_l}{f_n}$$

$$c = \frac{202.48lb \times 1.3}{0.4} = 658.06lb$$

4 paso: revisando el catálogo de rodamientos Motion & Control NSK (2010) rodamientos, página B-8 “rodamientos de bolas de ranura profunda de una hilera” (p. 10) con diámetro de 12mm y $c = 658.06lb \times \frac{4.45N}{1lb} = 2928.367N$, se toma un rodamiento de bola 6201.

5 paso: para el rodamiento de bola de ranura profunda de una hilera con diámetro interno de 12mm se tiene las siguientes características.

- ✓ Diámetro del eje: 12mm
- ✓ Diámetro exterior del rodamiento: 32mm
- ✓ Ancho del rodamiento: 10mm
- ✓ Radio de la pista: 0.6mm
- ✓ Factor $f_0 = 12.3$
- ✓ Índice de carga básica: $C_r = 6800N$; $C_{or} = 3050N$
- ✓ Velocidad límite con grasa: 22000rpm
- ✓ Velocidad límite con aceite: 28000rpm

6 paso: $d= 12\text{mm}$ diámetro del agujero

- ✓ $D= 32\text{mm}$ diámetro exterior
- ✓ $B= 10\text{mm}$ ancho
- ✓ $d1= \approx 18.45$ diámetro del resalte
- ✓ $D2= \approx 27.34\text{mm}$ diámetro de rebaje
- ✓ $R1.2= \text{min. } 0.6\text{mm}$ dimensión del chaflan

Tabla 5

Datos de cálculo de rodamiento 6201

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	7.28 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	3.1 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.132 kN
Velocidad de referencia		50 000 r/min
Velocidad límite		32 000 r/min
Factor de carga mínima	k_r	0.025
Factor de cálculo	f_0	12

Fuente: SKF (s.f.) modificada elaboración propia

A continuación, evidenciaremos matemáticamente la vida útil de los rodamientos de bola que se utilizaron tomando datos de la tabla 5.

Vida nominal:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10} = \left(\frac{7.28 \text{ kN}}{0.132 \text{ kN}}\right)^3$$

$$L_{10} = 167753.7914$$

Vida nominal ajustada en horas de funcionamiento:

$$L_{10h} = (1000000/60n) L_{10}$$

$$L_{10h} = (1000000/60(800))167753.7914$$

$$L_{10h} = 3494870.654 \text{ h}$$

Nota: se trabajó con un diámetro de 12 milímetros para diámetro interno del rodamiento debido a que se decidió trabajar con este diámetro para mejorar la estética del dispositivo, teniendo en cuenta el diámetro estipulado por las ecuaciones de estática en el diseño del eje.

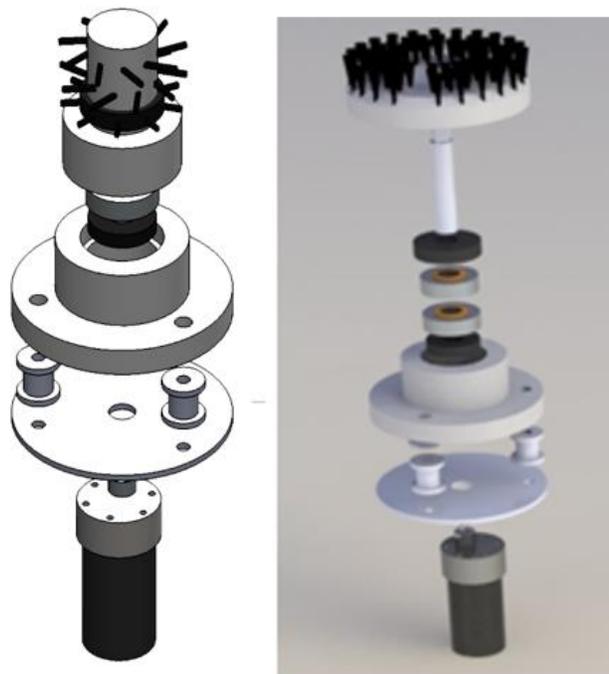
8. Manual de operación y funcionamiento

En este manual se mencionarán sugerencias y recomendaciones para un óptimo funcionamiento y correcta operación del dispositivo.

