



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO PARA TITULACIÓN
POR ACTIVIDADES DE APOYO A LA DOCENCIA EN EL DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DIDÁCTICOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

PRESENTAN:

JÓSE MARTÍN BALTAZAR ZAVALA
NÚMERO DE CUENTA: 09002274-2

DAVID DÍAZ CORNEJO
NÚMERO DE CUENTA: 08901232-3

MARCOS JIMÉNEZ DE LA CRUZ
NÚMERO DE CUENTA: 40703639-6

ASESOR:

ING. ÁNGEL ISAÍAS LIMA GÓMEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

OCTUBRE DE 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Actividad de Apoyo a la Docencia

"Elaboración del proyecto de trabajo para titulación por actividades de apoyo a la docencia en el diseño y construcción de motores eléctricos didácticos"

Que presenta el pasante: JOSÉ MARTÍN BALTAZAR ZAVALA

Con número de cuenta: 09002274-2 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de mayo de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Javier Hernández Vega	
VOCAL	Ing. Óscar Cervantes Torres	
SECRETARIO	Ing. Ángel Isaías Lima Gómez	
1er. SUPLENTE	Ing. José Gustavo Orozco Hernández	
2do. SUPLENTE	Ing. Arturo Ávila Vázquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Actividad de Apoyo a la Docencia

"Elaboración del proyecto de trabajo para titulación por actividades de apoyo a la docencia en el diseño y construcción de motores eléctricos didácticos"

Que presenta el pasante: DAVID DÍAZ CORNEJO

Con número de cuenta: 08901232-3 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de mayo de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Javier Hernández Vega	
VOCAL	Ing. Óscar Cervantes Torres	
SECRETARIO	Ing. Ángel Isaías Lima Gómez	
1er. SUPLENTE	Ing. José Gustavo Orozco Hernández	
2do. SUPLENTE	Ing. Arturo Ávila Vázquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Actividad de Apoyo a la Docencia**

"Elaboración del proyecto de trabajo para titulación por actividades de apoyo a la docencia en el diseño y construcción de motores eléctricos didácticos"

Que presenta el pasante: **MARCOS JIMÉNEZ DE LA CRUZ**

Con número de cuenta: **40703639-6** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de mayo de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Javier Hernández Vega	
VOCAL	Ing. Óscar Cervantes Torres	
SECRETARIO	Ing. Ángel Isaías Lima Gómez	
1er. SUPLENTE	Ing. José Gustavo Orozco Hernández	
2do. SUPLENTE	Ing. Arturo Ávila Vázquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTOS:

Dedico este trabajo a mis padres J. Guadalupe Baltazar Morales y María Luisa Zavala Medina, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer cada día en mí y en mis expectativas, por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, gracias por sus consejos y por cada una de sus palabras que me han guiado durante mi vida.

A mi asesor el ing. Ángel Isaías Lima Gómez ya que sin su ayuda, orientación y conocimientos no hubiera sido posible realizar este proyecto.

A mi universidad: Universidad Nacional Autónoma de México, gracias por haberme permitido formarme y ser parte de ella.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de este trabajo.

Gracias.

José Martín Baltazar Zavala

ÍNDICE

1. CAPITULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO	1
1.1.3 IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE	2
1.1.4 ASIGNATURAS A LAS QUE SE APOYA	2
1.1.5 MATERIAL DIDÁCTICO QUE SE PLANTEA ELABORAR	3
1.1.6 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	3
2. CAPITULO 2	4
2.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA	4
2.1.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.)	4
2.1.2 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.)	4
2.2 ASPECTOS GENERALES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS	5
3. CAPITULO 3	6
3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	6
3.1.1 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 1.....	6
3.1.2 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 2.....	27
3.1.3 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 3.....	50
3.1.4 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C. D.) NÚMERO 4.....	77
3.1.5 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 5.....	90
3.1.6 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.) NÚMERO 6	102
3.1.7 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 7.....	113
3.2 CONCLUSIONES	126
3.3 REFERENCIAS.....	127
3.4 APENDICE.....	128
3.4.1 CORRIENTE SOPORTADA POR EL ALAMBRE DE COBRE ESMALTADO EN BOBINAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	128

1. CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCION

Este trabajo tiene como finalidad incentivar a los estudiantes en la profundización de sus conocimientos mediante la construcción de motores eléctricos didácticos, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, los cuales aportaran grandes beneficios para los estudiantes de ingeniería que estén cursando asignaturas relacionadas con el tema de los motores eléctricos. Dándole principalmente un enfoque teórico.

Se trata de que construyan uno o más de estos motores, empleando materiales de bajo costo, observando la importancia de utilizar uno u otro, así como sus ventajas y desventajas. De observar que pasa si no se respetan las características y dimensiones de los mismos, de discutir de qué manera afectaría una variación de estos materiales en su desempeño y de relacionar el funcionamiento de estos motores con uno real.

En estos motores los alumnos pueden observar el principio de funcionamiento de un motor eléctrico y como la interacción de los campos magnéticos que se producen tanto en el estator como en el rotor es lo que provoca su movimiento.

1.1.1 OBJETIVO GENERAL.

Construir motores eléctricos didácticos de forma sencilla que nos permitan observar el principio básico de su funcionamiento.

1.1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- Observar sus características principales e identificar cada uno de sus componentes.
- Identificar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de motores.
- Observar las características que debe tener cada material a utilizar para el diseño de los motores de manera que funcionen adecuadamente.
- Demostrar que los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en diferentes materias son aplicables en la construcción de estos motores.

1.1.3 IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

Estos motores didácticos tienen la finalidad de ser una herramienta que ayude a los profesores a reafirmar y mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje de los alumnos. Pueden ser utilizados tanto en el salón de clases como también en los laboratorios debido a su accesibilidad, pueden adaptarse a una amplia variedad de enfoques y objetivos de enseñanza.

Dependiendo del tipo de motor eléctrico del que se trate, estos siempre van a apoyar los contenidos de una temática o asignatura, lo cual va a permitir que los alumnos formen un criterio propio de lo entendido y ayudan a una mejor comprensión del principio del funcionamiento y operación básica de las máquinas eléctricas.

1.1.4 ASIGNATURAS A LAS QUE SE APOYA

- Electricidad y magnetismo: Observando la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje.
- Máquinas de corriente directa y máquinas síncronas: Implementando métodos para llevar el motor a la velocidad de sincronismo y observando que las máquinas síncronas no tienen par de arranque.
- Máquinas eléctricas: Observando las diferencias y semejanzas entre motores de corriente directa y de corriente alterna, así como sus ventajas y desventajas.
- Control electromecánico: Estableciendo métodos para operar de manera adecuada los diferentes tipos de motores de acuerdo a sus características.
- Transformadores y motores de inducción: Observando los principios de inducción magnética y eléctrica en los motores y transformadores.

1.1.5 MATERIAL DIDÁCTICO QUE SE PLANTEA ELABORAR:

Un manual para la construcción de motores eléctricos didácticos.

1.1.6 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

Está dividida en tres capítulos:

- Capítulo uno. Se hace mención de la motivación para realizar este trabajo y la justificación implícita en la introducción. Se plantean los objetivos, se hace mención de las asignaturas a las que puede complementar.
- Capítulo dos. Hace referencia de algunas características de los motores de corriente directa y de corriente alterna. Sobre los materiales empleados para el diseño y construcción de los motores.
- Capítulo tres. Es el desarrollo del trabajo donde se expone el diseño de las partes y los pasos para la construcción de los motores eléctricos didácticos de corriente directa y alterna monofásicos.

Al final se presentan las conclusiones del presente trabajo.

2. CAPITULO 2

2.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA

La electricidad es una fuente de energía limpia y eficiente, fácil de controlar y transmitir a grandes distancias. Un motor eléctrico es una máquina utilizada en transformar energía eléctrica en mecánica. Son utilizados en la industria, pues combinan las ventajas del uso de la energía eléctrica (bajo, costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de la puesta en marcha, etc.) con una construcción relativamente simple, costo reducido y buena adaptación a los más diversos tipos de carga.

De acuerdo a la fuente de tensión que alimente al motor, podemos realizar la siguiente clasificación: motores de corriente directa (DC) y motores de corriente alterna (AC)

2.1.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.)

Se utilizan en casos en los que es de importancia el poder regular continuamente la velocidad del eje y en aquellos casos en los que se necesita de un par de arranque elevado.

Algunas de sus características son:

- Es necesario aplicar corriente continua en el inducido y en el inductor.
- La velocidad aumenta con la tensión aplicada.
- Partes básicas: inductor, inducido y colector.
- Velocidad variable.
- Más caros de fabricar.
- Son motores con polaridad.
- Utilizados en trabajos pesados.

2.1.2 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.)

La mayor parte de las cargas son impulsadas por motores de CA. Son silenciosos, seguros y eficientes.

Algunas de sus características son:

- Trabaja a partir de la aplicación de corriente alterna.
- Par de arranque bajo.

- Partes básicas: estator, rotor y carcasa.
- Fabricación más sencilla, los precios de estos motores son más reducidos respecto a los motores DC.
- Son monofásicos y trifásicos.
- Trabaja a velocidades fijas dependiendo de la frecuencia y del número de polos.

2.2 ASPECTOS GENERALES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Alambré de cobre esmaltado: La selección del calibre correcto del conductor es muy importante, ya que si el alambré es muy delgado para el paso de la corriente, este se sobrecalentará.

Propiedades:

- Alta conductividad eléctrica
- Excelente ductilidad
- Buena resistencia mecánica a la tracción y a la fatiga
- Fácil de estañar

Placa metálica: básicamente las tapas utilizadas en las instalaciones eléctricas para caja tipo chalupa. Tapa cuadrada fabricada en acero, ancho 101.6 mm, largo 101.6 mm y un espesor de 0.5 mm. También se empleo lámina de acero galvanizada, la cual se puede adquirir fácilmente y aun precio muy económico en cualquier local donde se compran y se venden metales y lamina de silicio cuyo cos. Básicamente se puede utilizar cualquier tipo de lámina metálica que cumpla con las características que se especifican en cada motor.

Bases de madera: Utilizamos este material porque su manipulación es más fácil. Se puede dar el diseño con mejores resultados y el acabado es muy limpio. En comparación con otros materiales como el acrílico que da mejor presentación, pero a cambio su manipulación es más trabajosa.

3. CAPITULO 3

3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1.1 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 1.

Un motor de corriente directa es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la interacción de los campos magnéticos. Poseen una serie de características que los hace especialmente indicados para ciertas aplicaciones, como por ejemplo tranvías, trenes, coches eléctricos, ascensores, cadenas productivas, etc.

La amplia gama de velocidad que ofrecen, su fácil control, un alto rendimiento para un amplio margen de velocidades y su elevada capacidad de sobrecarga los hace más apropiados que los motores de corriente alterna para muchas aplicaciones. Además de que tienen tamaños muy reducidos y no contaminan el medio ambiente.

Aunque en ocasiones presentan inconvenientes como un mantenimiento muy caro y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas.

Además, pueden ser utilizados como generadores de energía eléctrica ya que tienen la misma constitución física.

Sus principales partes son:

- **Campo:** es la parte fija del motor responsable del establecimiento del campo magnético de excitación. En su interior se encuentran distribuidos, en número par, los polos inductores, sujetos mediante tornillos a la carcasa, están constituidos por un núcleo y por unas expansiones en sus extremos. Alrededor de los polos se encuentran unas bobinas, que constituyen el devanado inductor, generalmente de hilo de cobre aislado, que, al ser alimentados por una corriente continua, generan el campo inductor de la máquina.
- **Armadura:** es la parte móvil del motor, que proporciona el par para mover la carga. Consta de un conjunto de bobinas denominadas bobinas inducidas que van

arrolladas sobre las ranuras de un núcleo de hierro que recibe el nombre de inducido.

- **Colector y delgas:** son un conjunto de láminas de cobre, aisladas entre sí, que forman el colector y a las cuales se sueldan los extremos de las bobinas inducidas. El conjunto se monta sobre un eje y está apoyado sobre cojinetes.
- **Escobillas de grafito:** se encuentran montadas sobre las porta-escobillas, están en contacto permanente con el colector y suministran la corriente eléctrica a las bobinas inducidas.
- **Entrehierro:** es el espacio situado entre el estator y el rotor, es por donde el flujo magnético pasa de uno a otro. Algunos motores además incorporan polos de conmutación, rodeados por unas bobinas conectadas en serie con el devanado inducido y recubiertas de una película aislante para evitar cortocircuitos.

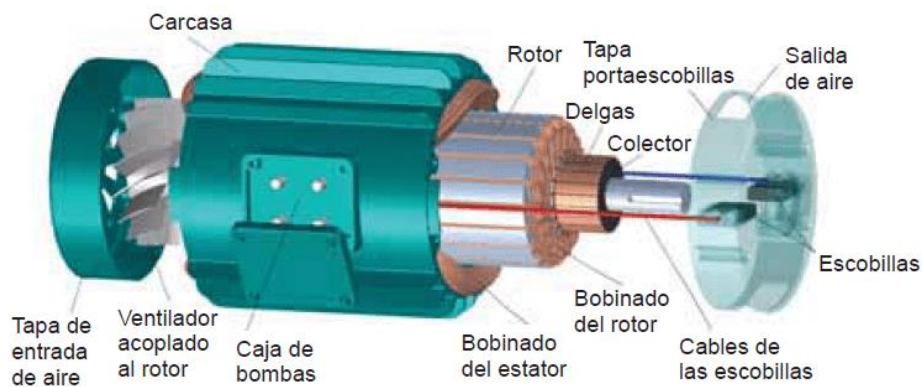


Figura 1.1. Motor de corriente directa.

FUNCIONAMIENTO

El motor eléctrico de corriente directa basa su funcionamiento en la ley de Laplace. Entonces se da el *efecto Laplace o efecto motor*: “Todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento”. El bobinado inductor y el bobinado inducido están conectados en paralelo. Al ser recorridos por una corriente, el bobinado inductor forma el campo magnético y el inducido por la ley de Laplace, al ser recorrido por la corriente y sometido a la influencia del campo magnético inductor, se desplaza, dando origen al giro del rotor. Si

aumenta el campo aumenta la fuerza y aumenta la velocidad. El campo magnético que produce la bobina inducida, provoca una deformación del flujo inductor llamada reacción del inducido.

Tienen un campo estacionario llamado estator o campo que va conectado directamente al voltaje de alimentación y un rotor también llamado armadura que recibe el voltaje de la línea a través de un conmutador, el cual, al estar girando la armadura realiza las inversiones de polaridad necesarias para que la armadura siga girando.

Primero vamos a conectar el estator a la fuente de alimentación. Al circular la corriente por el embobinado del estator se convertirá en un electroimán, la polaridad de este electroimán depende de la dirección del flujo de la corriente y de la dirección del devanado o arrollado. El flujo de la corriente va del lado positivo de la fuente de voltaje, pasando por la bobina, hasta la terminal negativa de la fuente. El polo norte se identifica también con la regla de la mano derecha. Vamos a suponer que en este caso el polo norte queda del lado izquierdo y el polo sur del derecho. Las líneas de campo salen siempre del polo norte y entran al polo sur.

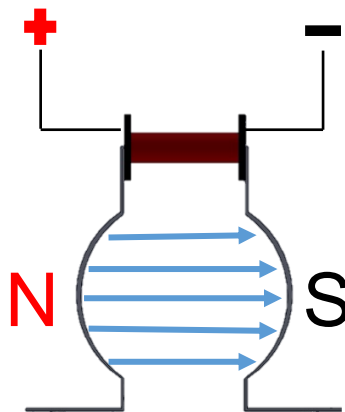


Figura 1.2. Líneas de campo en el estator.

Mientras esté conectado a la fuente de alimentación abra un polo norte a la izquierda y un polo sur a la derecha, ahora pongamos la armadura en medio del campo magnético del electroimán, a través de las escobillas y del conmutador conectamos el devanado de la armadura a la fuente de alimentación. De nuevo supongamos que la dirección del embobinado es tal que en la armadura aparecerá un polo norte en la parte de la izquierda y

un polo sur en la parte de la derecha, el rechazo que hay entre los dos polos norte y los dos polos sur obligan a la armadura a girar, la armadura girara tratando de que quede el polo norte quede frente al polo sur del estator y el polo sur frente al polo norte, con esto ocurrirán dos cosas: debido al peso de la armadura, la inercia ara que al llegar a la posición neutra la armadura continúe girando, además, el conmutador cambiara las conexiones, de manera que nuevamente aparecerá el polo norte en la parte de la izquierda y el polo sur en la parte de la derecha.

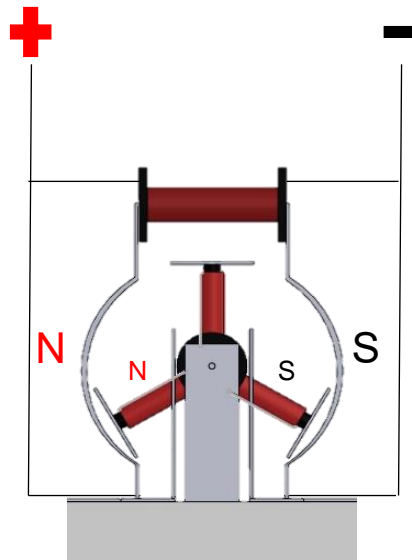


Figura 1.3. El conmutador realiza los cambios de polaridad en los devanados de la armadura.

Esta acción se repite indefinidamente mientras el estator y las escobillas continúen en contacto con la fuente de alimentación. Para invertir la dirección de la rotación basta con invertir los cables que van conectados a las escobillas, también se puede invertir la rotación invirtiendo los cables que van conectados al estator.

MATERIAL

- Lamina de silicio, acero o galvanizada, calibre 28. (0.417 mm de espesor aprox.).
- 2 bornes.
- 27 m de alambre de cobre esmaltado calibre 29 (0.286 mm de diámetro).
- Un eje de 3/32 (2.4 mm de diámetro), puedes utilizar un clavo o un electrodo de soldadura.
- 6 tornillos de 3/32.
- Cinta de aislar.
- Palos de madera redondos.
- Base de madera de 15 x 10 cm.
- Una lata de refresco de aluminio.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

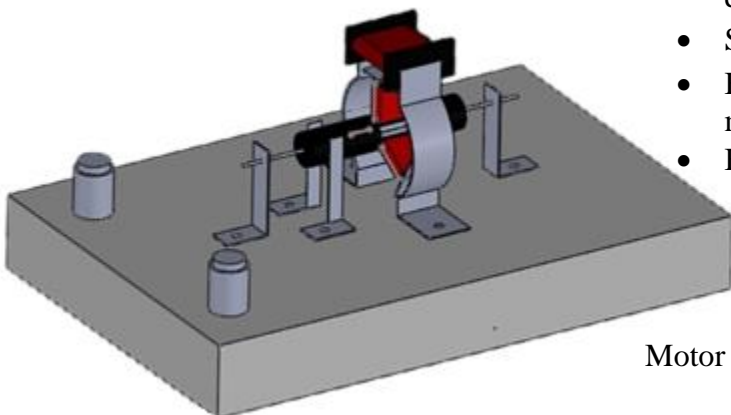
- Taladro.
- Brocas de 3/32, 1/8 y 3/16.
- Cautín, soldadura y pasta.
- Tijeras para metal.
- Pinzas.
- Segueta.
- Desarmadores planos y de cruz.
- Lijas para metal y madera.
- Cúter.

DATOS TÉCNICOS

- Voltaje (V) 6
- Corriente (A) 3
- Potencia (W) 18
- Rendimiento: muy bajo debido a que tiene poco hierro

COMPONENTES

- El inductor o estator 1
- El inducido o rotor 1
- El colector o conmutador 1
- Delgas del conmutador 3
- Las escobillas (se harán de la lata de aluminio) 2
- Soportes del eje 2
- Bobinas de alambre magneto 4
- Base del motor 1

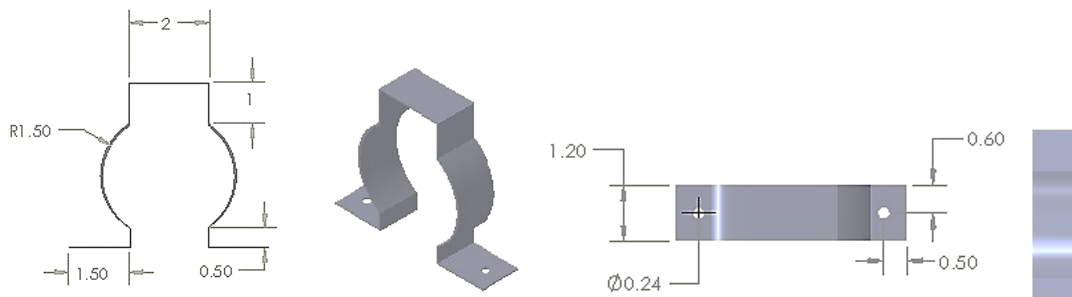


Motor con su base.