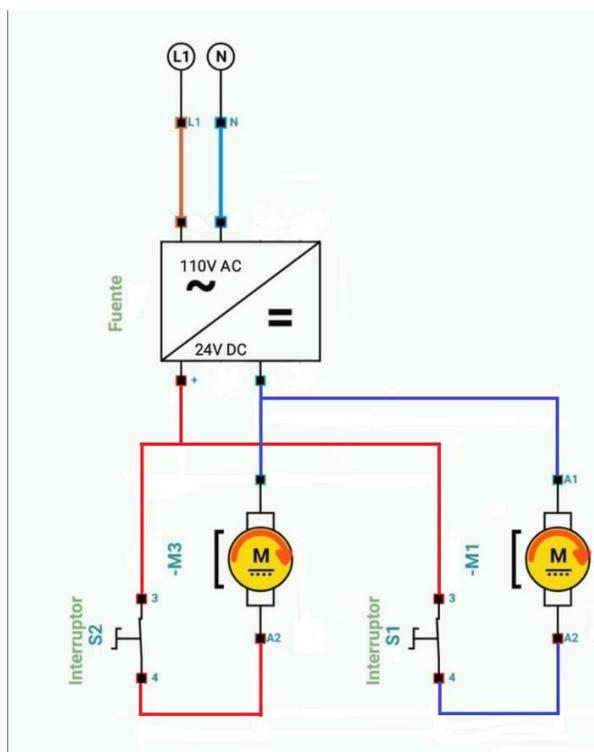
Para el funcionamiento asegurarse que las piezas estén ensambladas de la misma manera que está en la figura 53, una vez estén puestos los elementos atornillados en el lava platos seguir con la instalación eléctrica la cual se debe seguir tal cual como se ve referenciado en la figura 54. Una vez concluida la instalación eléctrica y haber asegurado la caja de proyectos con los interruptores dar marcha o accionar los interruptores de codillo para verificar el funcionamiento.

Figura 53

Posición de elementos



Fuente: Elaboración propia

Figura 54*Conexión eléctrica*

Fuente: Elaboración propia

8.1 Sugerencias y recomendaciones

Al estar utilizando el dispositivo procurar siempre tener las manos libres de elementos colgantes o anillos.

Procurar a tener el área de lavado libre de elementos grandes livianos y verificar que todo esté en su correcta posición.

Para poner en marcha a los motores eléctricos accionar el interruptor de codo correspondiente a cada motor. Una vez terminado de lavar los platos accionar nuevamente el interruptor de codo.

El uso de jabón es indispensable para un óptimo funcionamiento del dispositivo, el uso de jabón líquido facilita la operación del dispositivo en el caso de utilizar jabón líquido aplicarlo

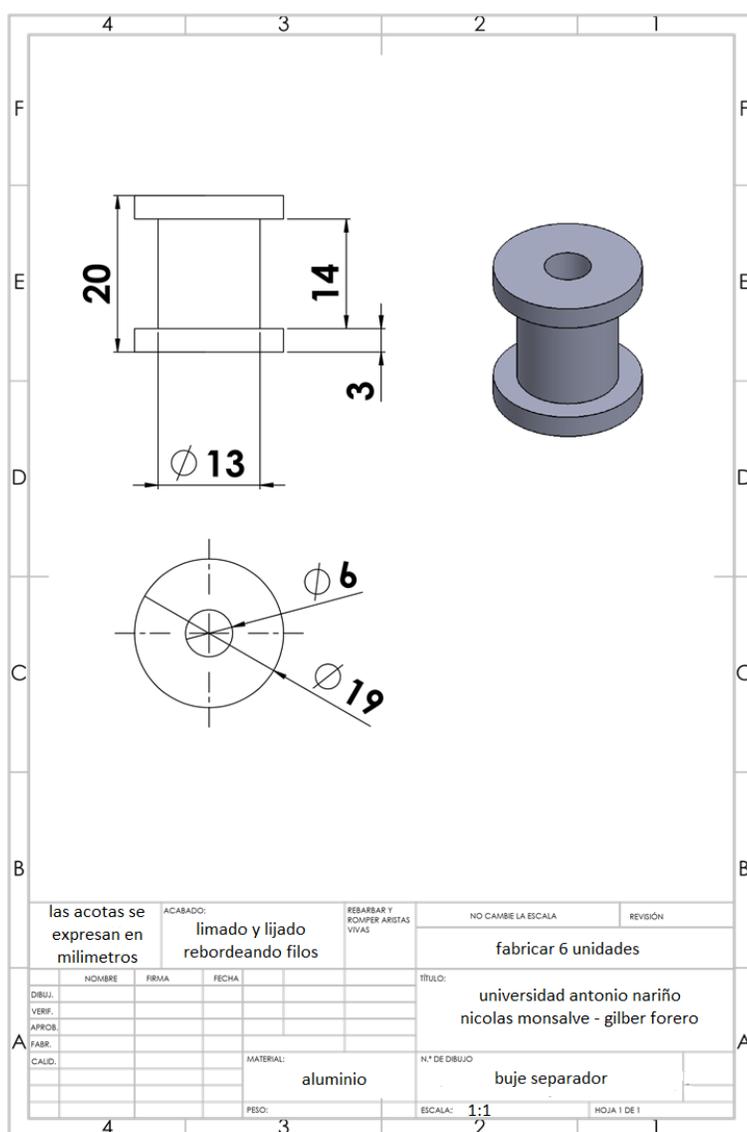
directamente sobre las cerdas y si es jabón en barra procurar no ejercer demasiada presión a las cerdas plásticas.