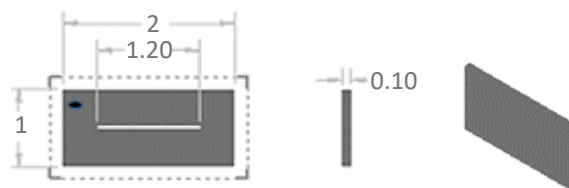
COMPONENTES

Las medidas que se dan están en cm.

El inductor o estator.

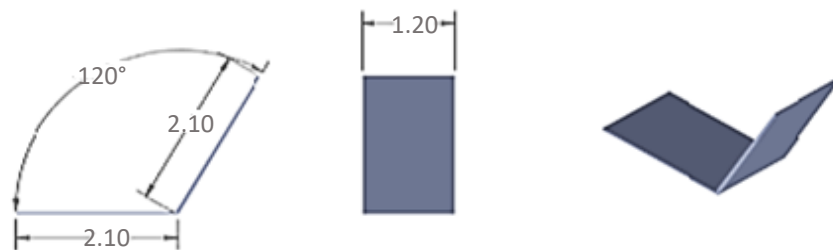


Núcleo del estator.

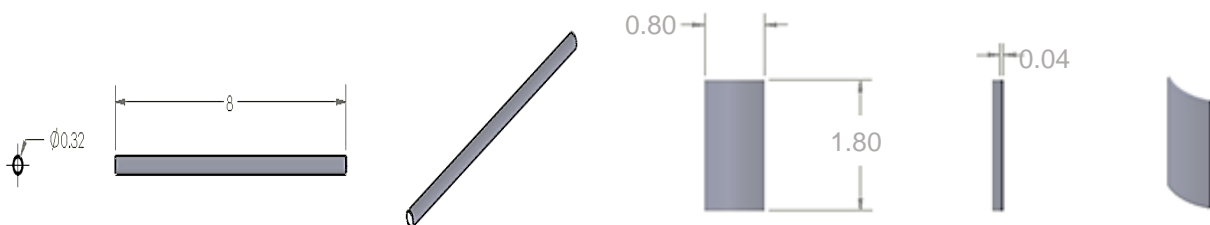


Carrete del embobinado.

El inducido o rotor.



Laminas del núcleo del rotor (3).



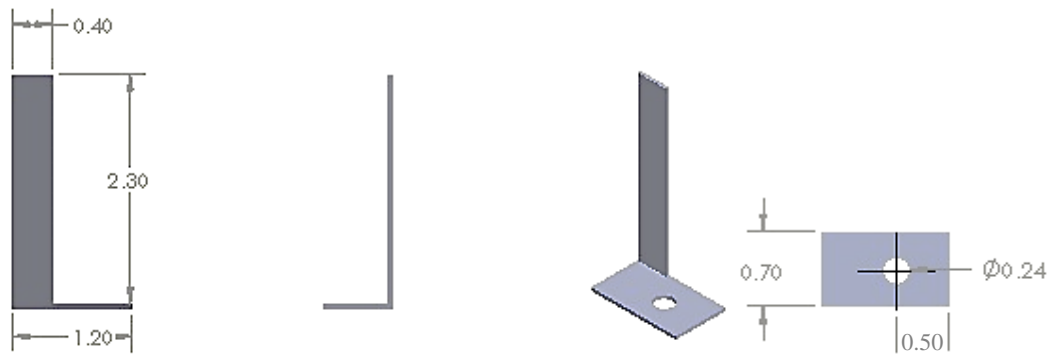
Eje.

Delgas. (3)



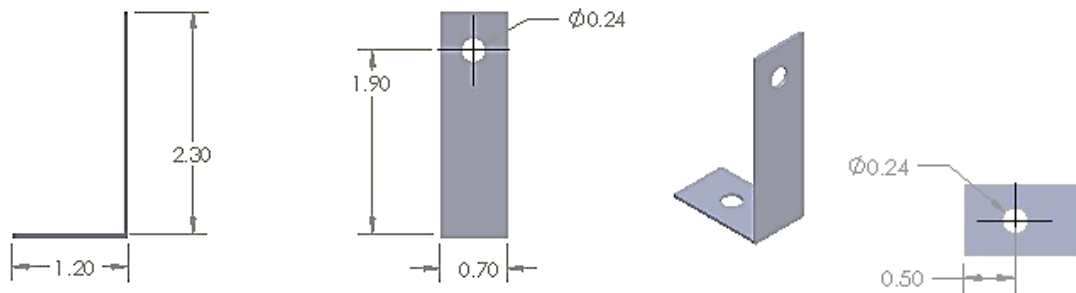
Bujes de madera.

Escobillas (se harán de la lata de aluminio).

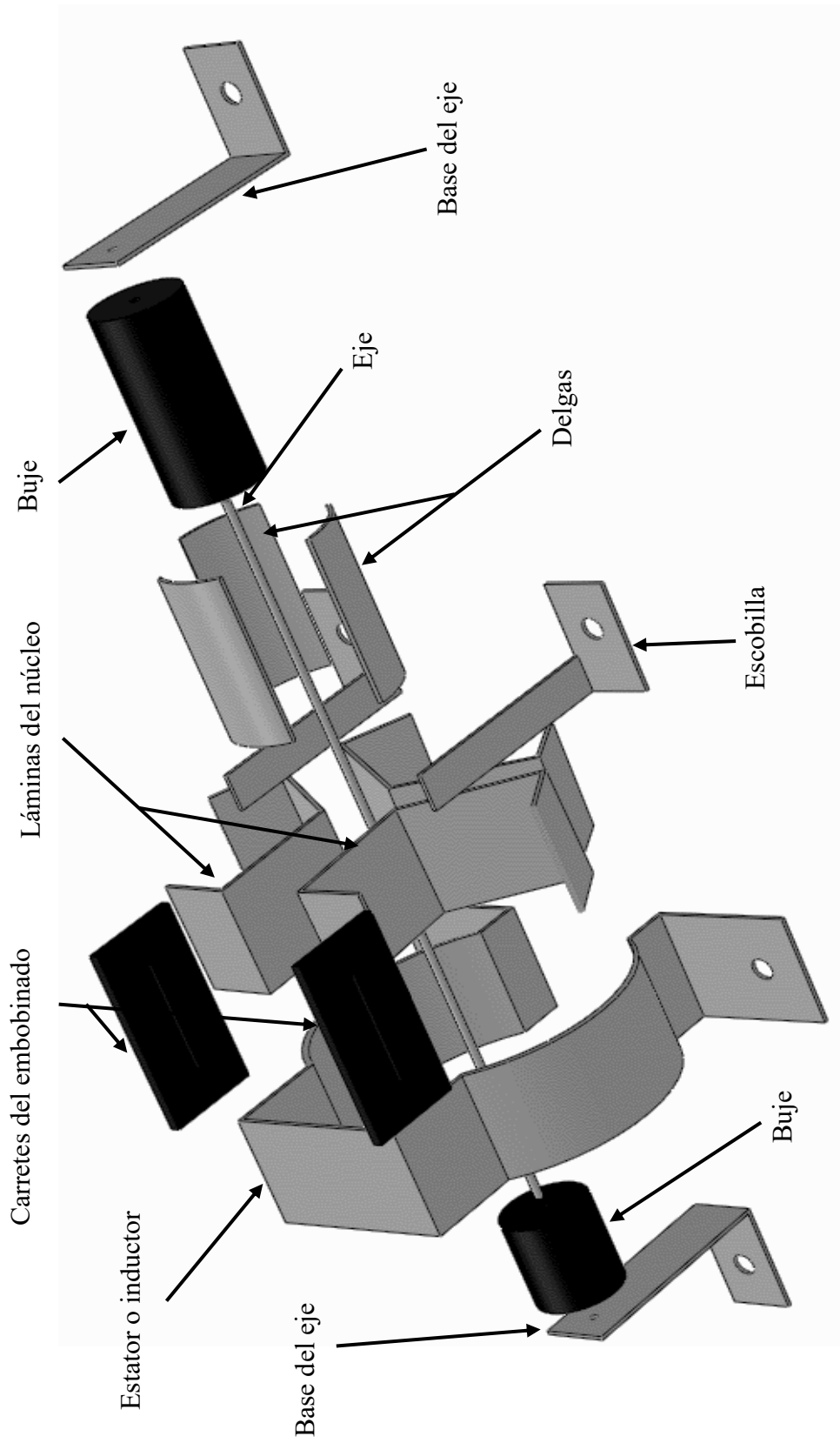


Vistas de frente, de lado, en perspectiva y de arriba.

Soportes.



Vistas de lado, de atrás, en perspectiva y de arriba



Despiece del motor.

CONSTRUCCION.

Inductor o estator.

NOTA. La lámina al silicio posee mejores propiedades magnéticas que las láminas de acero o galvanizada, pero su manipulación es más difícil ya que al hacer los cortes tiende a despostillarse lo que limita sus propiedades. Te recomiendo utilizar mejor lámina galvanizada ya que esta no se oxida y el motor trabajara de una manera aceptable.

PASO 1.

De la lámina que vayas a utilizar corta con las tijeras para metal un rectángulo de 1.2 cm de ancho por 14 cm de largo (fig. 1.4).

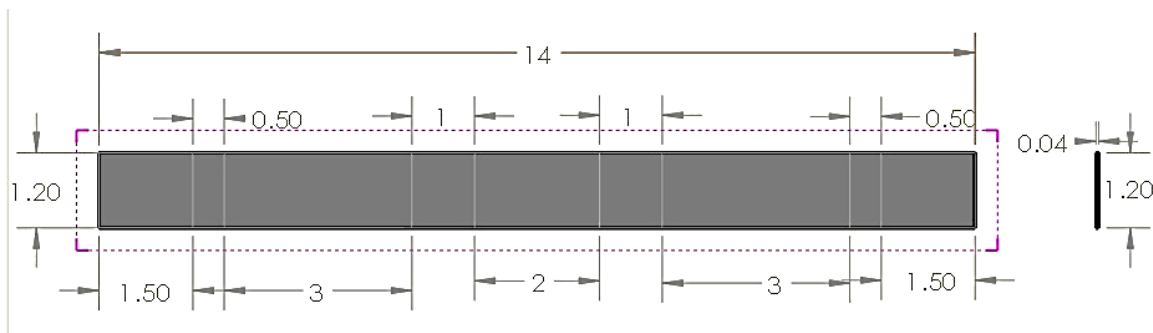


Figura. 1.4. Lámina para hacer el estator. Todas las medidas son en cm.

Haz dos agujeros en los extremos con la broca de 3/32 (0.24 cm) y marca las líneas a las distancias que indica la figura 1.4. Coloca unas pinzas planas sobre las líneas y dobla la lámina con la mano formando casi siempre un ángulo recto. La porción marcada con 3 cm tiene forma circular, para darle esta forma, coloca la lámina sobre un pedazo de tubo de diámetro aproximado a la figura 1.5 y dóblala poco a poco, a medida que vayas doblando la lámina colócala sobre dicha figura para ir comprobando la exactitud de la forma. Tiene que coincidir exactamente en forma y tamaño.

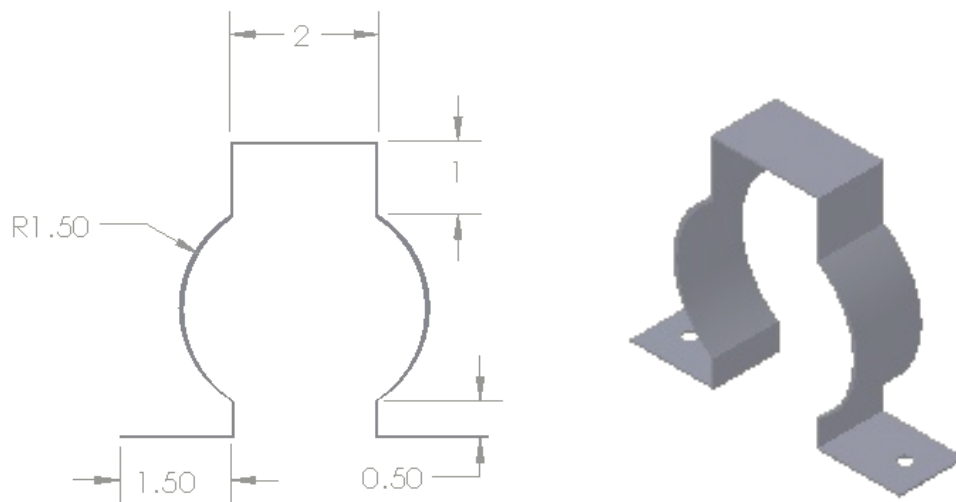


Figura 1.5. Núcleo del estator (vistas de frente y en perspectiva).

PASO 2.

Envuelve la parte superior con cinta de aislar. Recorta dos rectángulos en papel cascara de 2 cm de largo por 1 cm de ancho. Haz un agujero central alargado de 1.2 cm con la ayuda de un cúter (fig. 1.6).

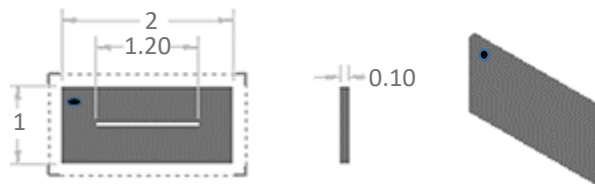


Figura 1.6. Carrete del embobinado del estator.

Coloca estos rectángulos de cada lado de la parte superior para formar un carrete y has los agujeros e y s (que significan entrada y salida respectivamente de la bobina que vas a formar).

PASO 3.

Prepara unos 15 m de alambre de cobre esmaltado, es importante que dejes unos 10 cm de alambre antes de empezar a enrollar y 10 cm más al terminar para poder conectar el estator, pasa un extremo del alambre por el agujero de entrada y, dando vueltas siempre en el mismo sentido, enrolla todo el cable tratando de hacer las espiras lo más justas posible y

regresando por encima de la espiral anterior. Terminada la bobina haz salir el otro extremo del cable por el agujero de salida. (fig. 1.7).

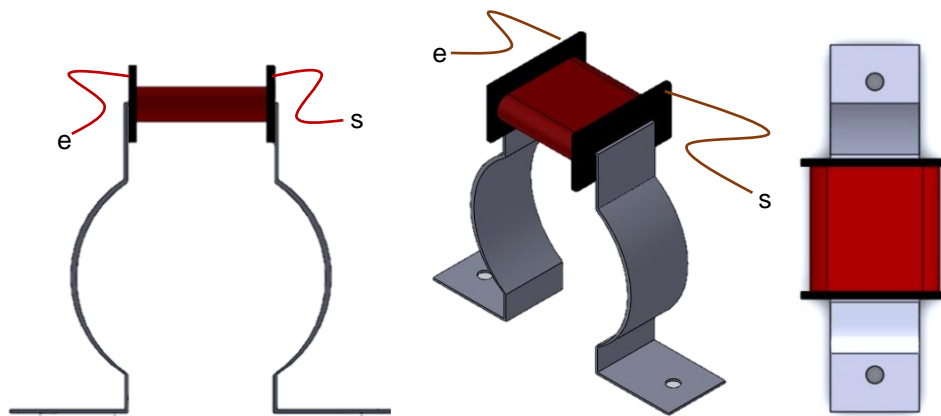


Figura 1.7. Estator (vistas de frente, en perspectiva y de arriba).

Queda terminada la construcción del inductor que se imanta cuando pasa la corriente eléctrica por la bobina dando origen a un polo norte y un polo sur.

Recuerda que, para determinar la polaridad magnética de una bobina, se usa la regla de la mano derecha. Si la bobina se toma con la mano derecha y los dedos se doblan en la dirección en la que circula la corriente en la bobina, el pulgar apunta al polo norte de esta.

La inserción de un núcleo de hierro en el interior de la bobina aumenta la densidad de flujo. Una inversión en la corriente en el conductor provoca la inversión de la dirección del campo magnético que ella produce. Por lo tanto, la inversión de la corriente produce la inversión de los polos del campo.

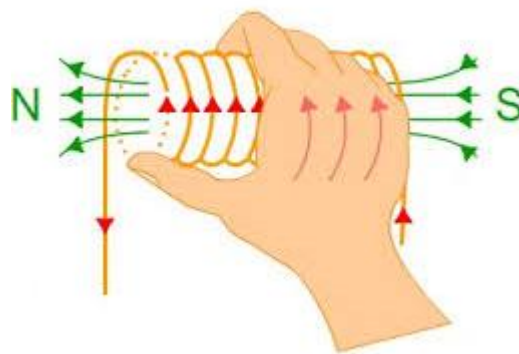


Figura 1.8. Regla de la mano derecha para una bobina.

Inducido o rotor.

PASO 1.

De la misma lámina que has usado, corta con las tijeras para metal tres rectángulos de 1.2 cm de ancho por 4.2 cm de largo (fig. 1.9-a).

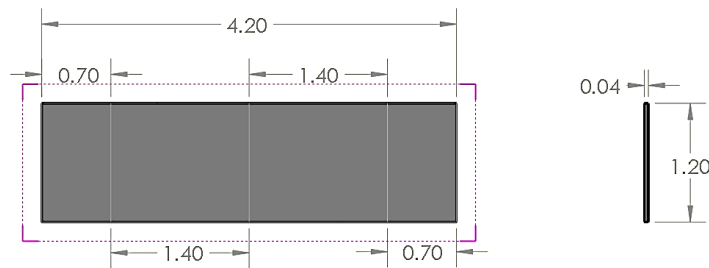


Figura 1.9-a. Medidas de la lámina.

Marca las líneas tal como lo indica el dibujo. Coloca unas pinzas planas sobre la línea central y dóblalas con la mano, tienen que formar un ángulo de 120° . Una vez dobladas, colócalas sobre el dibujo (fig. 1.9-b) para comprobar dicho ángulo.

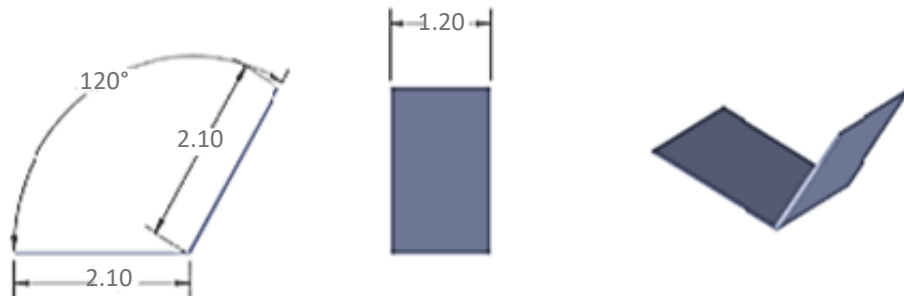


Figura 1.9-b. Láminas del núcleo del estator.

A continuación, vuelve a colocar las pinzas sobre las líneas de los extremos y dóblalas hasta formar un ángulo recto (90°), debes de tener en cuenta que al unir las láminas uno de los extremos de una lámina debe quedar hacia la izquierda y el extremo de la otra lámina hacia la derecha. Con la ayuda de un pequeño tubo dales la forma más circular posible. Juntando las tres plaquitas se cierra la circunferencia. (fig. 1.10).

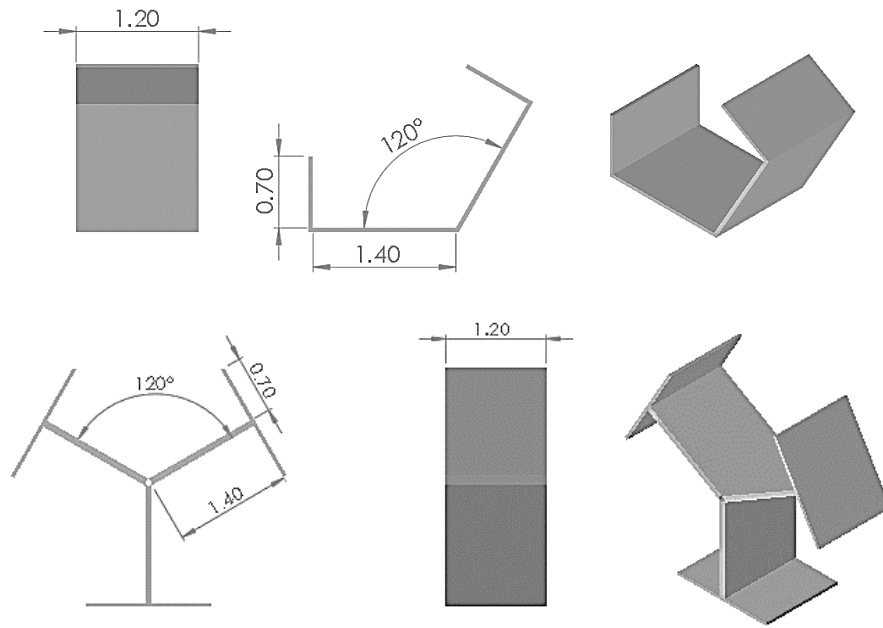


Figura 1.10. Conjunto del núcleo del estator.

Coloca el eje en el centro de estas tres plaquitas reunidas, para poder sostener este conjunto, corta un pedazo de cartón delgado de 3cm de largo por 1.4 cm de ancho y enróllalo junto con cinta de aislar alrededor de estas laminitas (el ancho de la cinta debe de ser de 1.4 cm, sobre esta harás los embobinados). (fig. 1.11).

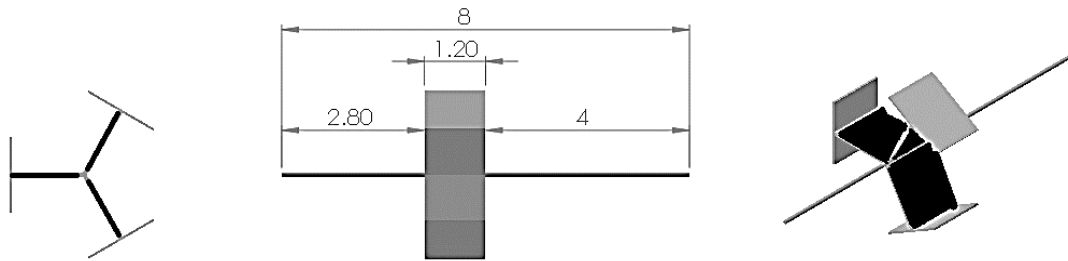


Figura 1.11. Núcleo con eje (vistas de frente, de lado y en perspectiva).

PASO 2.

Recorta de la cinta de aislar una tira de 0.2 cm de ancho, da 4 o 5 vueltas sobre cada uno de los extremos de la cinta de aislar que pusiste con anterioridad sobre cada una de las láminas para unir las. Con estas tiras formarás los bordes de los carretes de las bobinas. Fíjate en la siguiente figura.

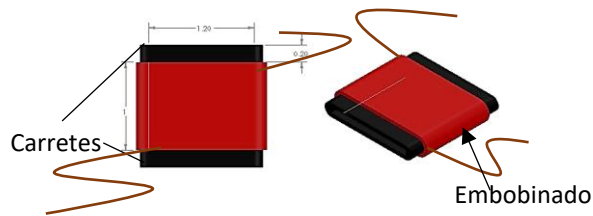


Figura 1.12. Embobinados del núcleo.

Enrolla 4 m de alambre de cobre esmaltado sobre cada uno de estos carretes dando vueltas siempre en el mismo sentido y procurando hacer cada espira lo más firme como sea posible, una mayor proximidad entre las espiras produce un campo magnético más intenso siendo su valor mayor cuanto más apretadas están las espiras. Debes de tener cuidado de no apretar demasiado el cable ya que puedes raspar el esmalte y provocar un corto. (antes de empezar a embobinar deja unos 5 cm para poder hacer las conexiones finales). No pierdas de vista cual es el cabo de entrada y cual el de salida, para distinguirlos, procura que el cabo de salida quede un poco más largo y si es posible márcalos. Al terminar de embobinar sujeta el cabo de salida anudándolo consigo mismo, puedes poner también una pequeña gota de silicón.

MUY IMPORTANTE. Todos los cabos de salida de las bobinas tienen que quedar hacia el centro, es decir cercanas al eje, por lo tanto, debes de empezar tu bobina del lado contrario. Observa la fig. 1.13.

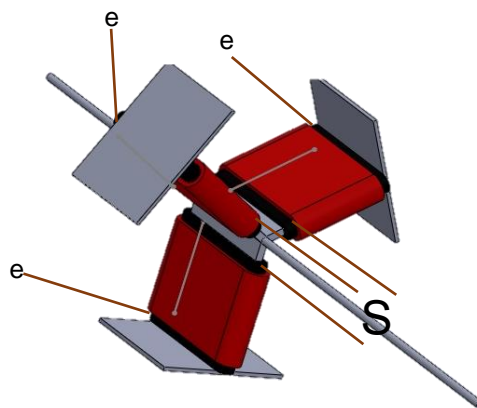
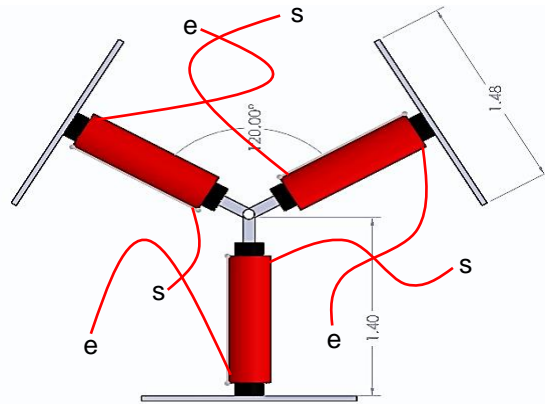


Figura 1.13. Observa la posición de los cabos de salida.

MUY IMPORTANTE. Al terminar cada una de las bobinas checa que no exista corto con la lámina. La presión que se ejerce en cada una de las espiras puede provocar contacto de la bobina con el metal a pesar del esmalte y la cinta de aislar. En caso de existir, checa el aislamiento y reemplaza el alambre de cobre.

PASO 3.

Limpia el esmalte de cada uno de los cabos, tanto de entrada como de salida. Con un pedazo de lija raspa las puntas del cable hasta limpiar por completo el esmalte, debes de tener cuidado de no ejercer demasiada fuerza al momento de raspar el cable ya que lo puedes romper. Después de raspar el esmalte, junta el cabo de salida de una bobina con el de entrada de la contigua. (Conexión en serie). (fig. 1.14).



Figuras 1.14. Conexión de las bobinas (conexión en serie).

Colector o conmutador.

PASO 1.

De los palos de madera corta un tramo de 2 cm y otro de 1 cm de largo. Haz un agujero en el centro de cada uno de estos taquetes con la broca de 3/32 (0.24 cm). Procura no pasar demasiado la broca por estos agujeros ya que la idea es que el eje entre a presión y de esta forma sostener el núcleo. Coloca el tramo de 2 cm del lado donde uniste los cables y el de 1 cm del otro lado, observa la figura 1.15.



Bujes de madera. Sostienen el núcleo del rotor.

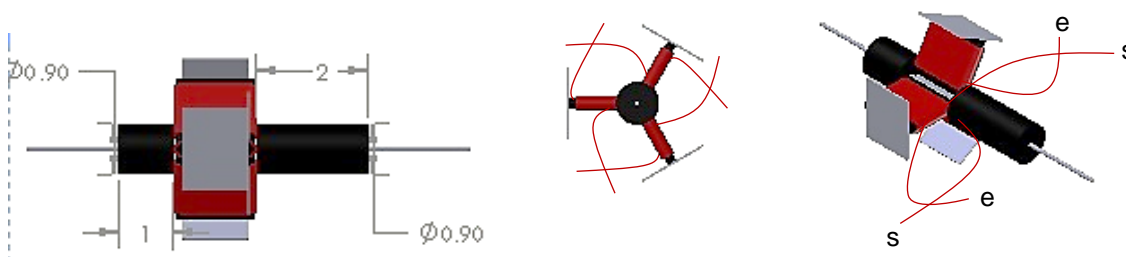


Figura 1.15. Distribución de los elementos en el eje.

PASO 2.

Las delgas del colector. En la misma lámina que has utilizado (para esta operación puedes utilizar un pedazo de tubo de cobre, ya que este conduce mejor la electricidad), corta tres rectángulos de 1.5 cm de largo por 0.8 cm de ancho. Da a estas láminas una forma arqueada con la ayuda de un pequeño tubo de aproximadamente 0.6 o 0.7 cm de diámetro (puedes utilizar el vástago de un desarmador). Sujeta con las pinzas de presión un extremo y golpea con un martillo el otro hasta lograr que asienten perfectamente sobre el buje de madera de 2 cm. (fig. 1.16).



Figura 1.16. Delgas del colector o conmutador.

PASO 3.

Pon un poco de estaño en las uniones de las bobinas del rotor y suelda cada una de estas uniones por debajo de las delgas que acabas de hacer. Coloca estas delgas alrededor

del buje de madera de 2 cm, puedes pegarlas con resistol 5000 o enrollar una tira de cinta de aislar de 0.2 cm de ancho al principio de las delgas y otra al final. La separación entre ellas debe de ser mínima y aproximadamente la misma. Observa la figura 1.17.

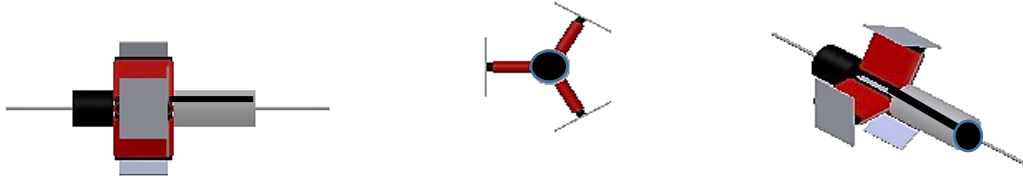


Figura 1.17. Rotor terminado (vistas de lado, de frente y en perspectiva).

Cada una de estas delgas debe de quedar colocada frente a cada bobina (o sea que los espacios entre delgas queden en línea recta entre bobina y bobina). Queda terminada la construcción del rotor o inducido, cuyo esquema queda representado en la figura 1.18, (A y B representan lo mismo), donde se puede observar:

- 3 bobinas iguales.
- 3 delgas del colector (g) que comunican con las uniones e y s.
- El eje del rotor (h).

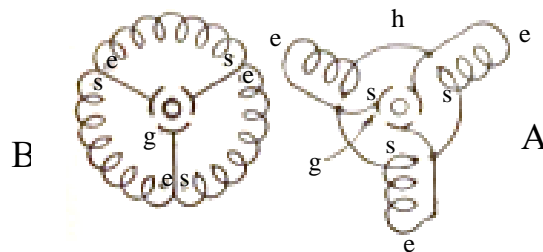


Figura 1.18. Diagrama de conexiones del rotor.

Soportes y escobillas.

PASO 1.

Con las tijeras para metal, corta en la misma lámina que has utilizado dos rectángulos de 3.5 cm de largo por 0.7 cm de ancho. Marca la línea a la distancia que indica la fig. 1.19-a.

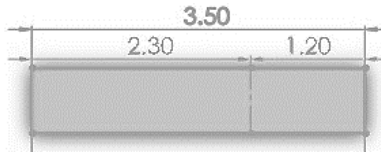


Figura 1.19-a. Láminas para los soportes.

Con la broca de 3/32 (0.24cm) haz un agujero en el centro a 1.9 cm de esta línea, procura abocardar un poco este agujero con la misma broca, (esto con la finalidad de que el eje del rotor gire libremente) y otro en el centro de la base. Coloca las pinzas planas sobre la línea y con la otra mano dóblala hasta formar un ángulo recto. Repite esta operación con las dos láminas. Hemos terminado los soportes del rotor.

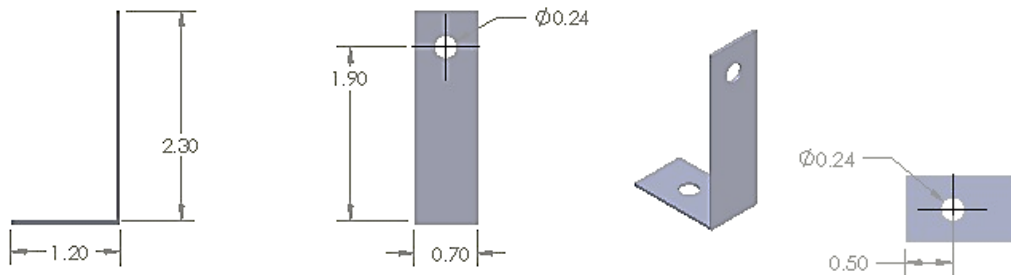


Figura 1.19-b. Soportes del rotor.

PASO 2.

Las escobillas propiamente tendrían que ser de grafito, pero las remplazaras con dos tiras de la lata de aluminio. Dales la forma y medidas de la fig. 1.20.

Después de hacer un agujero en la base con la broca de 3/32 (0.24cm), dóblalas por la línea marcada.

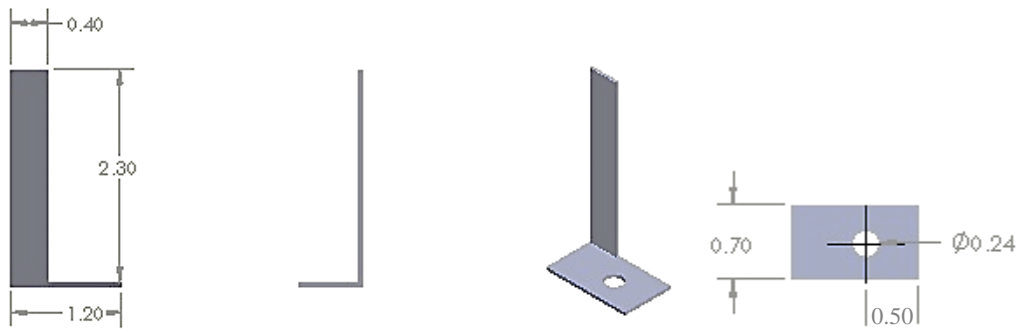


Figura 1.20. Escobillas de aluminio.

MONTAJE DEL MOTOR.

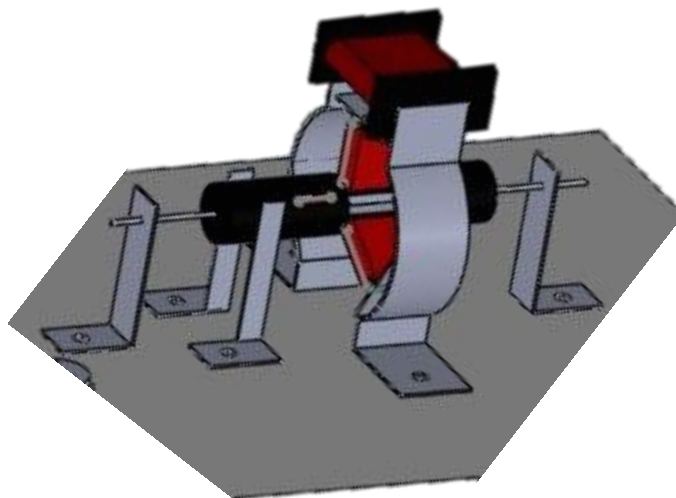


Figura 1.21. Motor armado.

En la base de madera dibuja una línea en el centro y a lo largo de la base y haz dos agujeros con la broca de 3/32 (0.24 cm) a 7.5 cm de distancia, coloca los soportes en estos agujeros y monta el rotor en los soportes, pero no los fijas todavía. Fíjate en la siguiente figura.

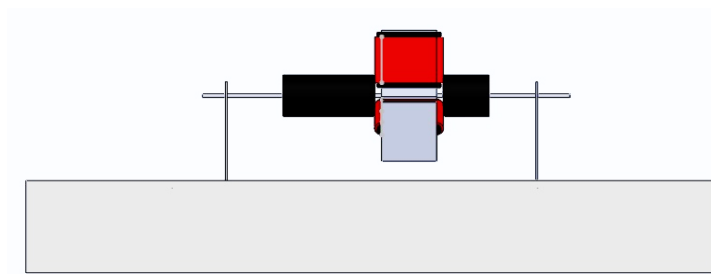


Figura 1.22. Colocación de los soportes y el rotor sobre la base.

Ahora coloca el estator sobre el núcleo del rotor, procura reducir el entrehierro, que es la separación que queda entre el rotor y el estator, a lo mínimo posible ya que de esto depende en gran medida el buen funcionamiento del motor. Una vez logrado esto, fija el estator con las pijas de 3/32 (0.24 cm).

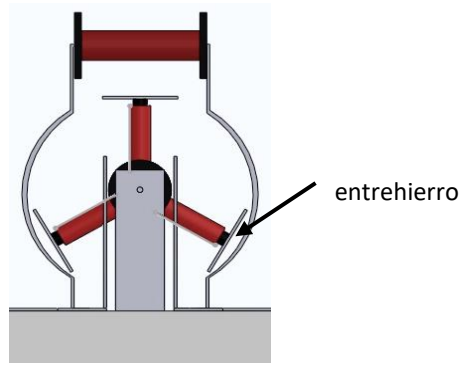


Figura 1.23. Reducir el entrehierro a lo mínimo posible.

Haz girar el rotor con los dedos y mueve un poco la posición de los soportes hacia un lado o hacia el otro, hacia el frente o hacia atrás, hasta lograr que el rotor gire libremente. Ahora puedes fijar los soportes.

Con la broca de 3/16 haz dos agujeros de cada lado de la base de madera para colocar los bornes de alimentación. Conecta el cabo de entrada de la bobina del estator a uno de estos bornes y el cabo de salida al otro. Suelda un pequeño alambre a cada una de las escobillas y conéctalas también a los bornes, una de cada lado, pero no las fijas todavía. Es necesario encontrar primero la posición exacta de las escobillas.

Alimenta los bornes con 6 v, agarra las escobillas con las manos y ponlas tangentes al colector, muévelas un poco hacia un lado, hacia el otro, inclinadas, horizontales, etc. Existe una posición de máxima fuerza y otra de paro absoluto. Una vez encontrada la posición de máxima fuerza, fija las escobillas con las pijas de 3/32. Procura que el contacto con el colector sea suave, pero no deficiente.

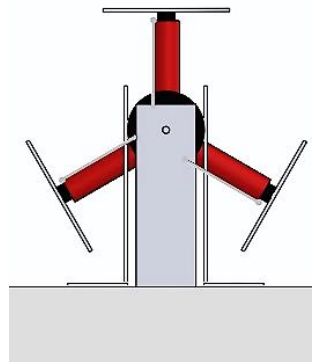


Figura 1.24. El contacto de las escobillas con el conmutador debe de ser suave.

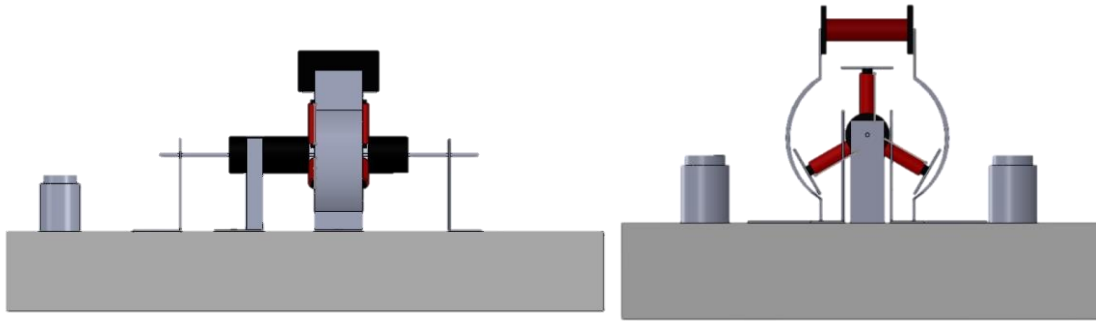


Figura 1.25. Motor terminado (vistas de lado y de atrás).

Diagrama de conexiones.

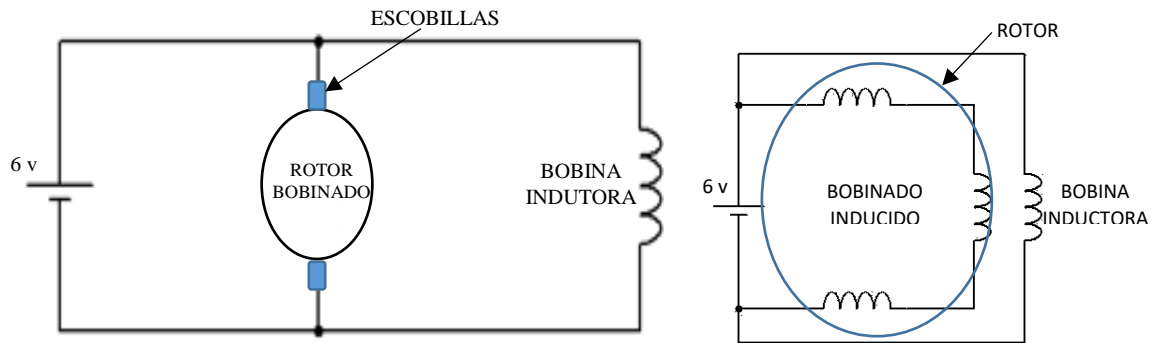


Figura 1.26. Diagramas.

RECOMENDACIONES.

- Respetar las características de los materiales a utilizar ya que una variación en las características de los mismos repercutirá en el funcionamiento del motor.
- Checar continuidad al terminar cada bobina.
- Checar que no exista corto entre el núcleo y las bobinas.
- Checar que exista continuidad entre cada una de las bobinas del rotor una vez conectadas a las delgas.
- Si el motor no gira, invierte la conexión de los cables del estator.
- Checar que el eje gire libremente, de no ser así, abocarda un poco más los agujeros de los soportes.
- Pon una gotita de aceite en los soportes y también en el colector.