8.2 Anexos planos para fabricación de piezas y ensamble del dispositivo

En las siguientes figuras (55, 56, 57, 58, 59, 60, 61) se encuentran los planos para la fabricación de las partes del dispositivo y la conexión eléctrica que se debe seguir.

Figura 55

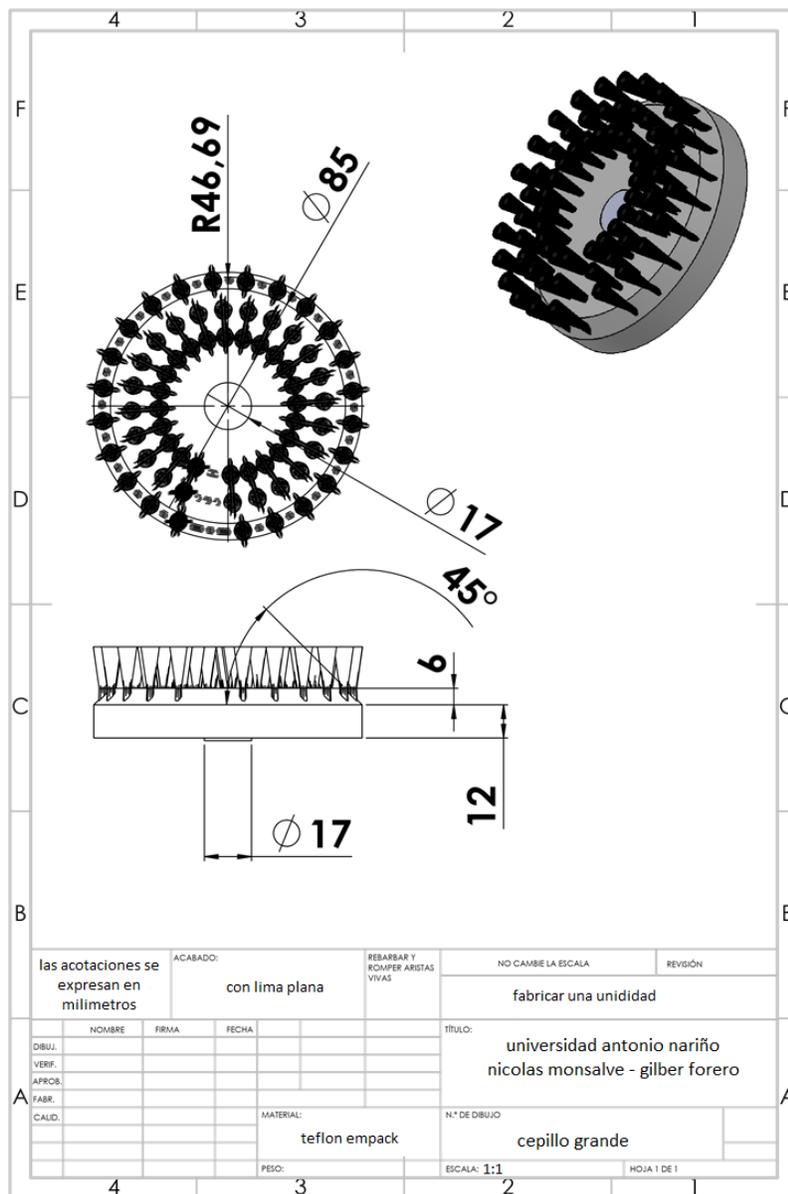
Bujo separador



Fuente: Elaboración propia

Figura 56

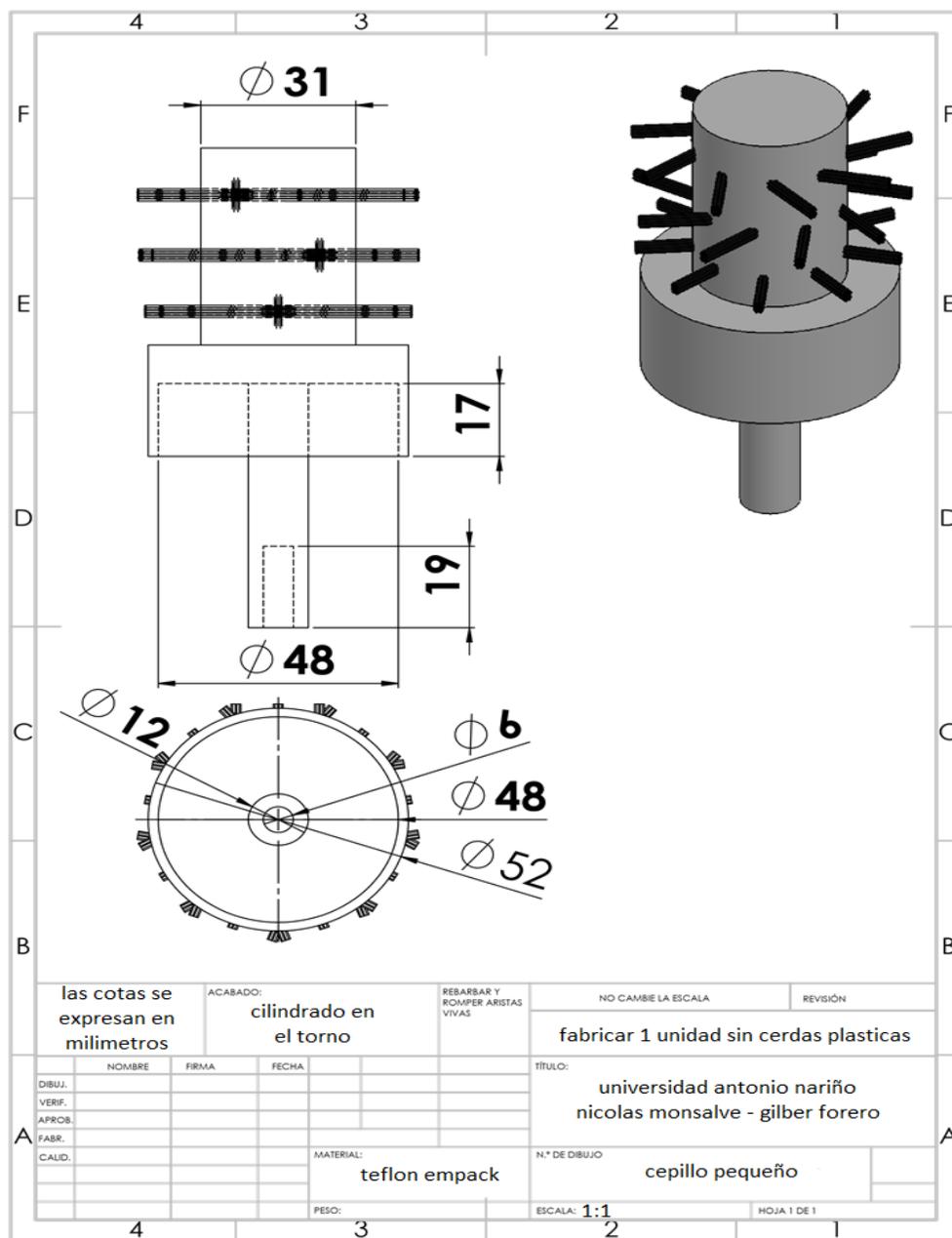
Cepillo grande



Fuente: Elaboración propia

Figura 57

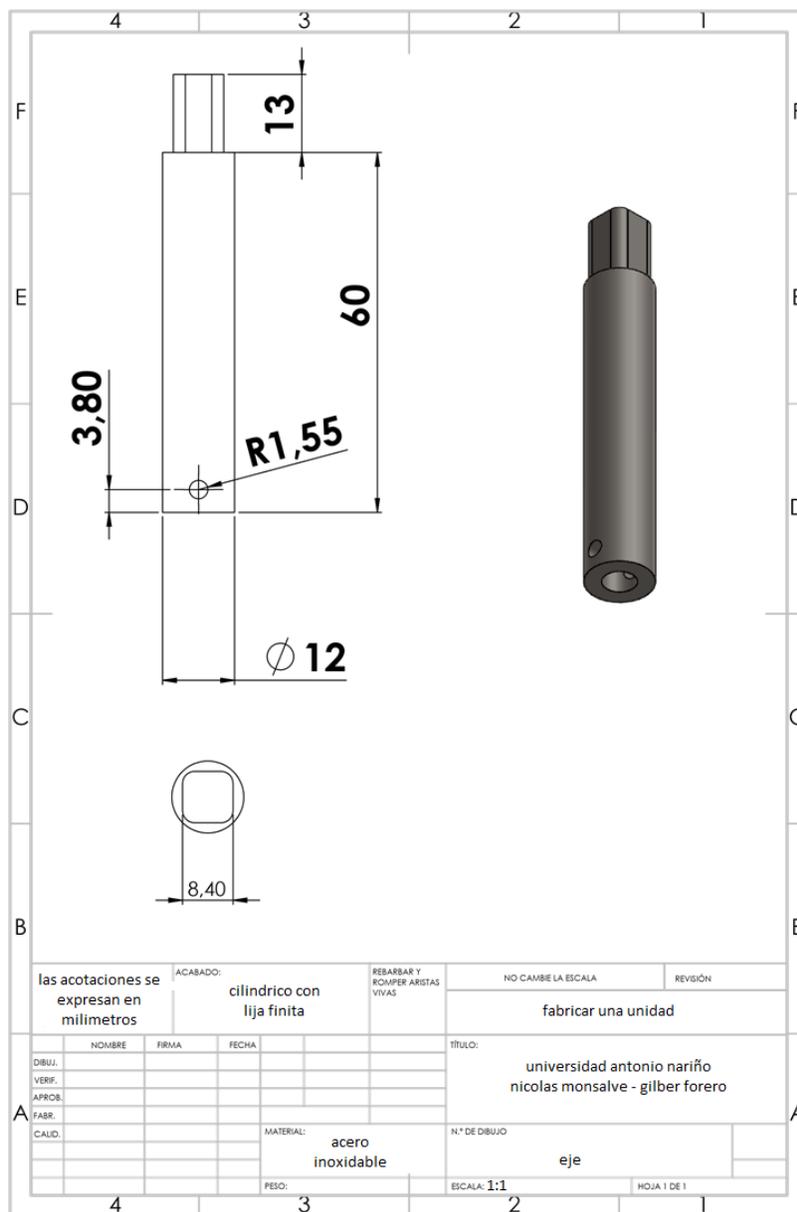
Cepillo pequeño



Fuente: Elaboración propia

Figura 58

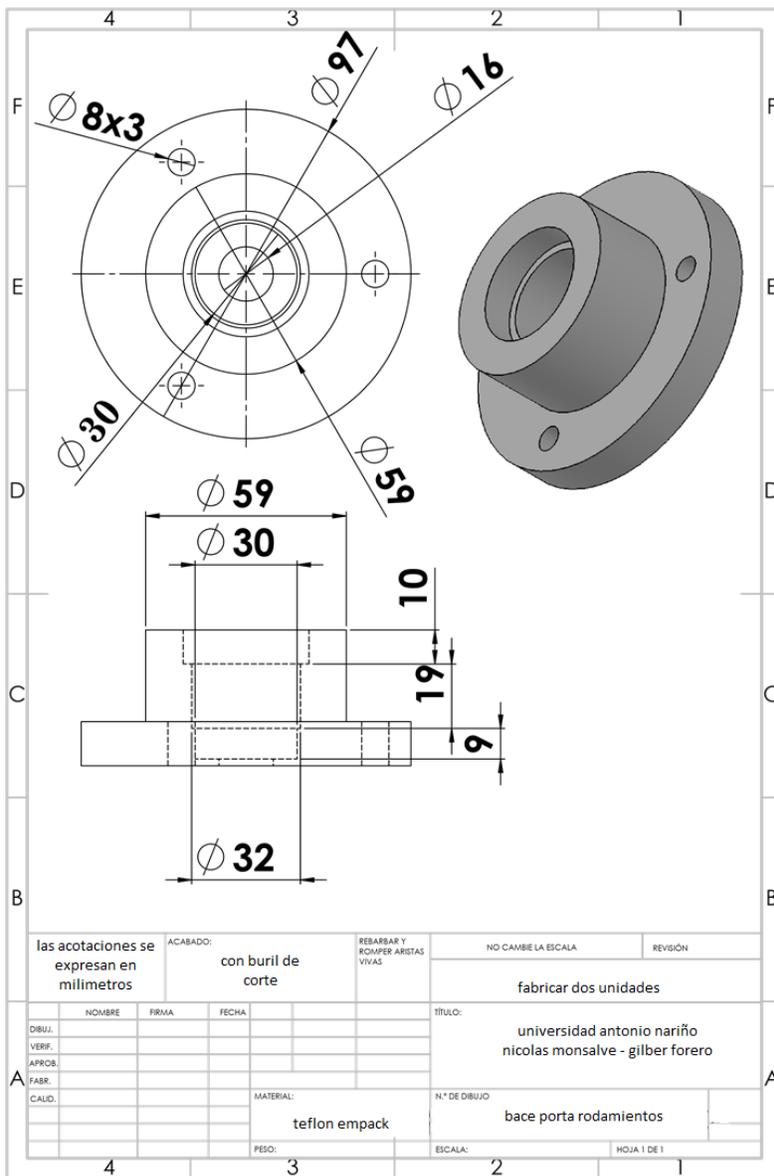
Eje



Fuente: Elaboración propia

Figura 59

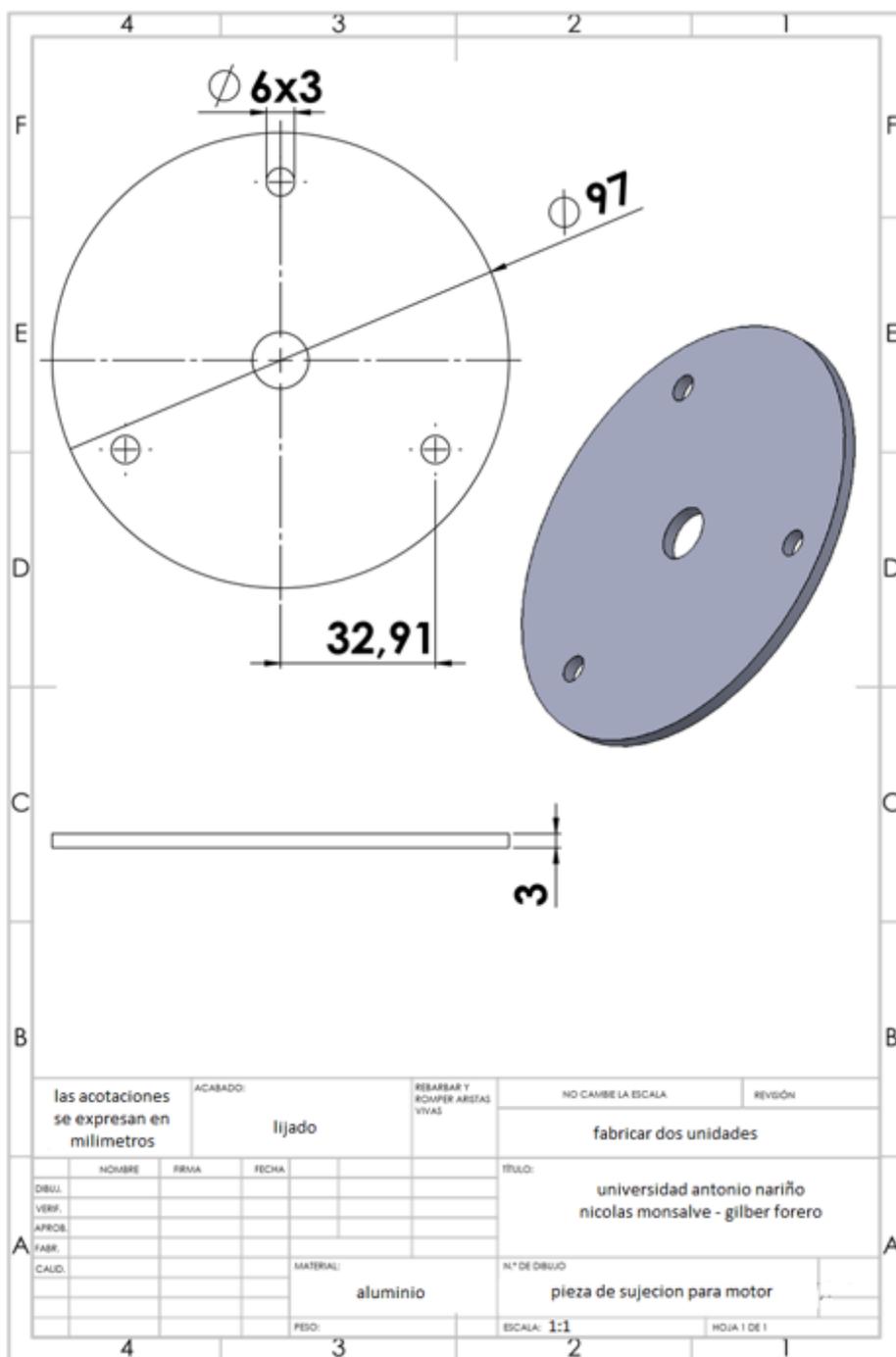
Base porta rodamientos



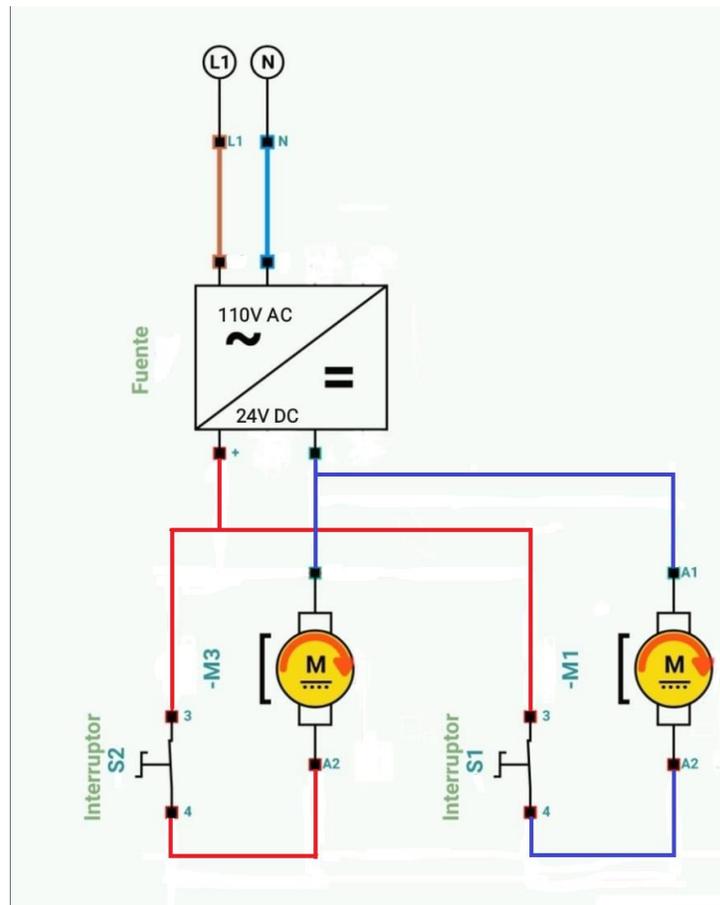
Fuente: Elaboración propia

Figura 60

Pieza de sujeción para motor



Fuente: Elaboración propia

Figura 61*Diagrama eléctrico*

Fuente: Elaboración propia

9. Conclusiones

Como conclusión a los objetivos específicos la revisión bibliográfica se hizo a través de herramientas digitales donde encontramos información necesaria para despejar las dudas que se presentaron mediante el desarrollo del proyecto.

Para maximizar la seguridad en filtraciones de agua se han instalado ranuras en la parte inferior para instalar unos anillos de caucho con el conocimiento adquirido en materiales y con la ayuda de herramientas digitales se escogió el acero inoxidable para mantener controlado el problema de oxidación en aceros.

A la hora de escoger un material para evitar accidentes por quebradura y el control de óxido se optó por realizar un análisis en materiales para lo que íbamos a realizar y luego se realiza una búsqueda web donde nos informamos y hacemos selección de los materiales que vamos a utilizar en cada zona correspondiente.

Los cálculos de ingeniería estos se hicieron a través de procesos matemáticos y el dispositivo se fabricó gracias a los diseños físicos realizados en los softwares de diseño. Finalmente el manual de funcionamiento y seguridad se elaboró teniendo en cuenta la seguridad del operario y del dispositivo.