3.1.2 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 2.

Los motores de corriente directa pueden ser clasificados por dos factores principales: por el tipo de conexión utilizado y por el tipo de servicio para el que están diseñados.

a) Tipo de conexión utilizado.

Hay tres tipos básicos de motores de corriente directa: motores en serie, motores con derivación y motores compuestos. Se diferencian en gran medida por el método en el que están conectados al campo y a la armadura.

- **Motores de corriente directa serie.** En el motor en serie, los devanados de campo constan de un número relativamente reducido de vueltas de alambre grueso, están conectados en serie con el devanado del inducido. La misma corriente que fluye a través del devanado de campo, también fluye a través del devanado del inducido. Cualquier aumento en la corriente, por lo tanto, refuerza el magnetismo tanto del campo como del inducido.

Debido a la baja resistencia de los devanados, el motor en serie es capaz de requerir una gran corriente de arranque. Esta corriente de arranque, al pasar por el campo y las bobinas del inducido, produce un alto par de arranque, que es la principal ventaja del motor en serie.

La velocidad de un motor en serie depende de la carga. Cualquier cambio en la carga es acompañado por un cambio sustancial en la velocidad. Un motor en serie funciona a alta velocidad cuando tiene una carga ligera y a baja velocidad con una carga pesada. Si la carga se elimina por completo, el motor puede funcionar a una velocidad tan alta que provocaría que el inducido se destruya por lo que se deben de utilizar bajo condiciones de carga pesada.

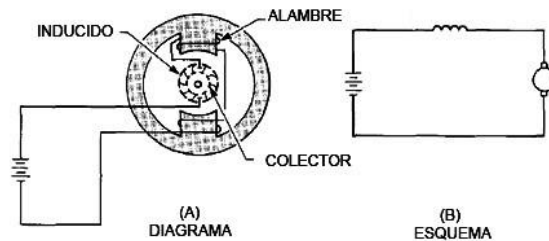


Figura 2.1. Motor serie.

- **Motor de corriente directa con derivación.** En el motor con derivación, el devanado de campo está conectado en paralelo o en derivación con el devanado del inducido. La resistencia en el devanado de campo es alta. Puesto que el devanado de campo está conectado directamente a través de la fuente de alimentación, la corriente a través del campo es constante. La corriente de campo no varía con la velocidad del motor, como en el motor serie y, por lo tanto, el par del motor con derivación variará sólo con la corriente a través del inducido. El par en el arranque es menor que el desarrollado por un motor serie de igual tamaño.

La velocidad del motor con derivación varía poco con los cambios en la carga. Cuando toda la carga se quita, este toma una velocidad ligeramente superior a la velocidad con carga. Este motor es particularmente adecuado para su uso cuando se desea una velocidad constante y no se necesita un alto par de arranque.

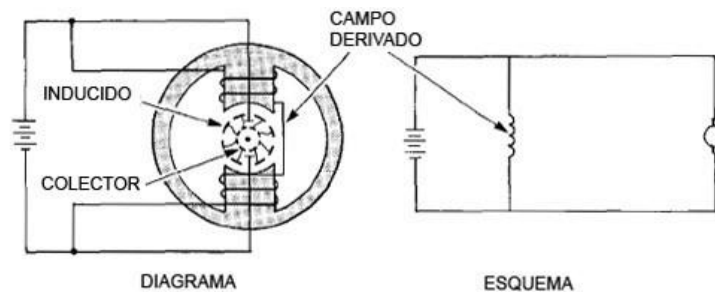


Figura 2.2. Motor con derivación.

- **Motor de corriente directa compuesto.** El motor compuesto es una combinación de los motores serie y con derivación. Hay dos bobinados en el campo: un bobinado derivación y un bobinado serie. El bobinado derivación se compone de muchas vueltas de alambre fino y está conectado en paralelo con el devanado del inducido. El devanado en serie consta de unas cuantas vueltas de alambre grueso y está conectado en serie con el devanado del inducido. El par de arranque es mayor que en el motor en derivación, pero menor que en el motor en serie. La variación de la velocidad con la carga es menor que en un motor en serie, pero mayor que en un motor en derivación. El motor compuesto se usa siempre que las características combinadas de los motores serie y en derivación sean las requeridas.



Figura 2.3. Motor compuesto.

b) Tipo de servicio.

Los motores eléctricos están llamados a operar bajo diversas condiciones. Algunos motores se utilizan para operaciones intermitentes, mientras que otros pueden funcionar de manera continua. Los motores construidos para servicio intermitente pueden ser operados sólo por períodos breves y después, se debe permitir que se enfríen antes de ser operados de nuevo. Si un motor se hace funcionar durante largos períodos de tiempo bajo carga total, el motor se sobrecalienta. Los motores construidos para servicio continuo pueden funcionar a regímenes inferiores durante largos periodos.

FUNCIONAMIENTO

Cuando un motor funciona con corriente directa el campo magnético y la corriente en el inductor fluyen en un solo sentido, dependiendo de la dirección de la corriente y del sentido del embobinado en una de las bobinas del estator se formará un polo norte y en la otra un polo sur. Para determinar la polaridad magnética de una bobina, se usa la regla de la mano derecha. Si la bobina se toma con la mano derecha y los dedos se doblan en la dirección en la que circula la corriente en la bobina, el pulgar apunta al polo norte de esta.

La inserción de un núcleo de hierro en el interior de la bobina aumenta la densidad de flujo. La polaridad del núcleo es la misma que la de la bobina. El flujo de la corriente va del lado positivo de la fuente de voltaje, pasando por la bobina, hasta la terminal negativa de la fuente.

En una de las bobinas del estator se formará un polo norte y en la otra un polo sur. Las líneas magnéticas salen por el norte del electroimán y llegan al sur del mismo. Por medio de las escobillas hacemos circular una corriente unidireccional a través de todas las bobinas del rotor las cuales se activan, formando a su vez un polo norte y un polo sur. Las

fuerzas de repulsión entre los polos nortes y los polos sur del estator y rotor provocan que este último gire tratando de que el polo sur quede frente al polo norte y el polo norte frente al polo sur.

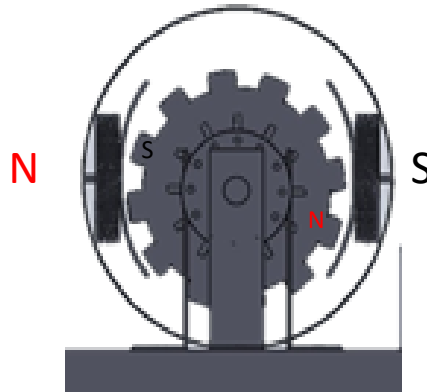


Figura 2.4. Polos distintos se atraen.

Con este giro las escobillas hacen contacto con una delga diferente provocando que el polo norte y el polo sur del rotor aparezcan nuevamente en la misma posición. Este proceso se repite indefinidamente mientras el estator y las escobillas continúen en contacto con la fuente de alimentación, a este proceso se le conoce como *efecto Laplace* o efecto motor: “todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento”. Al ser recorridos por una corriente, el bobinado inductor forma el campo magnético y el inducido por la ley de Laplace, al ser recorrido por la corriente y sometido a la influencia del campo magnético inductor, se desplaza, dando origen al giro del rotor. Si aumenta el campo aumenta la fuerza y aumenta la velocidad. El campo magnético que produce la bobina inducida, provoca una deformación del flujo inductor llamada reacción del inducido.

MATERIAL

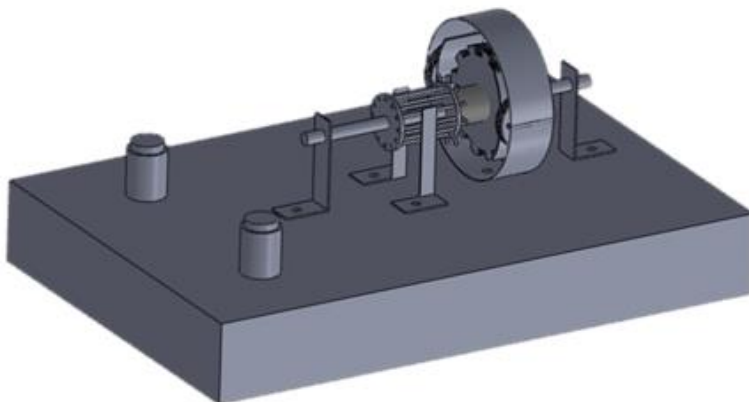
- Lamina de silicio, acero o galvanizada, calibre 28. (0.417 mm de espesor aprox.).
- 2 bornes
- 35 m de alambre de cobre esmaltado calibre 29. (0.286 mm de diámetro)
- Un eje de 1/8 (3.2 mm de diámetro)
- 5 pijas de 3/32
- Cinta de aislar
- Palitos de madera redondos.
- 1 hoja de papel albanene.
- Base de madera de 15 x 10 cm.
- Una lata de refresco de aluminio

HERRAMIENTAS NECESARIAS

- Taladro
- Brocas de 3/32, 1/8 y 3/16.
- Cautín, soldadura y pasta.
- Tijeras para metal.
- Pinzas.
- Segueta.
- Desarmadores planos y de cruz.
- Lijas para metal y madera.
- Cúter.

DATOS TÉCNICOS

- | | | |
|-------------|-------|-----|
| • Voltaje | (V) | 6 |
| • Corriente | (A) | 1 |
| • Velocidad | (RPM) | 200 |
| • Potencia | (W) | 6 |



Motor con su base.

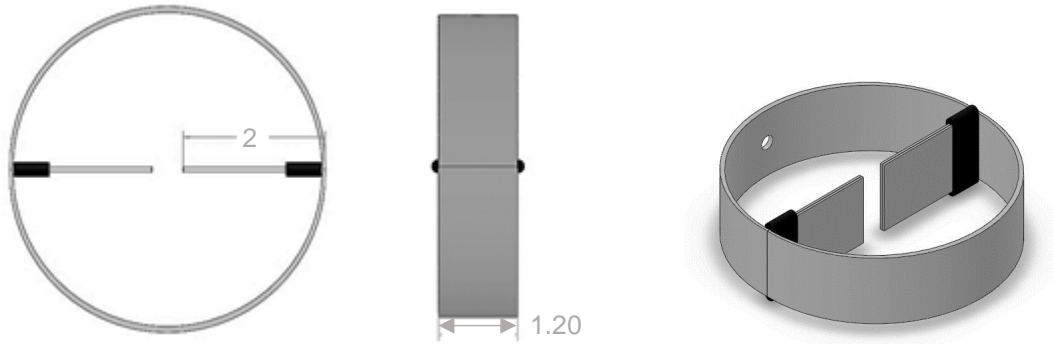
COMPONENTES

- | | |
|------------------------------|----|
| • El inductor o estator | 1 |
| • El inducido o rotor | 1 |
| • El colector o conmutador | 1 |
| • Las escobillas | 2 |
| • Soportes del eje | 2 |
| • Bobinas de alambre magneto | 14 |
| • Base del motor | 1 |
| • Las delgas del conmutador | 12 |

COMPONENTES

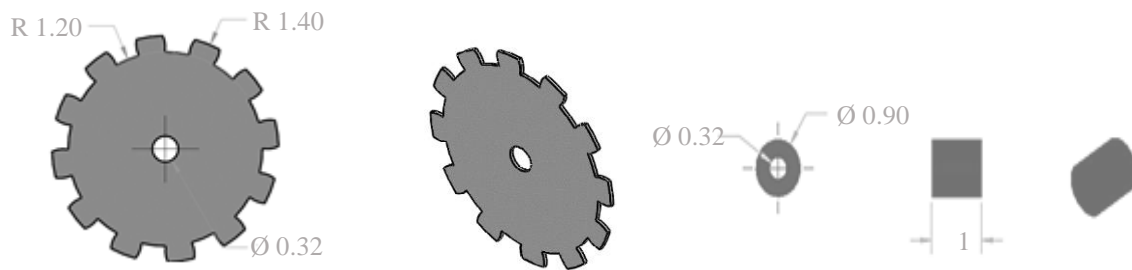
Todas las medidas son en cm.

El inductor o estator.



Núcleo del estator.

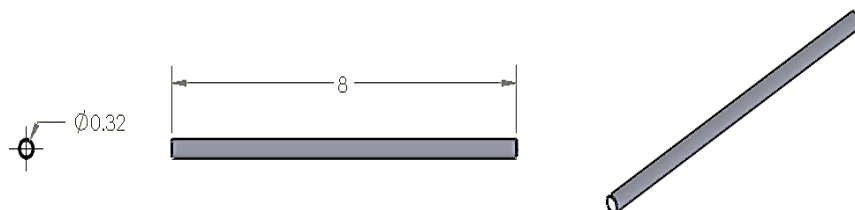
El inducido o rotor.



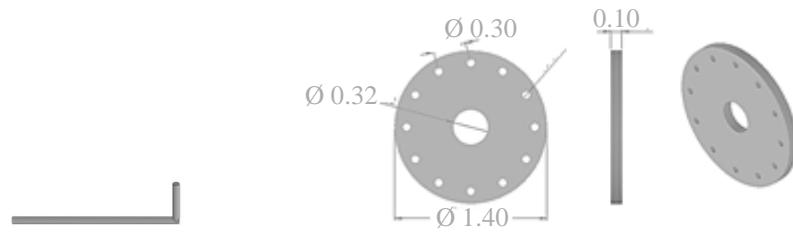
Núcleo del rotor (10 láminas).

Bujes de madera. (Dos).

Eje.



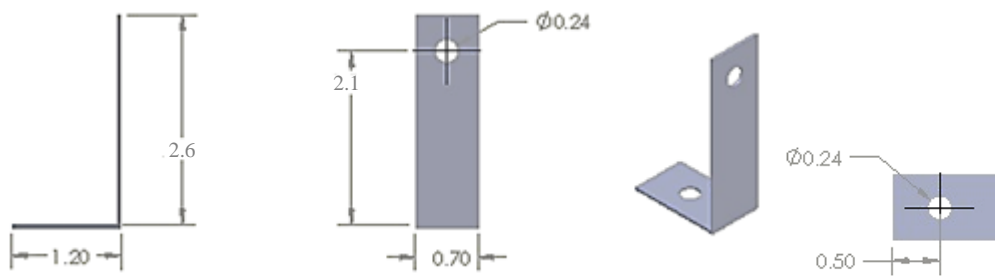
El colector o conmutador.



Delgas. (Doce piezas).

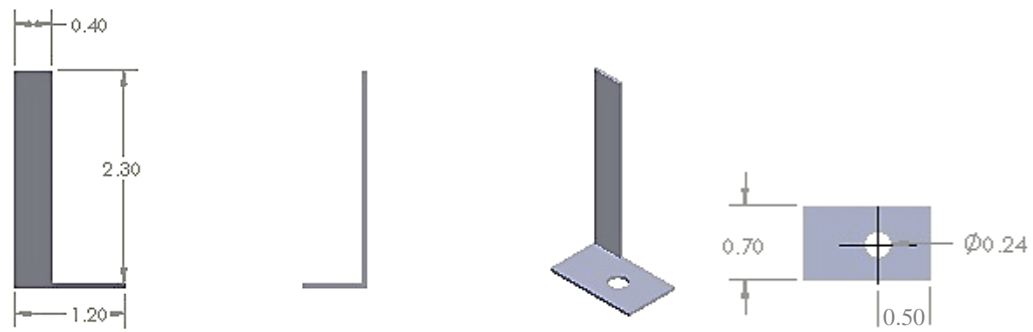
Base del colector. (Dos discos).

Soportes del eje.

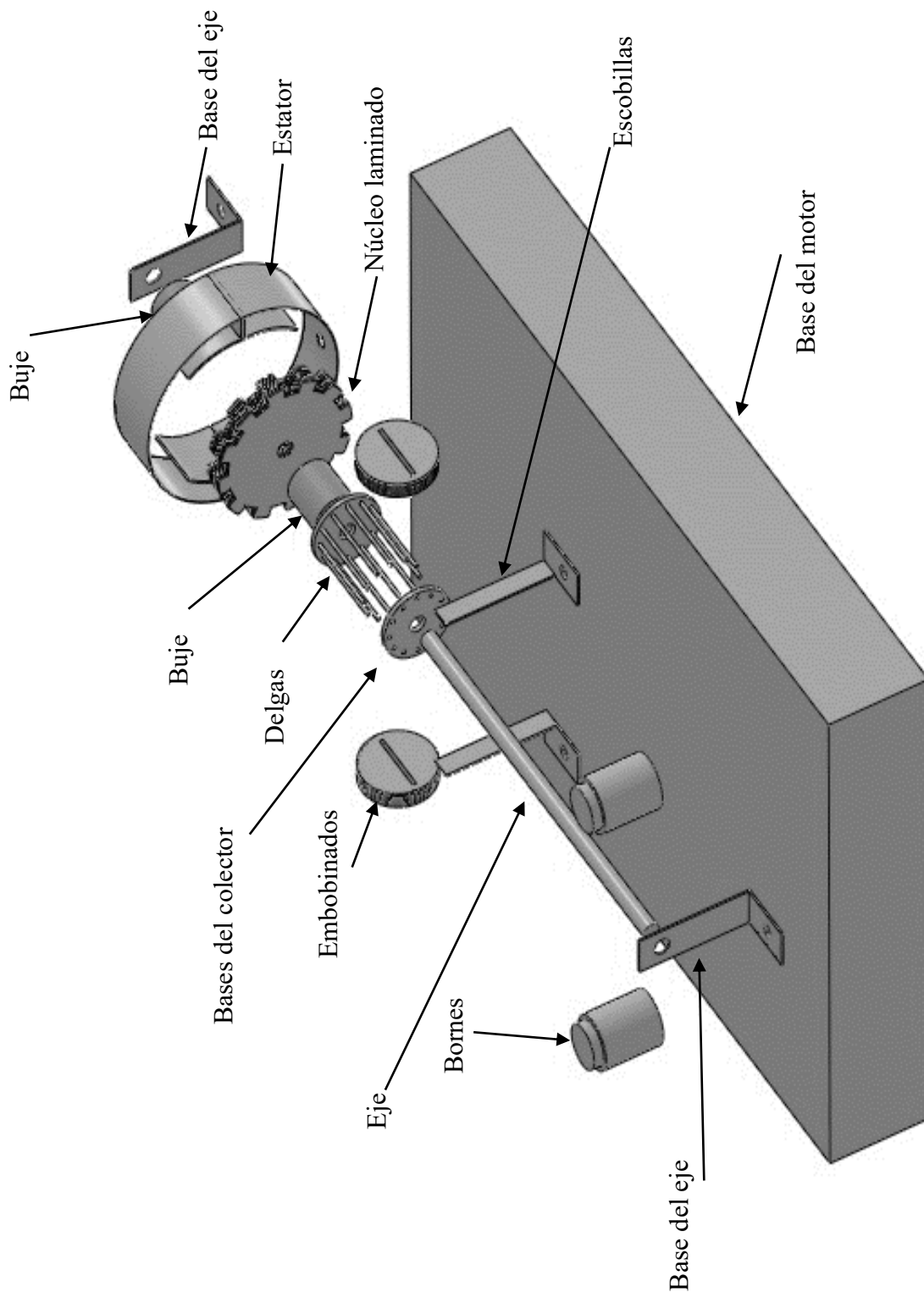


Vistas de lado, de atrás, en perspectiva y de arriba.

Escobillas. (Se harán de la lata de aluminio)



Vistas de frente, de lado, en perspectiva y de arriba.



Despiece del motor.

CONSTRUCCION.

Inductor o estator.

La lámina de silicio posee mejores propiedades magnéticas que las láminas de acero o galvanizada, pero su manipulación es más difícil ya que al hacer los cortes tiende a despostillarse lo cual limita sus propiedades. Te recomiendo utilizar mejor lámina galvanizada ya que esta no se oxida y el motor trabajara de una manera aceptable.

PASO 1.

De la lámina que vas a utilizar corta con las tijeras para metal dos rectángulos de 11.5 cm de largo por 1.2 cm de ancho, marca las líneas como se muestra en la fig. 2.5., haz un agujero con la broca de 3/32 (0.24cm) exactamente en el centro de una de ellas.