Referencias

- Ávila, N., Navarro, F. y Tapia, M. (2020). Identidad, voz y agencia: claves para una enseñanza inclusiva de la escritura en la universidad. *Archivos analíticos de políticas educativas*, 28(98). <https://doi.org/10.14507/epaa.28.4722>
- Baldacchino, L. (2019). *Intuition in entrepreneurial cognition*. In A. Caputo & M. Pellegrini (Eds.). *The anatomy of entrepreneurial decisions* (pp. 29–56). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19685-1_3
- Beer, F. P. (2007). *Mecánica de materiales*. México D.F. Estado de México: Editorial Mc Graw Hill.
- Cassany, D. (2012). *Leer y escribir en la red*. Anagrama. https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=tQOUEQnTmVUC&oi=fnd&pg=PT40&dq=Leer+y+escribir+en+la+red.&ots=dhdaWg06Vn&sig=ZVImEno3teQgvd5OGmhku0aetkg&redir_esc=y#v=onepage&q=Leer%20y%20escribir%20en%20la%20red.&f=false
- CBM Central de Bronces y Metales. (2022). *Aluminio eje y platina*. <http://www.centralbroncesymetales.com/Aluminio%20ejes%20y%20platinas.html>
- Equipamiento Tapia. (s.f.). *Que es el acero inoxidable*. <https://www.equipamientostapia.es/noticia.php/es/Noticias/Que-es-el-acero-inoxidable/96>
- Fuzhou Bringsmart Intelligent Tec.Co., LTD. (s.f.). *Hot sales product*. <http://www.bringsmart.com>
- GDD Metals. (s.f.). *6061-T6*. <https://www.ggdmetals.com.br/es/produto/6061-t6/>

- Giancoli, D. C. (1997). *Física: principios con aplicaciones*. Naucalpan de Suarez. Estado de México: Editorial Pearson Prentice Hall.
- Guzmán C. y Torres, A. (2017). *Oprota: sistema que optimiza los recursos necesarios para lavar la vajilla en hogares de estrato tres de la ciudad de Santiago de Cali*. Universidad Icesi. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/83064/1/TG01649.pdf
- Hammer, D., Melhuish, E., y Howard, S. J. (2017). Do aspects of social, emotional and behavioural development in the pre-school period predict later cognitive and academic attainment?. *Australian Journal of Education*, 61(3), 270-287. <https://doi.org/10.1177/0004944117729514>
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica*. Naucalpan de Suarez. Estado de México: Editorial Pearson Prentice Hall.
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. México DF. Estado de Mexico: Editorial McGraw Hill.
- Hobart. (2010). *Lavaloz select am 15*. México. [hobart.com.mx/pdf/ManualOper/\(MO\)%20LAVALOZA%20SELECT%20AM15%20\(E SP\).pdf](http://hobart.com.mx/pdf/ManualOper/(MO)%20LAVALOZA%20SELECT%20AM15%20(E SP).pdf)
- Norton, R. (1991). *Diseño de máquinas*. Ingeniería electromecánica. PEP. Primera Edición. Universidad Autónoma de Colombia. http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/electromecanica/pep_iem.pdf
- Motion & Control NSK. (2010). *Rodamientos*. https://suministointec.com/catalogos/2019/nsk/NSK_catalogo_rodamientos_2018.pdf
- Mott, R. L., y Pozo, V. G., Sánchez, S. S., Fernández, Á. H. y Sánchez, J. V. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/4897/3/3011.pdf>

Rodamientos SKF. (s.f.). Conceptos básicos de rodamientos.

<https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/general-bearing-knowledge/bearing-basics>

Rodamientos y suministros Sicoris S.A. (s.f.). *Retenes tipos, tablas, características y cómo*

elegirlos. <https://sicoris-sa.com/productos/tipos-de-retenes-y-como-elegirlos.html>

Romero, E. y De Anda, R. (2017). *Maestría en sistemas de manufactura*. Universidad Autónoma

de Guadalajara. <https://datospdf.com/downloadFile/5a4c8501b7d7bcab6715f857>

Shigley, J. E., Mischke, C. R., Bocanegra, F. P. y Correa, C. O. (1990): *Diseño en ingeniería*

mecánica. Naucalpan de Suarez. Estado de México: Editorial Mc Graw Hill.