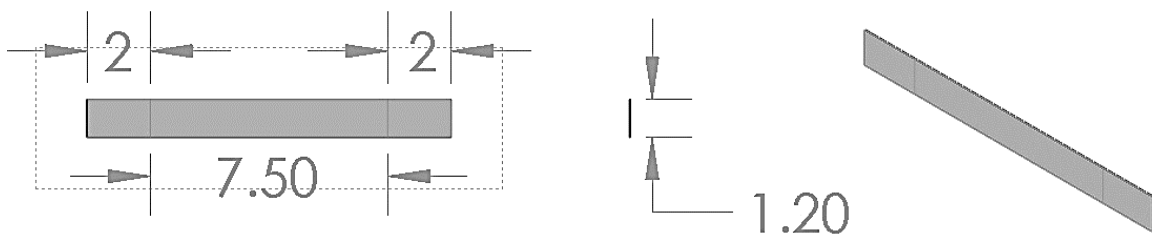


Figura 2.5. Medidas de la lámina. Todas las medidas son en cm

Dales la forma redonda con la ayuda de un tubo o algún objeto cilíndrico (puedes utilizar un vaso pequeño). Esta operación la debes realizar poco a poco, sobreponiendo la pieza sobre el dibujo hasta alcanzar la forma deseada. Coloca las pinzas planas sobre las líneas y dobla la lámina hacia el centro hasta lograr la forma de la figura 2.6.

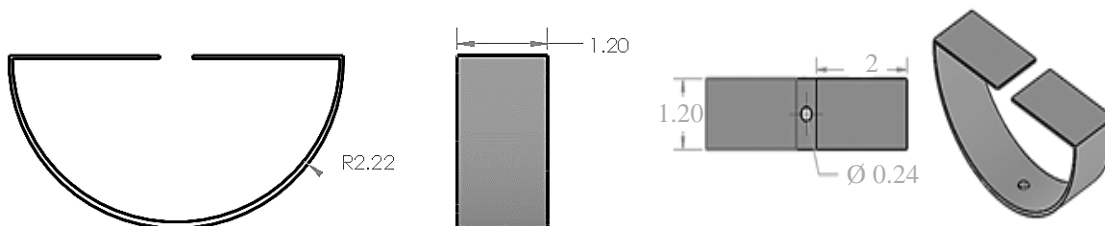


Figura 2.6. Mitad del núcleo del estator. La otra mitad no lleva agujero.

PASO 2.

Junta estas dos piezas sujetándolas con dos tiras de cinta de asilar (el ancho de la cinta de aislar debe de ser de 0.5 cm, sobre estas colocaras las bobinas inductoras). (fig.2.7).

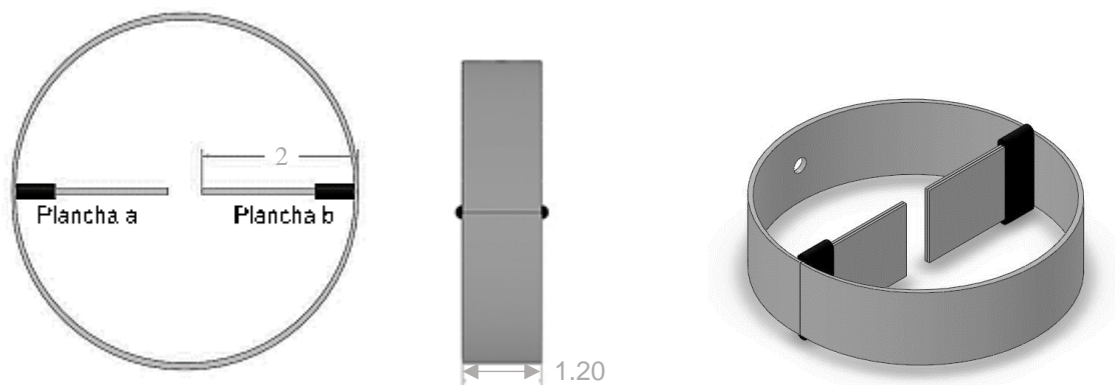


Figura 2.7. Núcleo del estator.

PASO 3.

Construye dos bobinas de 300 espiras cada una con el alambre de cobre esmaltado. Para hacerlas utiliza un palo de madera de 1.2 cm de diámetro. Sujeta una tira de cinta de aislar de 0.5 cm de ancho sobre el pedazo de madera y enrolla el hilo de cobre hasta llegar a las 300 espiras (aproximadamente 6 m por bobina). Es importante que dejes unos 10 cm de alambre al inicio y al final de la bobina para hacer las conexiones finales (marca cual es el cabo de entrada y cual el de salida). Haz deslizar hacia afuera la bobina junto con la cinta de aislar, cubre un extremo de la bobina con la cinta y utiliza otro tramo igual para cubrir el otro lado. (fig. 2.8).

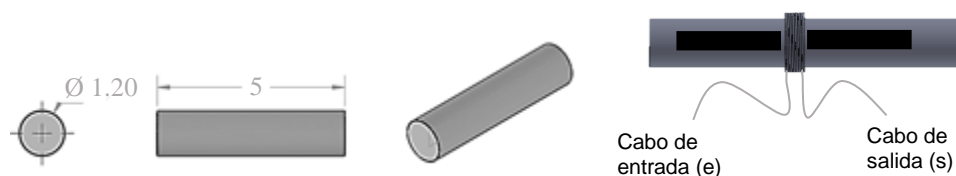


Figura 2.8. Bobinas inductoras

Mete una de las bobinas en la plancha “a” del inductor haciendo un poco para arriba la plancha “b”. Ahora abre las láminas, una hacia arriba y la otra hacia abajo procurando

hacer presión sobre la bobina de tal manera que quede fija. Mete la otra bobina en “b” y también separa las láminas igual que antes. Con la ayuda del vástago de un desarmador dales la forma cilíndrica.

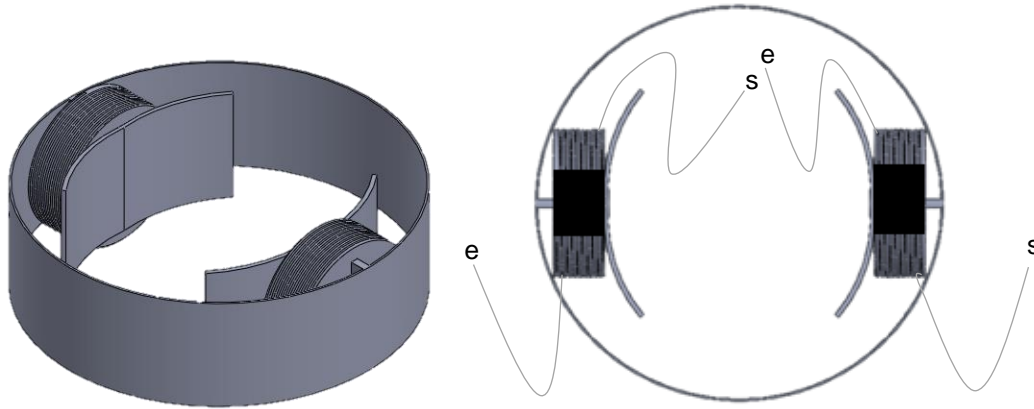


Figura 2.9. Posición de las bobinas del estator.

Sujeta con una pija este inductor a la base de madera. Debido a la forma cerrada del inductor, hay menos dispersión magnética, lo que repercute en un mejor funcionamiento de este motor. (fig. 2.10).

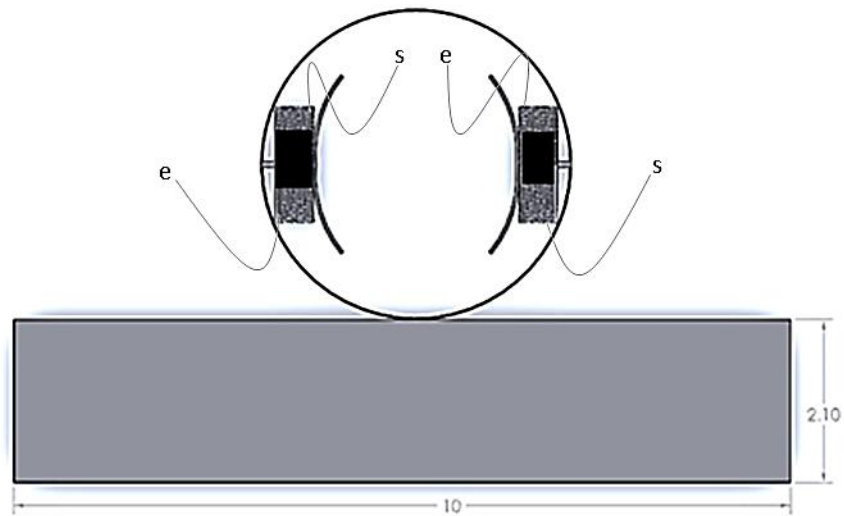


Figura 2.10. Colocación del estator en la base.

MUY IMPORTANTE. No es indiferente la forma de colocar y unir estas bobinas. Las flechitas indican el sentido de rotación que has dado al construirlas y colocadas en este mismo sentido unirás el cabo de salida s de la bobina izquierda con el de entrada e de la bobina derecha (conexión en serie), fíjate en la figura 2.11.

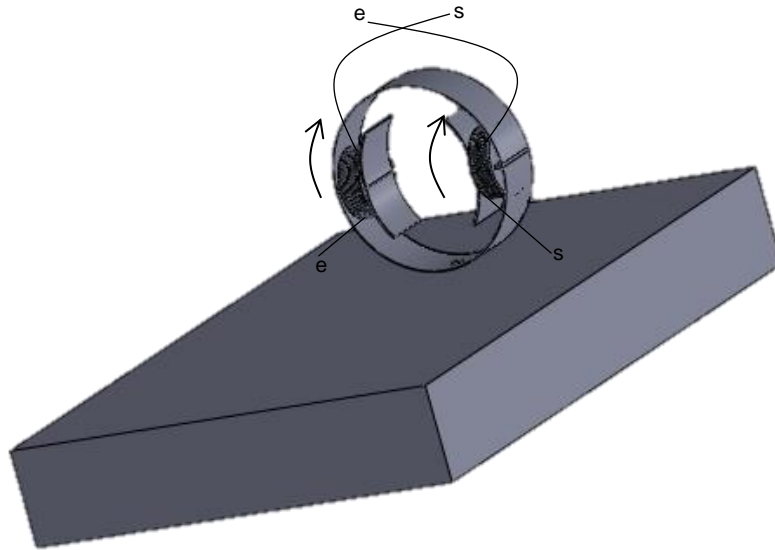


Figura 2.11. Colocación de las bobinas (conexión en serie). Observa el sentido del enrollamiento

En caso de que el motor no llegara a trabajar es porque hubo un error. Entonces une el cabo de salida s de la bobina izquierda con el cabo s de salida de la derecha.

Inducido.

PASO 1.

Corta 10 cuadrados de 3 cm de la lámina que estas utilizando. Con un pedazo de papel albanene calca la figura 2.12 diez veces y pega estas figuras sobre los cuadrados que acabas de hacer.

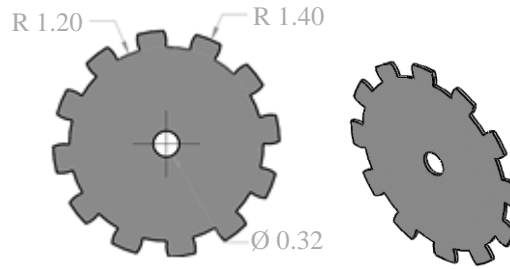


Figura 2.12. Núcleo del rotor.

Con las tijeras para metal recorta los lados de los dientes de los engranes, para cortar la parte del centro necesitaras un pequeño cincel o desarmador al que tendrás que sacar filo y recortar a la medida de esta parte (0.3 cm). Colócalo sobre la parte del centro y golpéalo ligeramente con un martillo, ahora sujeta esta parte con unas pinzas y muévela hacia arriba y hacia abajo hasta que se deprenda. Debes repetir esta operación con todas las figuras. Haz el agujero del centro de cada uno de los engranes con la broca de 1/8.

PASO 2.

Una vez terminados todos los engranes sujétalos con un tornillo y tuerca bien apretados. Ahora sujétalos con un tornillo de banco e iguala las superficies con una pequeña lima. Debes de tener cuidado de no ejercer demasiada fuerza ya que puedes doblar las láminas. Una vez igualadas las superficies puedes quitar el tornillo.

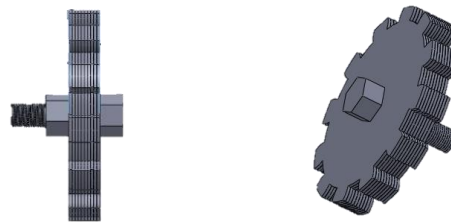


Figura 2.13. Sujeta firmemente las láminas con un tornillo e iguala las superficies.

PASO 3.

Corta 12 tramos de 2 cm de largo por 0.3 de ancho de la cinta de aislar y enróllalos en los dientes de los engranes, pon también cinta en las ranuras, esto con la finalidad de aislar perfectamente el núcleo y así evitar el contacto con el alambre de cobre esmaltado. Con el alambre de cobre aras 12 bobinas como sigue:

MUY IMPORTANTE. Una vez terminada cada bobina tienes que comprobar que no exista corto con el núcleo o entre bobinas. La presión que ejercen las ultimas espiras puede provocar que tengan contacto las bobinas con la lámina. En caso de existir, reemplaza el alambre de esa bobina y checa el aislamiento.

Con el alambre de cobre esmaltado haz una bobina de 30 espiras (1.7 m aprox.) de la ranura 1 a la 5 siempre en la misma dirección y lo más firme posible, una mayor proximidad entre las espiras produce un campo magnético más intenso, deja 5 cm de alambre al inicio del embobinado y márcalo como la entrada (e), al terminar las espiras deja otros 5 cm de alambre y márcalo como la salida (s), observa la figura 2.14.

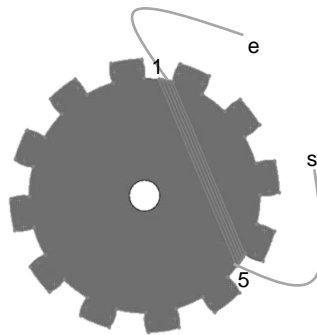


Figura 2.14. Primer embobinado del núcleo, de la ranura 1 a la 5.

Haz otra bobina igual a la anterior pero ahora de ranura 2 a la 6 siempre en el mismo sentido. Con la lija limpia el esmalte de los cabos de entrada y de salida de las bobinas y une el cabo de salida de la primera bobina con el de entrada de la segunda (conexión en serie), marca esta conexión con el número 1 (fig. 2.15).

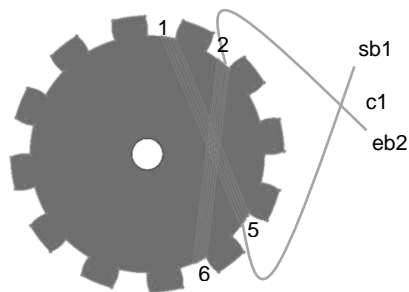


Figura 2.15. Conexión de la bobina 1 con la bobina 2 (conexión en serie).

La siguiente bobina será de la ranura 3 a la 7 en el mismo sentido de las anteriores, une el cabo de entrada de esta bobina con el de salida de la bobina anterior y marca esta conexión con el número 2 (fig. 2.16).

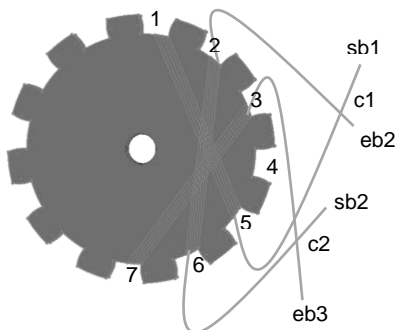


Figura 2.16. Conexión de la bobina 2 con la bobina 3.

La bobina siguiente será de la ranura 4 a la 8, siempre en el mismo sentido, une el cabo de entrada de esta bobina con el de salida de la anterior y marca esta conexión con el número 3 (fig. 2.17).

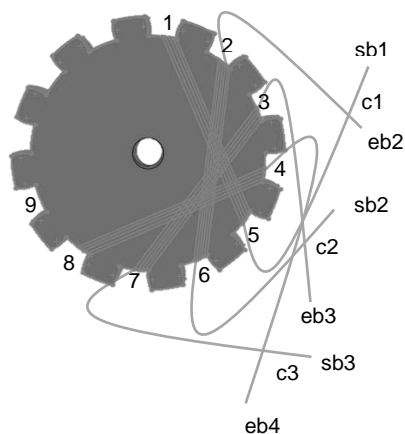


Figura 2.17. Conexión de la bobina 3 con la bobina 4.

Esta operación la repetirás hasta conseguir las 12 bobinas. Observa que el final de una bobina es el principio de la otra. (fig. 2.18).

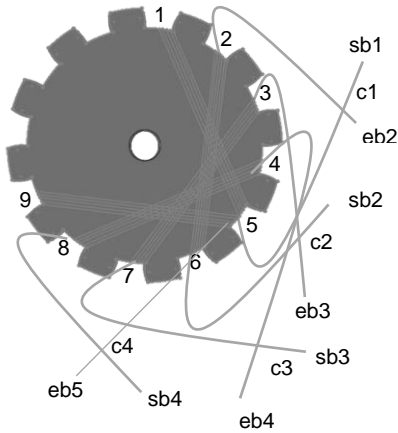


Figura 2.18. Conexión de la bobina 4 con la bobina 5.

Una vez terminadas las 12 bobinas checa que exista continuidad entre la conexión 1 y la 12, si no hay continuidad algo hiciste mal y debes de volver a checar las conexiones de los embobinados.

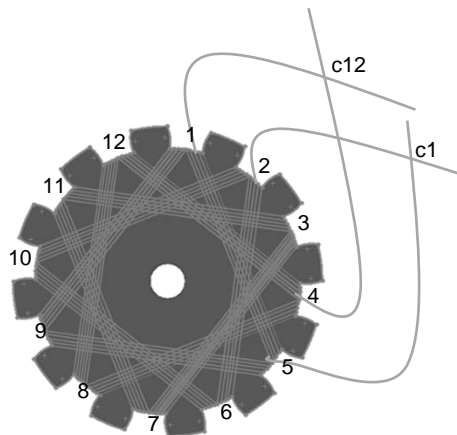


Figura 2.19. Checa la continuidad entre estas conexiones.

El colector.

PASO 1.

Corta 12 pedazos de 2 cm de largo de alambre de cobre desnudo calibre 20 (0.812 mm de diámetro). Haz una marca a 0.3 cm de uno de los lados y coloca las pinzas planas sobre dicha marca, ahora dóblala hasta formar un ángulo recto (fig. 2.20-a).

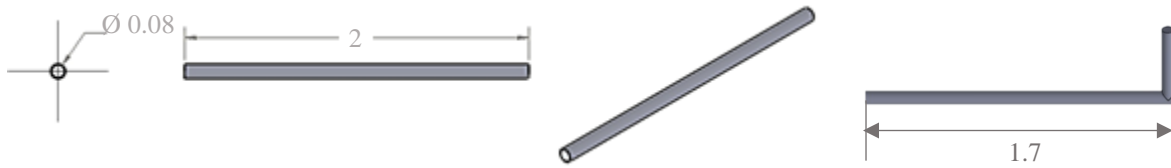


Figura 2.20-a. Delgas del colector.

PASO 2.

En un pedazo de plástico fuerte (puedes utilizar el estuche de un DVD) dibuja dos círculos de 1.4 cm de diámetro y hazles un agujero en el centro con la broca de 1/8. Ahora ponles 12 marcas como se muestra en la figura 2.20-b, estas marcas deben de tener 30° de separación entre ellas.

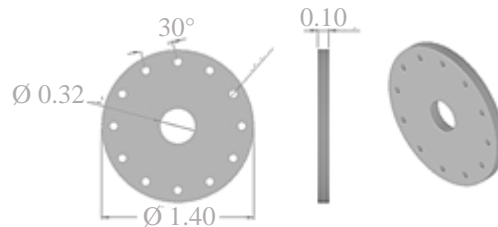


Figura 2.20-b. Bases del colector. Utiliza un pedazo de plástico.

PASO 3.

Con una broca de 0.7 mm de diámetro, agujera los puntos que has marcado. La broca que vayas a utilizar para hacer estos agujeros debe de ser de menor diámetro que el de los alambres, esto con la finalidad de que entren a presión y queden fijos.

PASO 4.

Mete los alambres a presión por estos agujeros formando una jaula (fig. 2.20-c). Si observas que han quedado flojos puedes poner un poco de silicón.

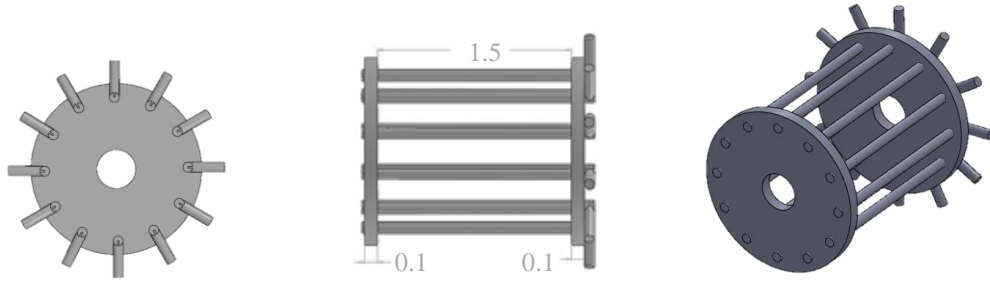


Figura 2.20-c. Colector o conmutador.

Montaje del rotor.

PASO 1.

Corta dos pedazos de 1 cm del palo de madera y hazles un agujero en el centro con la broca de 1/8, procura no abocardar demasiado estos agujeros ya que deben entrar a presión en el eje para sostener el inducido. (Figura 2.21).

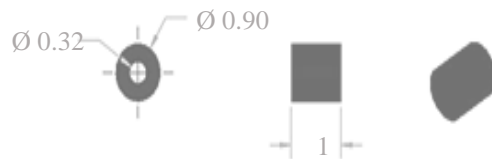


Figura 2.21. Bujes de madera. Sirven para fijar el núcleo.

Pasa el eje de 1/8 por el centro de los engranes (núcleo) y pon los pedazos de madera, uno de cada lado del núcleo y por último coloca el colector del lado donde quedaron las conexiones de las bobinas.

PASO 2.

Coloca el colector de tal manera que las conexiones queden enfrente de cada delga y suéldalas. Observa la figura 2.22.

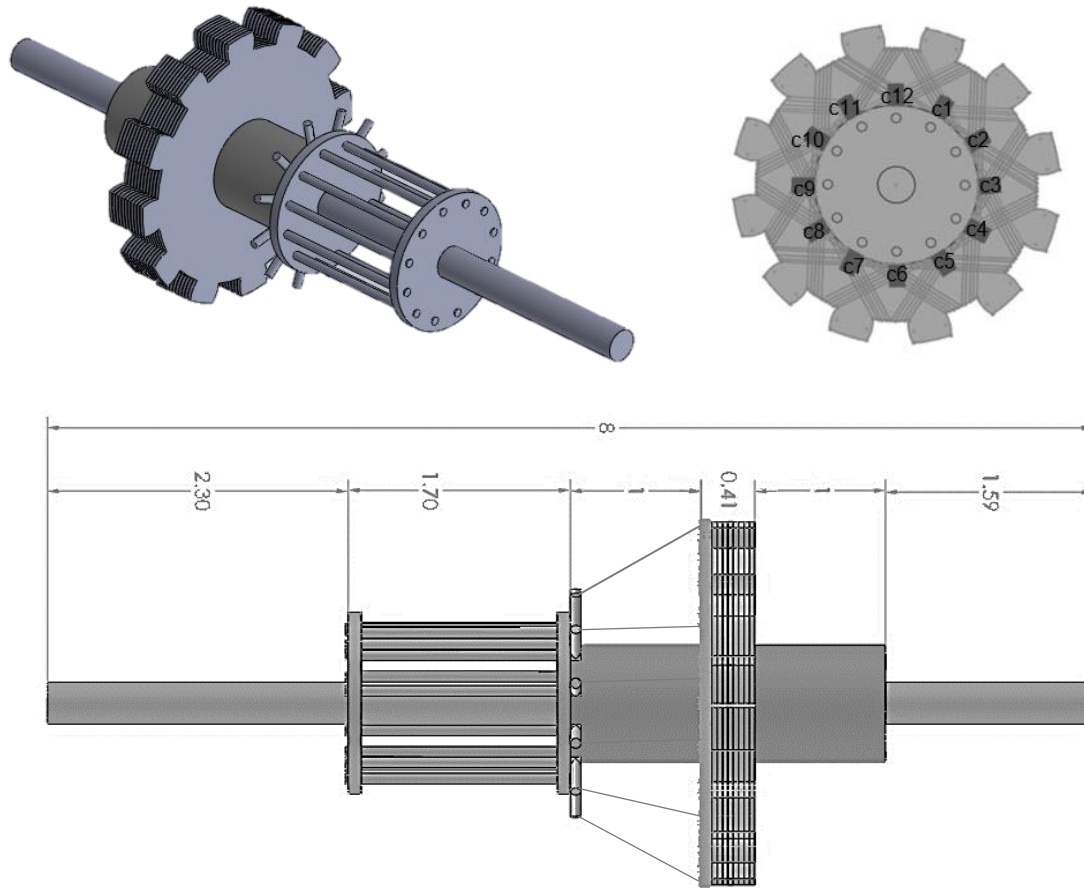


Figura 2.22. Distribución de los componentes del rotor.

Soportes y escobillas.

PASO 1.

Con las tijeras para metal corta, en la misma lámina que has utilizado, dos rectángulos de 3.5 cm de largo por 0.8 cm de ancho. Marca la línea a la distancia que indica la fig. 2.23. Con la broca de 1/8 has un agujero en el centro a 1.8 cm de esta línea, procura abocardar un poco este agujero con la misma broca, (esto con la finalidad de que el eje del rotor gire libremente) y otro con la broca de 3/32 en el centro de la base. Coloca las pinzas planas sobre la línea y con la otra mano dóblala hasta formar un ángulo recto. Repite esta operación con las dos láminas. Hemos terminado los soportes del rotor.

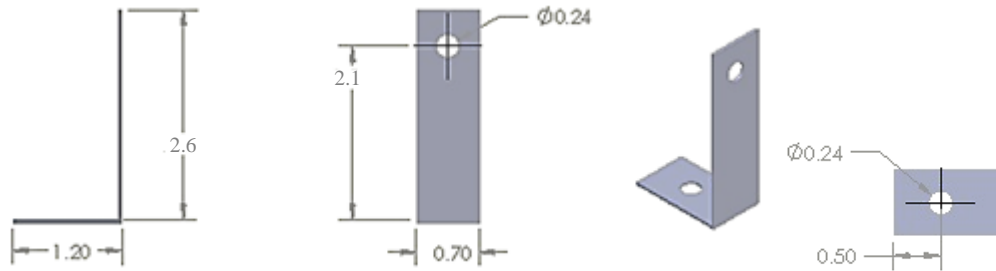


Figura 2.23. Soportes del rotor.

PASO 2.

Las escobillas propiamente tendrían que ser de grafito, pero las remplazaras con dos tiras de la lata de aluminio. Dales la forma y medidas de la fig. 2.24.

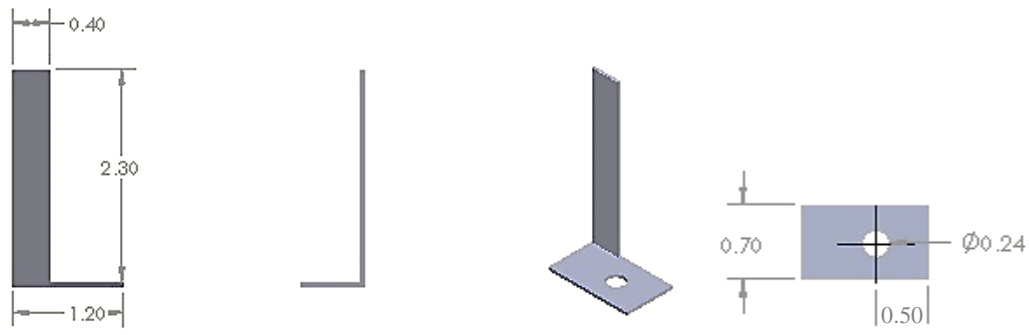


Figura 2.24. Escobillas.

Después de hacer un agujero en la base con la broca de 3/32, dóblalas por la línea marcada.

MONTAJE DEL MOTOR.

En la base de madera donde has fijado el estator, coloca los soportes junto con el rotor colocándolo dentro del estator, hazlo girar con los dedos y mueve un poco la posición de los soportes hacia un lado o hacia el otro, hacia el frente o hacia atrás, hasta lograr que el rotor gire libremente.

Procura reducir el entrehierro, que es la separación que queda entre el rotor y el estator, a lo mínimo posible, ya que de esto depende en gran medida el buen funcionamiento del motor. Una vez logrado esto, fija los soportes con las pijas de 3/32. }

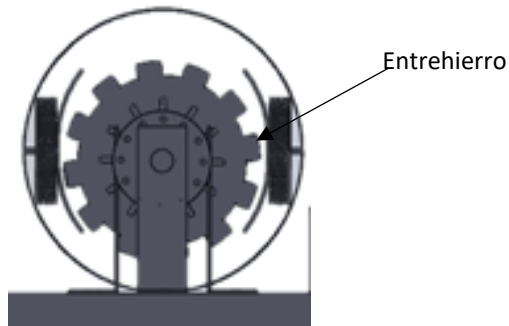


Figura 2.25. Procura reducir el entrehierro a lo mínimo posible.

Con la broca de 3/16 haz dos agujeros de cada lado de la base de madera para colocar los bornes de alimentación. Conecta el cabo de entrada de una de las bobinas del estator a uno de estos bornes y el cabo de salida de la otra bobina al otro. Suelda un pequeño alambre a cada una de las escobillas y conéctalas también a los bornes, una de cada lado y fíjalas con las pijas de 3/32, una a cada lado del colector. Procura que el contacto sea suave pero no deficiente.

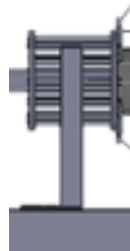


Figura 2.26. El contacto de las escobillas con el colector tiene que ser suave.

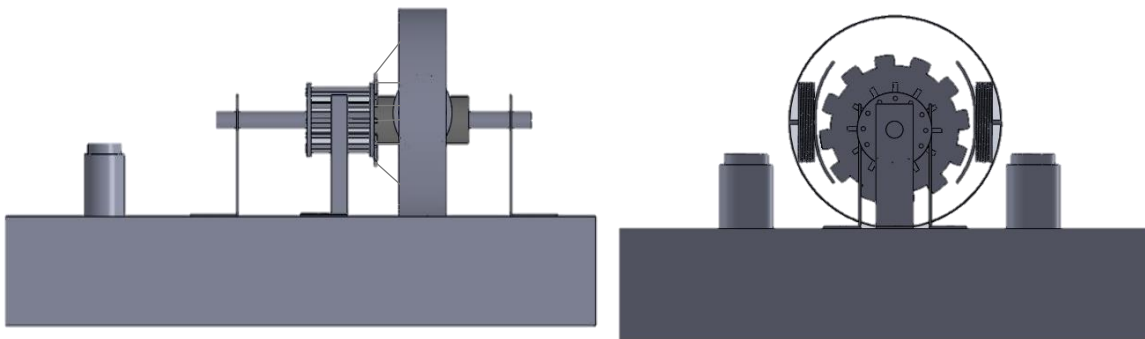


Figura 2.27. Motor terminado. Vistas de lado y de frente.

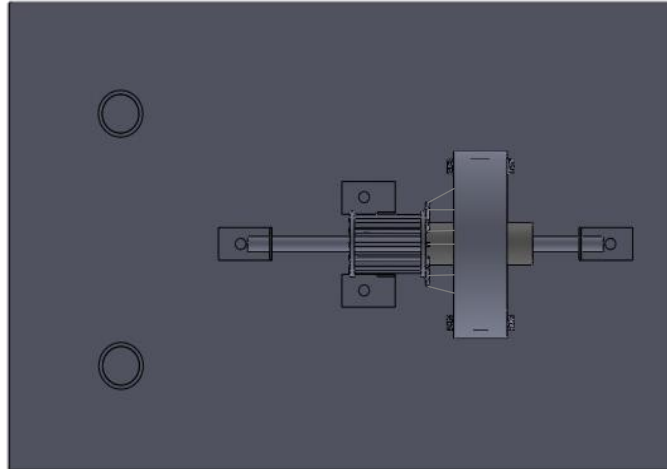


Figura 2.28. Motor terminado. Vista de arriba.

Diagramas de conexiones.

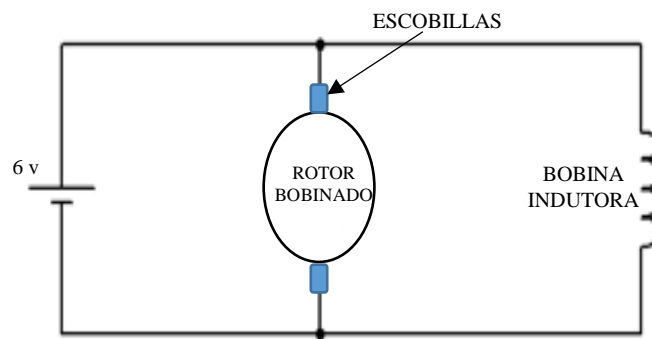


Figura 2.29. Diagrama.

RECOMENDACIONES.

- Respetar las características de los materiales a utilizar ya que una variación en las características de los mismos repercutirá en el funcionamiento del motor.
- Checar continuidad al terminar cada bobina.
- Checar que no exista corto entre el núcleo y las bobinas.
- Checar que exista continuidad entre cada una de las bobinas del rotor una vez conectadas a las delgas.
- Si el motor no gira, invierte la conexión de los cables del estator.
- Checar que el eje gire libremente, de no ser así, abocarda un poco más los agujeros de los soportes.
- Pon una pequeña gota de aceite en los soportes del eje.

3.1.3 MOTOR DIDACTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 3.

Para invertir el sentido de giro de un motor de corriente directa, basta con invertir la polaridad de la tensión aplicada (con lo cual varía el sentido de la corriente que circula por su embobinado), y hacer así que el par de fuerzas que originan el giro del motor sea de sentido contrario. Otro método para invertir el sentido de giro, es el de invertir la polaridad del campo magnético producido por las bobinas excitadoras, esto sólo puede hacerse en máquinas que las tengan accesibles desde el exterior.

El sentido de giro de un motor de corriente directa depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente directa se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos embobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido. Los cambios de polaridad de los embobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina.

Un método para invertir la dirección de rotación emplea dos devanados de campo enrollados en direcciones opuestas en el mismo polo. Este tipo de motor se llama motor de campo compartido. La siguiente figura muestra un motor serie con un devanado de campo compartido.

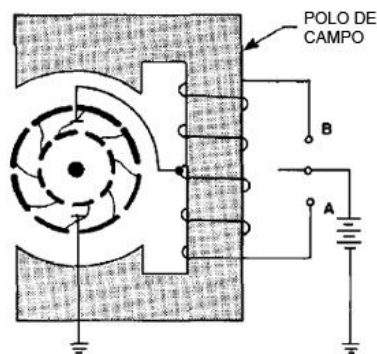


Figura 3.1. Motor serie de campo compartido.

La llave conmutadora de polo único y doble contacto hace posible circular corriente continua en cualquiera de los dos devanados. Cuando la llave conmutadora está en la

posición más baja, la corriente fluye a través del campo inferior del embobinado, creando un polo norte en el devanado de campo inferior y en la pieza polar inferior, y un polo sur en la parte superior del polo. Cuando la llave conmutadora está en la posición superior, la corriente fluye a través del devanado de campo superior, el magnetismo del campo se invierte, y el inducido gira en la dirección opuesta.

Otro método de reversión, llamado el método de cambio, emplea una llave de doble polo, doble juego de contactos que cambian la dirección del flujo de corriente, ya sea en el inducido o en el campo. En la ilustración de la llave mostrada en la figura, la dirección de la corriente se puede invertir a través del campo, pero no a través del inducido.

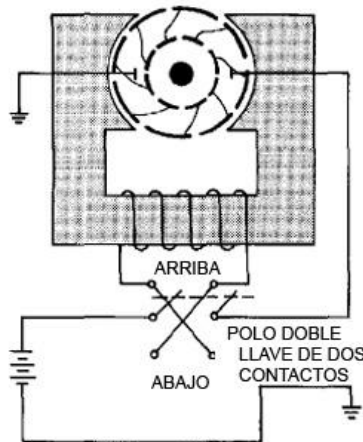


Figura 3.2. Método de conmutación para la inversión de giro del motor.

Cuando el interruptor está en la posición "arriba", la corriente fluye a través de los devanados de campo para establecer un polo norte en el lado derecho del motor y un polo sur en el lado izquierdo del motor. Cuando el interruptor se mueve a la posición "abajo", esta polaridad se invierte y el inducido gira en la dirección opuesta.

Variación de la velocidad. El control de la velocidad de un motor de corriente directa se consigue mediante la variación del voltaje de armadura (V_a) o por variación del flujo magnético del campo.

Hasta antes de la llegada de los variadores electrónicos de velocidad para motores DC, las formas de regular la velocidad eran por procedimientos que se citan a continuación:

a.- Por variación de la tensión en bornes de armadura (V_a):

- Control reostático de la tensión de armadura. Tracción eléctrica.
- Empleando un elevador/reductor.
- Modificando el acoplamiento de dos motores por medio de engranajes.

b.- Por variación de flujo de campo

- Reóstato de regulación de campo.

En el motor en derivación, la velocidad está controlada por un reóstato en serie con el devanado de campo. La velocidad depende de la cantidad de corriente que fluye a través del reóstato para los devanados de campo. Para aumentar la velocidad del motor, la resistencia en el reóstato se aumenta, lo que disminuye la corriente de campo. Como resultado de ello, hay una disminución en la fuerza del campo magnético y de la fuerza contra electromotriz (f_{cem}). Esto aumenta momentáneamente la corriente de inducido y el torque, el motor acelerará automáticamente hasta que la f_{cem} aumente y haga que la corriente de inducido disminuya a su valor anterior. Cuando esto ocurre. El motor funcionará a una velocidad fija más alta que antes.

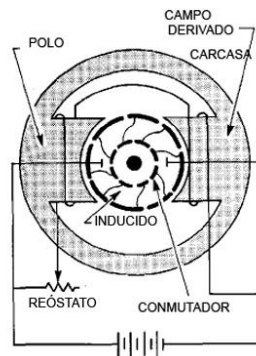


Figura 3.3. Motor con derivación con control de velocidad variable.

Para disminuir la velocidad del motor, la resistencia del reóstato se disminuye. Más corriente circula a través de los devanados de campo y aumenta la fuerza del campo, y luego, la f_{cem} aumenta momentáneamente y disminuye la corriente del inducido. Como resultado, el par disminuye y el motor se frena hasta que la f_{cem} disminuya a su valor anterior, y luego el motor funcionará a una velocidad fija más baja que antes.

FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los motores de corriente directa o continua se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando, de acuerdo con la Ley de Lorentz, interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje. Este electroimán se denomina “rotor” y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa o cuerpo del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del electroimán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se produce un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería.

En la figura 3.4 se puede ver el colector seccionado en tres partes, también se observa el enrollado de las bobinas del electroimán que gira a modo de rotor, diferenciadas por un color diferente en cada una de sus secciones, identificados como 1, 2 y 3. Una de las terminales de dicha bobina se encuentra conectado a la sección “a” y la otra a la sección “b”, las bobinas del electroimán del rotor se encuentran colocadas entre los polos norte (N) y sur (S) del campo magnético del electroimán del estator. Para determinar la polaridad magnética de una bobina, se usa la regla de la mano derecha. Si la bobina se toma con la mano derecha y los dedos se doblan en la dirección en la que circula la corriente en la bobina, el pulgar apunta al polo norte de esta.

A su vez, el polo positivo (+) de la batería se encuentra conectado siguiendo el sentido convencional de la corriente (del signo positivo al negativo) en la sección “a” del colector a través de la escobilla identificada también con el signo (+). De esa forma esta sección de la bobina se energiza positivamente para formar el polo norte “N”, mientras que la otra sección “b” se energiza negativamente para formar el polo sur “S”.

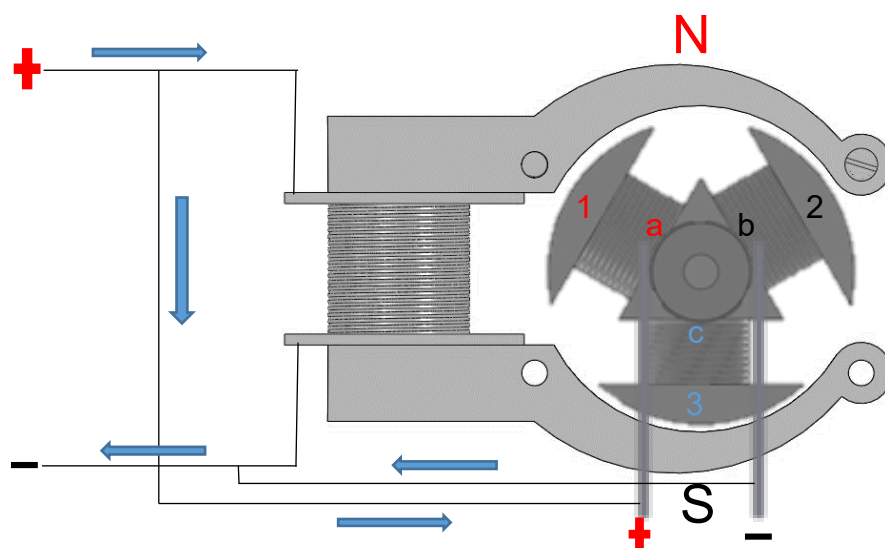


Figura 3.4. Motor visto de lado.

Como resultado, cuando en el rotor se forma el polo norte, de inmediato el también polo norte del estator lo rechaza. Al mismo tiempo el polo sur que se forma en el extremo opuesto, es rechazado igualmente por el polo sur del propio estator; por tanto, se produce una fuerza de repulsión en ambos extremos del rotor al enfrentarse y coincidir con dos polos iguales en el imán permanente. Si bajo esas condiciones aplicamos la “Regla de la mano izquierda” y tomamos como referencia, la parte de la bobina donde se ha formado el polo norte en el electroimán del rotor, comprobaremos que, al romper la inercia inicial, comenzará a girar en dirección contraria a las manecillas del reloj,

Una vez que el rotor gira, las escobillas dejan de hacer contacto con los segmentos del colector. En esa posición neutra la corriente que suministra la batería deja de circular y la bobina se desenergiza, por lo que los extremos del rotor pierden momentáneamente sus polos magnéticos. No obstante, debido a la fuerza de inercia o impulso de giro que mantiene el rotor, esa posición la rebasa de inmediato y sus extremos pasan a ocupar la siguiente posición.

Esa parte de la bobina que ha girado, al ocupar ahora la posición siguiente, se convierte en el polo norte del rotor por lo que es rechazado de nuevo por el polo norte del estator. El rotor, al continuar girando, pasa de nuevo por la zona neutra repitiéndose de

nuevo el mismo ciclo. Esos cambios continuos en los polos del electroimán del rotor que proporciona el colector, son los que permiten que se mantenga girando de forma ininterrumpida mientras se mantenga energizado.

En resumen, la función del colector es permitir el cambio constante de polaridad de la corriente en la bobina del electroimán del rotor para que sus polos cambien constantemente. Este cambio ocurre cada vez que el electroimán gira y pasa por la zona neutral, momento en que sus polos cambian para que se pueda mantener el rechazo que proporciona el electroimán. Esto permitirá que el electroimán del rotor se mantenga girando constantemente durante todo el tiempo que la batería o fuente se mantenga conectada al circuito del motor, suministrándole corriente eléctrica.

MATERIAL

- Lamina de silicio, acero o galvanizada, calibre 28 (0.417 mm de espesor aprox.) o 30 (0.34 mm de espesor).
- 2 bornes
- 45 m de alambre de cobre esmaltado calibre 29. (0.286 mm de diámetro)
- Un eje de 3/32 (2.4 mm de diámetro)
- 1 palito de madera redondo de 1.1 cm de diámetro.
- 5 pijas de 3/32
- Cinta de aislar
- Papel cascaron y albanene.
- Base de madera de 15 x 10 cm.
- Una lata de aluminio
- Un estuche de DVD.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

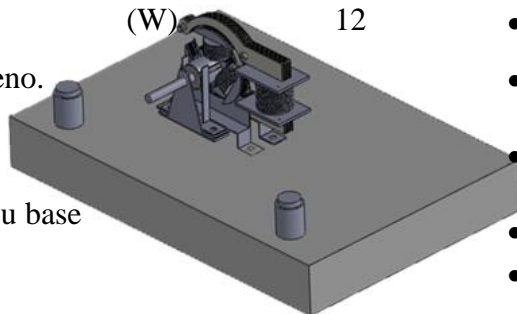
- Taladro
- Brocas de 3/32, 1/8 y 3/16.
- Cautín, soldadura y pasta.
- Tijeras para metal.
- Limas planas y redondas
- Tornillo de banco
- Pinzas.
- Segueta.
- Desarmadores planos y de cruz.
- Lijas para metal y madera.
- Cúter.

DATOS TÉCNICOS

- Voltaje (V) 6
- Corriente (A) 2
- Velocidad (RPM) 3000
- Potencia (W) 12

Rendimiento. Bueno.

Motor terminado con su base



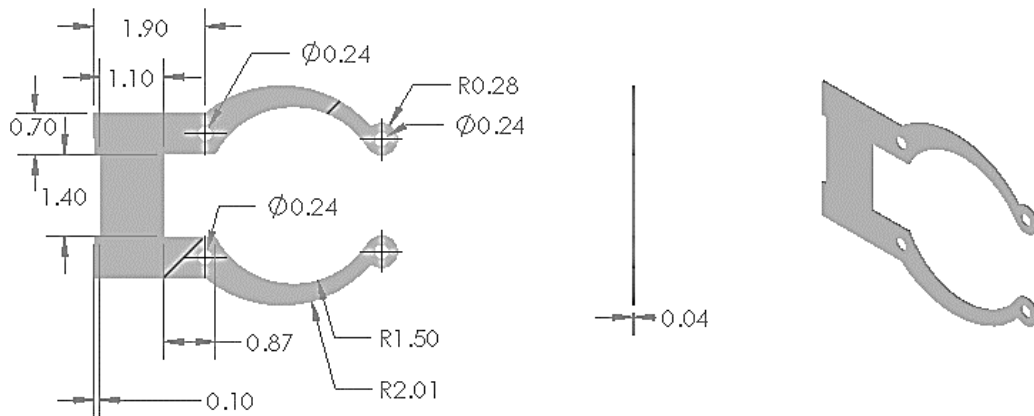
COMPONENTES

- El inductor o estator 1
- El inducido o rotor 1
- El colector o conmutador 1
- Las escobillas 2
- Soportes del eje y motor 2
- Bobinas de alambre magneto 4
- Base del motor 1
- Las delgas del conmutador 3

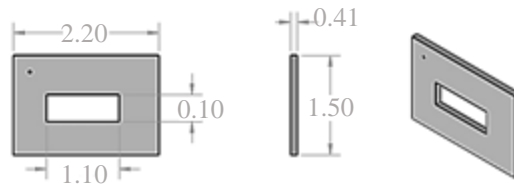
COMPONENTES

Todas las medidas son en cm.

El inductor o estator.

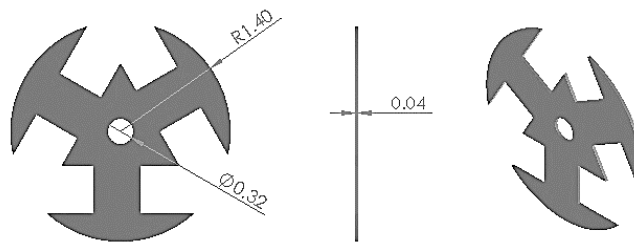


Núcleo del estator (10 piezas)

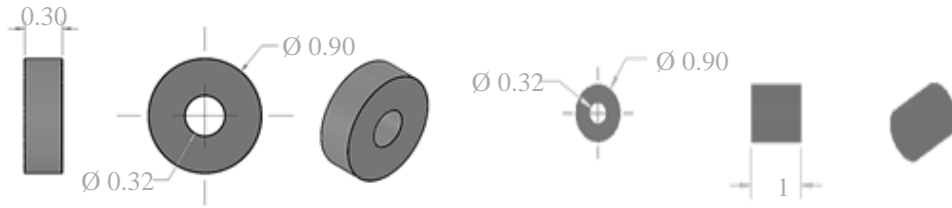


Carrete del embobinado del estator.

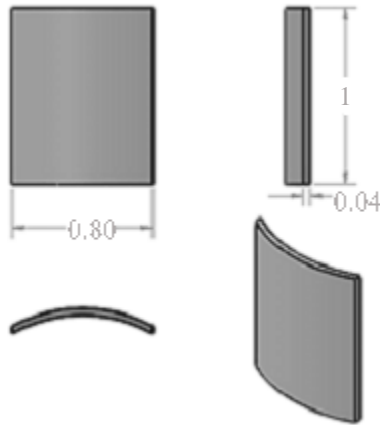
El inducido o rotor.



Núcleo del estator (10 piezas).

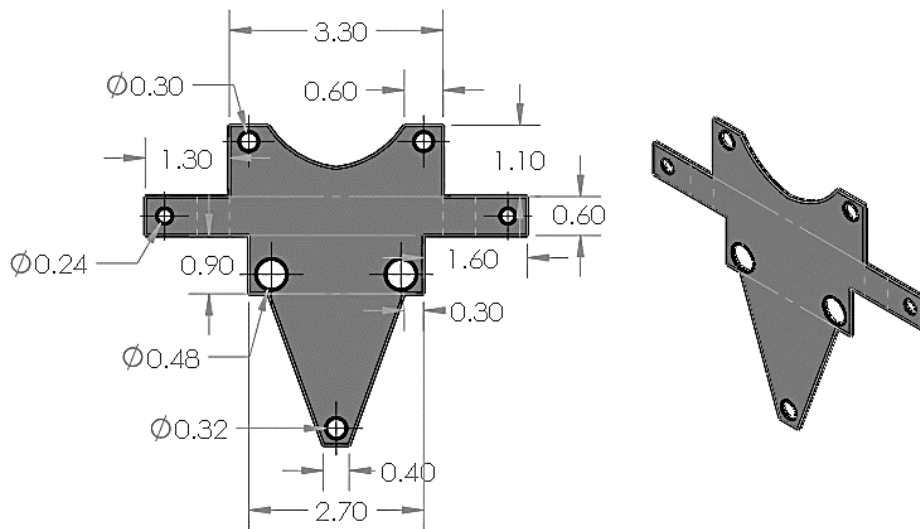


Bujes de madera.

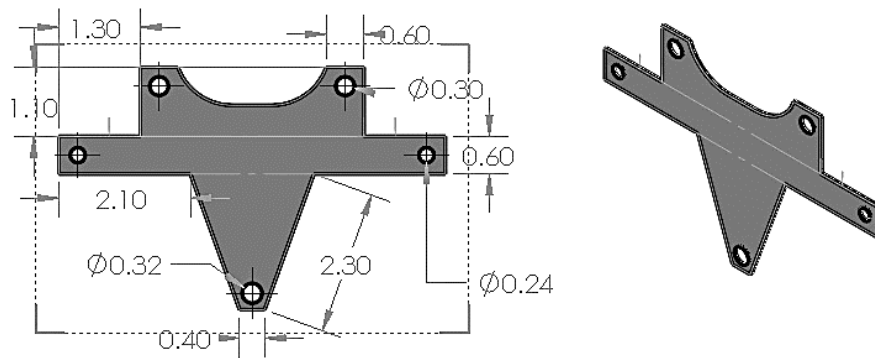


Delgas (tres piezas).

Soportes.

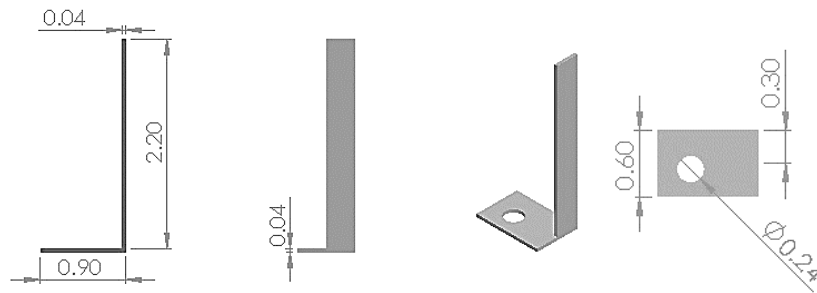


Soporte 1.

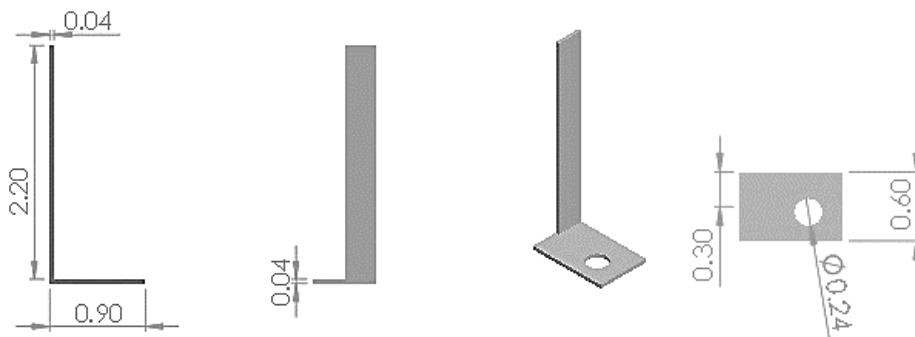


Soporte 2.

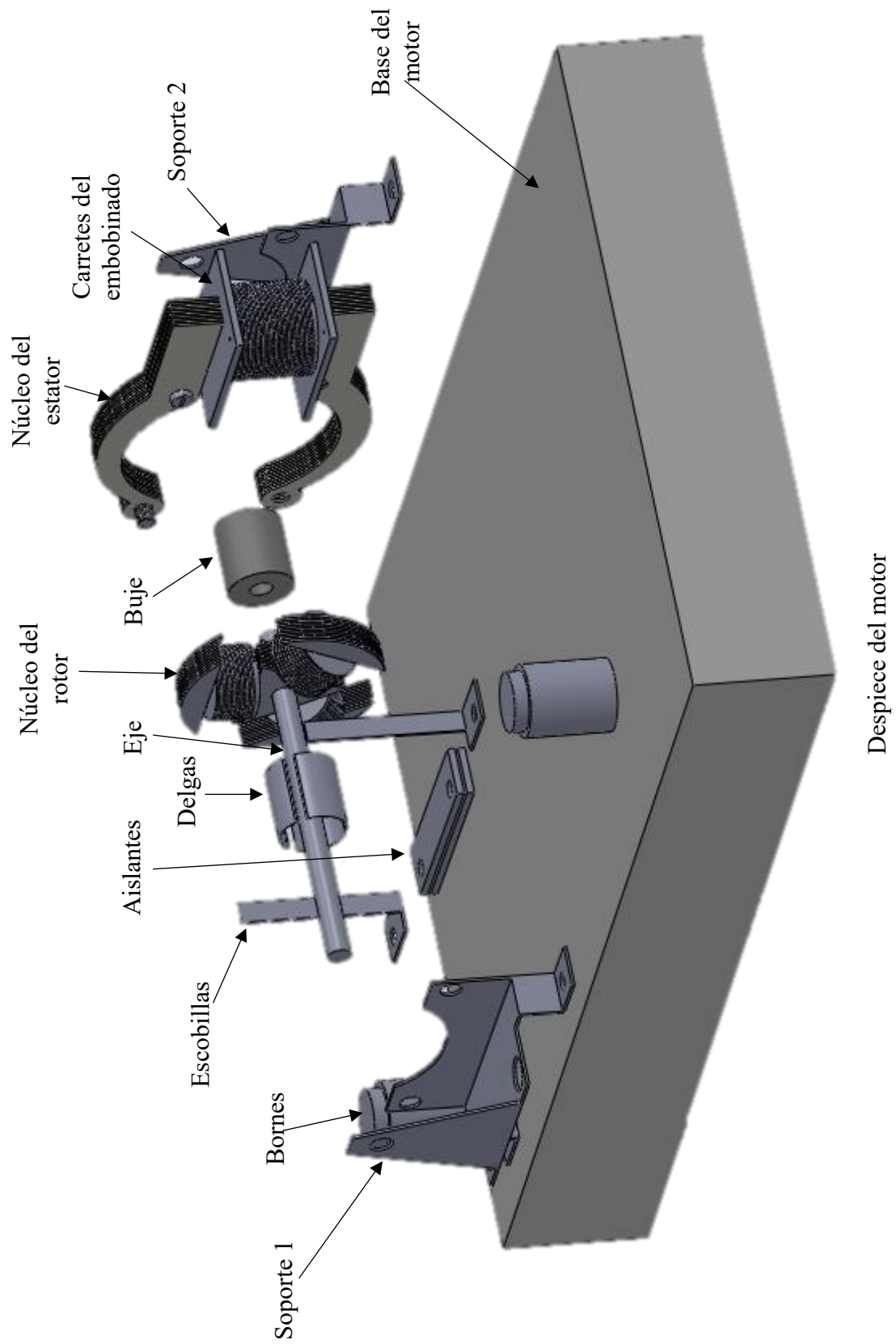
Escobillas.



Escobilla 1.



Escobilla 2.



CONSTRUCCIÓN.

La lámina de silicio posee mejores características magnéticas que las láminas de acero o galvanizada, pero su manipulación es más difícil ya que al hacer los cortes tiende a despostillarse lo que puede provocar cortos al momento de alimentar el motor. Te recomiendo utilizar mejor lámina galvanizada ya que esta no se oxida y el motor trabajara de una manera aceptable.

Inductor o estator.

En una hoja de papel albanene, corta diez cuadrados de 3.5 cm y calca la figura 3.5. Ahora con las tijeras para metal corta también 10 cuadrados de 3.5 cm de la lámina que vayas a utilizar y pega las figuras que acabas de hacer. Con las tijeras para metal recorta estas figuras. Para cortar los semicírculos puedes utilizar las mismas tijeras, pero para los vástagos tendrás que adaptar un cincel o desarmador a esta medida (0.6 cm). Colócalo sobre el contorno y golpéalo suavemente con un martillo, toma esta parte con unas pinzas y muévela hacia arriba y hacia abajo hasta que se desprenda. Tendrás que repetir esta operación para todas las figuras. Haz el orificio central con la broca de 3/32 (2.4 mm).

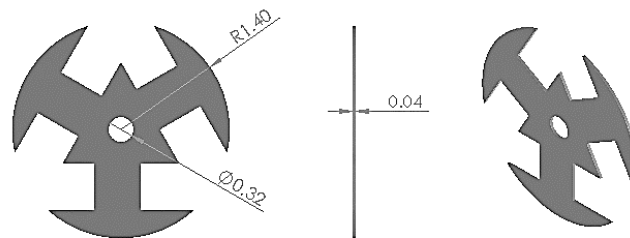


Figura 3.5. Núcleo del rotor. Todas las medidas son en cm.

Ahora, en el papel albanene, recorta diez rectángulos de 5.5 cm de largo por 4.5 ancho y calca la figura 3.6, recorta con tijeras la forma de la figura. Con las tijeras para metal recorta 10 rectángulos con las mismas medidas y pega las figuras. Recórtalas con las tijeras para metal. Para darle la forma redonda puedes ayudarte de un cincel o desarmador al que tendrás que sacar filo, colócalo sobre la curvatura y golpea con el martillo. Has los agujeros con la broca de 3/32 (2.4 mm).

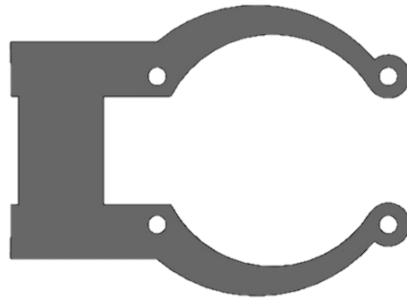


Figura 3.6. Núcleo del estator.

PASO 2.

Une estas piezas sujetándolas con tornillos (fig. 3.7) y sujétalas, a la vez, con el tornillo de banco. Con una lima iguala las superficies lo mejor posible. Procura no ejercer demasiada fuerza ya que podrías doblar las láminas.

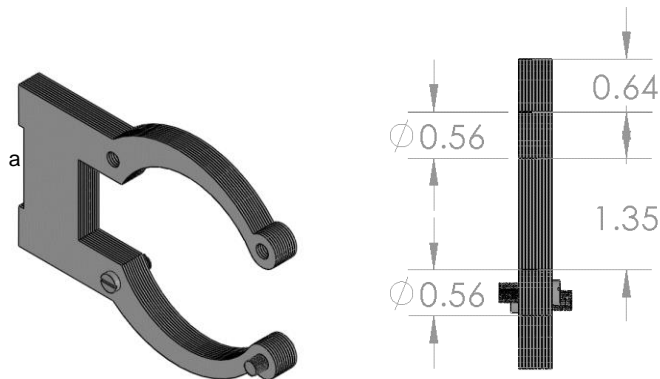


Figura 3.7. Sujeta estas piezas con un tornillo e iguala las superficies.

PASO 3.

Envuelve con cinta de aislar la parte “a” (fig. 3.7). Recorta en papel cascaron dos rectángulos de 2.2 cm de largo por 1.5 cm de ancho. Hazles un agujero central de 1.2 cm de largo por 0.5 cm de ancho. Practica un pequeño orificio en cada una por donde quepa el alambre de cobre esmaltado (fig. 3.8).

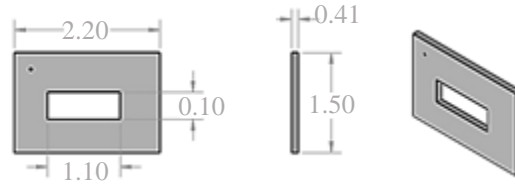


Figura 3.8. Carretes del embobinado del estator.

Coloca estos dos rectángulos iguales formando el carrete “a”. (fig. 3.9).

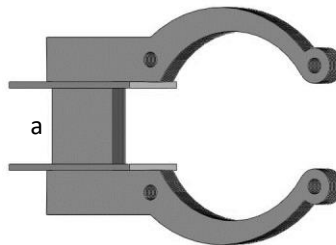


Figura 3.9. Núcleo del estator con carrete.

PASO 4.

MUY IMPORTANTE. Una vez terminada cada bobina tienes que comprobar que no exista corto con el núcleo o entre bobinas. La presión que ejercen las últimas espiras puede provocar que tengan contacto las bobinas con la lámina. En caso de existir, reemplaza el alambre de esa bobina y checa el aislamiento.

Enrolla en este carrete 400 espiras de alambre de cobre esmaltado (14 m aprox.) dando vueltas siempre en el mismo sentido y lo más juntas y firmes que se pueda, Queda terminado el inductor. (fig. 3.10). Deja 10 cm de alambre al inicio y al final de la bobina para hacer las conexiones finales.

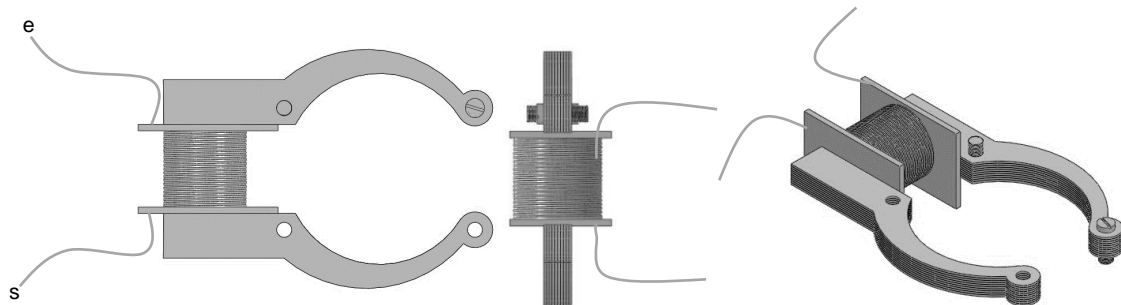


Figura 3.10. Embobinado del estator (vistas de lado, de frente y en perspectiva).

Inducido.

PASO 1.

Reúne las 10 piezas de metal que recortaste con la figura 3.5 y sujétalas firmemente con un tornillo y tuerca, sujétalas a la vez con el tornillo de banco. Iguala las superficies lo mejor posible con una lima, pero debes de tener cuidado de no ejercer demasiada fuerza ya que puedes maltratar las láminas. Una vez igualadas, quita el tornillo y coloca el eje de 1/8 (0.32 cm). Pon cinta de aislar en cada punta de la estrella. (fig. 3.11).

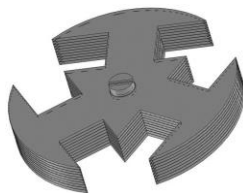


Figura 3.11. Sujeta las diez piezas con un tornillo e iguala las superficies.

PASO 2.

Con el alambre de cobre esmaltado, harás una bobina de 200 espiras en cada sector, cada espira debe de ir lo más justo posible, una mayor proximidad entre las espiras produce un campo magnético más intenso. Ten en cuenta las siguientes observaciones:

Toma el inducido con la mano izquierda y que la bobina que vas a construir termine a la derecha, es decir, cercana al eje.

No pierdas de vista cual es el cabo de entrada y cual el de salida. Si es posible márcalos.

Con un pedazo de lija raspa el esmalte de los cabos tanto de entrada como de salida de todas las bobinas, debes de limpiar por completo el esmalte, procura no aplicar demasiada fuerza al momento de raspar el alambre ya que lo puedes romper. Ahora une el cabo de entrada “e” de una bobina con el de salida “s” de la contigua (conexión en serie). La figura 3.12 indica los hilos que hay que unir después de raspar el esmalte.

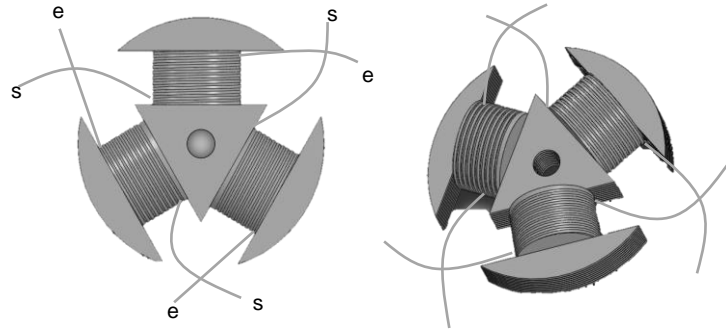


Figura 3.12. Conexiones de los embobinados del rotor (conexión en serie).

Colector.

PASO 1.

Corta del palito de madera de 0.9 cm de diámetro un tramo de 1 cm y otro de 0.3 cm, hazles un agujero en el centro con la broca de 1/8 (0.32 cm), procura no pasar demasiado la broca por este orificio, ya que la idea es que entre a presión el eje para sostener el inducido.

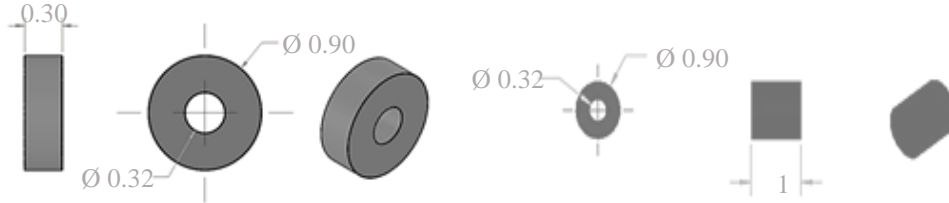


Figura 3.13. Bujes de madera.

De la lámina que has utilizado (también puedes utilizar un pedazo de tubo de cobre), corta tres rectángulos de 1 cm de largo por 0.8 cm de ancho. A estas tres láminas dales la forma acanalada como se muestra en la fig. 3.14, para esto puedes ayudarte del vástago de un desarmador, sujeta un extremo de la lámina con las pinzas de presión y golpea el otro extremo con un martillo hasta lograr la forma deseada.

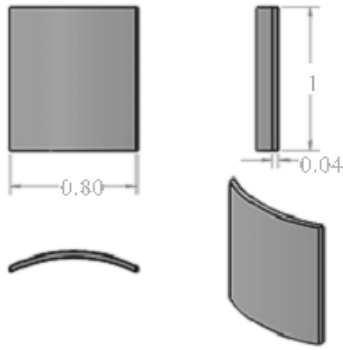


Figura 3.14. Delgas del colector (tres piezas)

Ahora pega con Resistol 5000 estas plaquitas al buje de madera de 1 cm. Procura que la separación entre ellas sea la misma.

PASO 2.

Coloca el inducido en el eje, ahora monta el colector del lado donde han quedado las conexiones de las bobinas procurando que cada delga quede frente a una bobina, del otro lado del inducido pon el buje de madera de 0.3 cm. Suelda cada conexión de las bobinas a su respectiva delga. Fíjate en la figura 3.15.

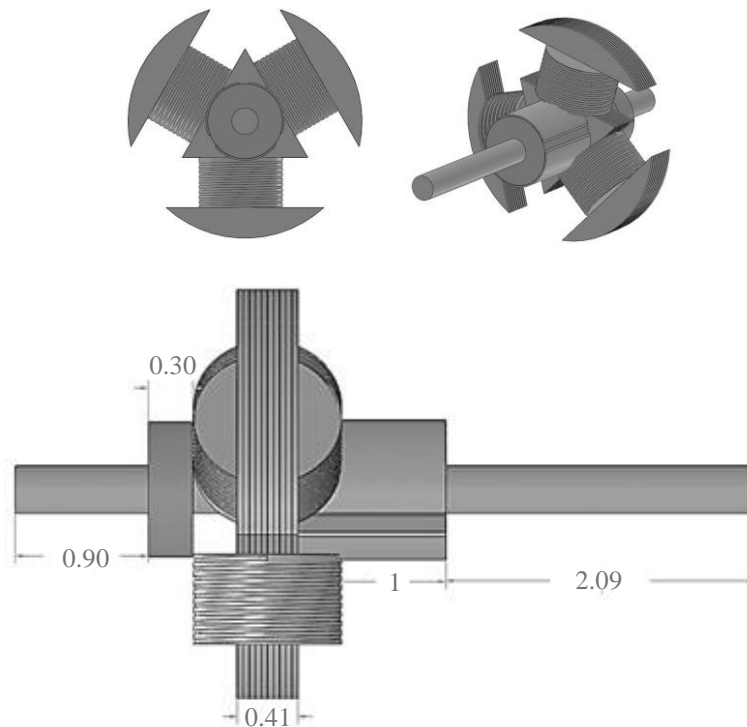


Figura 3.15. Distribución de los componentes del rotor.

Soporte o armazón.

PASO 1.

En un pedazo de papel albanene calca la figura 3.16 y recórtala. Pega esta figura en un cuadrado de 6 cm de lámina que has utilizado y con ayuda de las tijeras para metal recorta esta figura. Marca las líneas como se muestra y hazle los agujeros “a” y “d” con la broca de 1/8, los orificios “b” con la broca de 3/32 y los orificios “c” con la broca de 3/16.

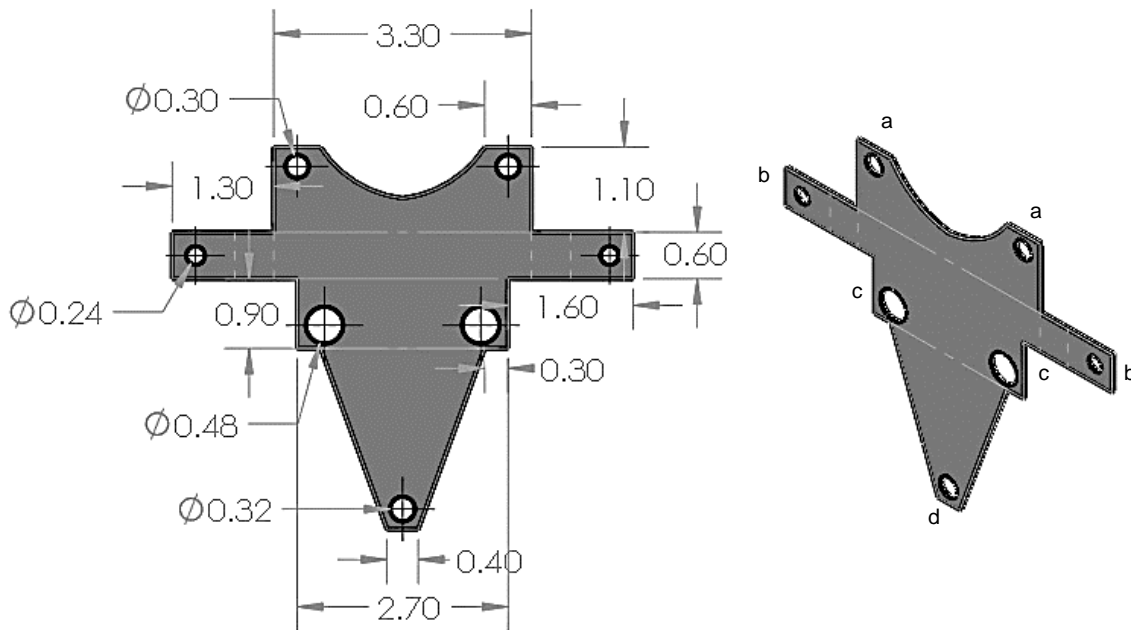


Figura 3.16. Medidas del soporte 1 del rotor.

PASO 2.

Coloca unas pinzas planas sobre las líneas que has marcado y con la mano dobla la lámina formando un ángulo recto, repite esta operación con todas las líneas hasta obtener la forma de la figura 3.17. Por el agujero “d” pasara el eje del inducido, los agujeros “c” sirven para fijar las escobillas y, los “b”, para sujetar el motor a la base de madera. En los agujeros “a” va sujeto el inductor.

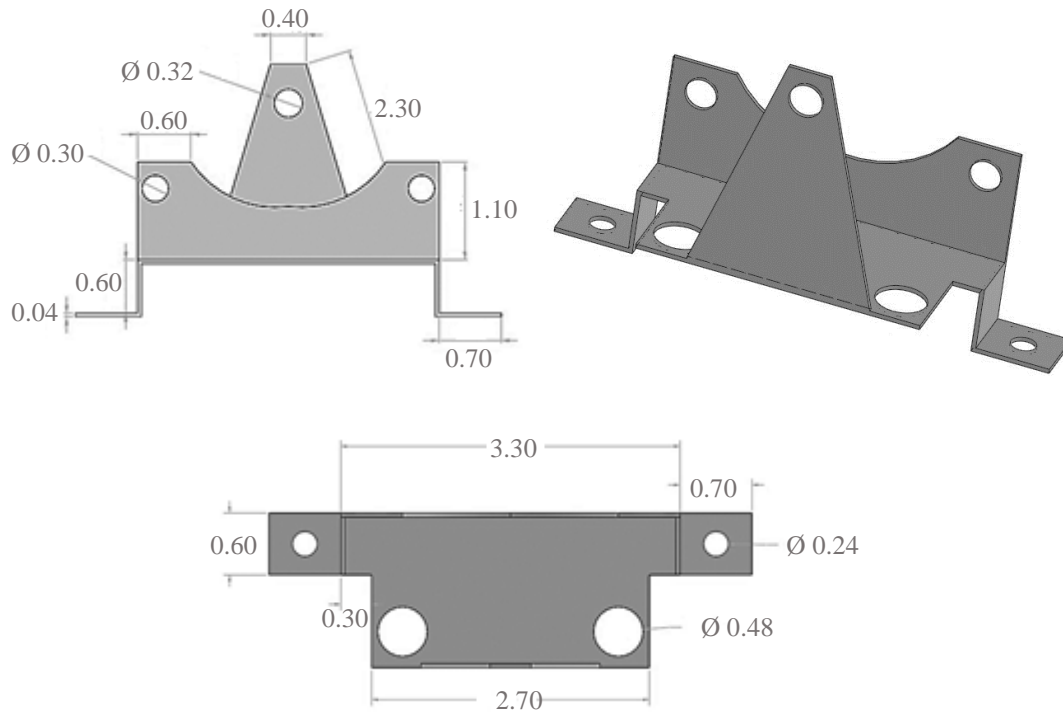


Figura 3.17. Soporte 1 del rotor. Vistas de frente, en perspectiva y de arriba.

PASO 3.

En un pedazo de papel albanene calca la figura 3.18 y recórtala. Ahora corta un rectángulo de 6 cm de largo por 5cm de ancho de la lámina que estas usando y pega esta figura. Con las tijeras para metal recorta el contorno, marca las líneas como se muestra y hazle los orificios “a” y “d” con la broca de 1/8 y los orificios “b” con la broca de 3/32. Coloca las pinzas planas sobre las líneas y dobla la lámina hasta obtener la forma de la figura 3.19.

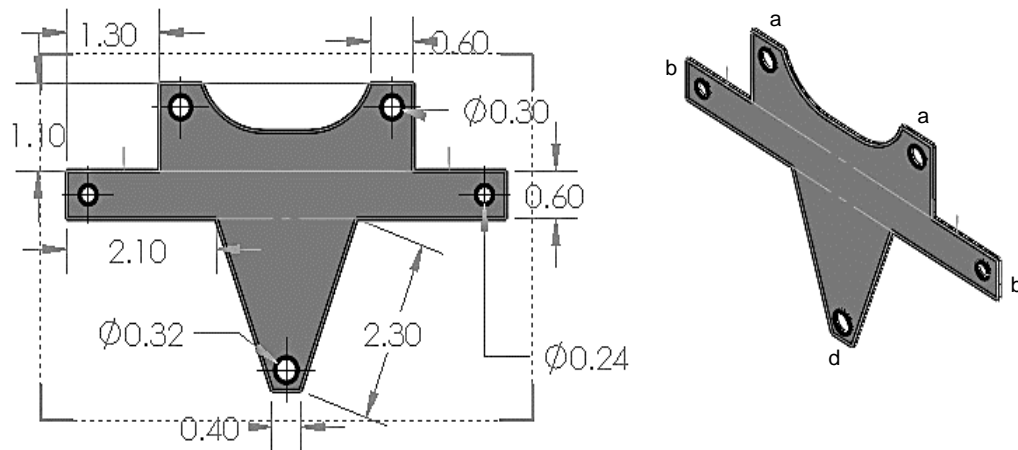


Figura 3.18. Medidas del soporte 2 del rotor.

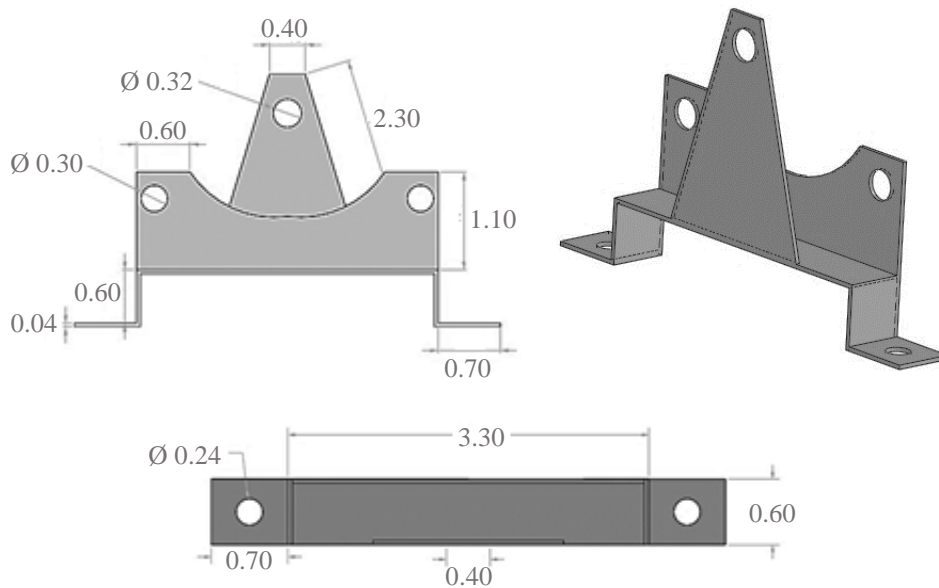


Figura 3.19. Soporte 2 del rotor (vistas de frente, en perspectiva y de arriba)

MONTAJE DEL MOTOR

PASO 1.

Haz pasar el eje del rotor por los orificios “d” de las estructuras que acabas de hacer, coloca una arandela (rondana) de cada lado del eje, puedes hacer estas rondanas con un pedazo de plástico de la caja del DVD, el diámetro de la circunferencia debe de ser de 1.1cm y hazles un agujero central con la broca de 1/8. Coloca el estator en los orificios

marcados anteriormente para este fin (orificios “a”) y mete un tornillo de cada lado, pero no lo fijas todavía, primero has rodar el rotor con los dedos, mueve el estator un poco hacia arriba o hacia abajo hasta lograr que el rotor gire libremente y sin rozar con el estator. Una vez logrado esto, fija el estator apretando los tornillos con una tuerca. (fig. 3.20).

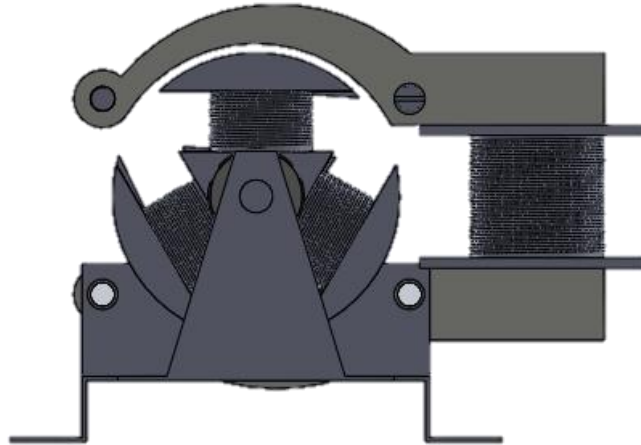


Figura 3.20. Armado del estator, rotor y soportes.

PASO 2.

Corta en el plástico del estuche del DVD (para esta operación puedes ocupar también un pedazo de cámara de bicicleta), dos piezas del tamaño y forma iguales a la figura 3.21-a, taladra los orificios con la broca de 3/32.

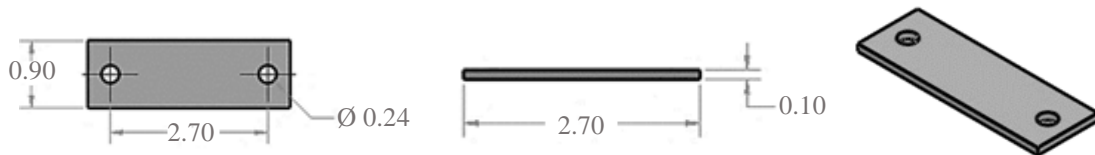
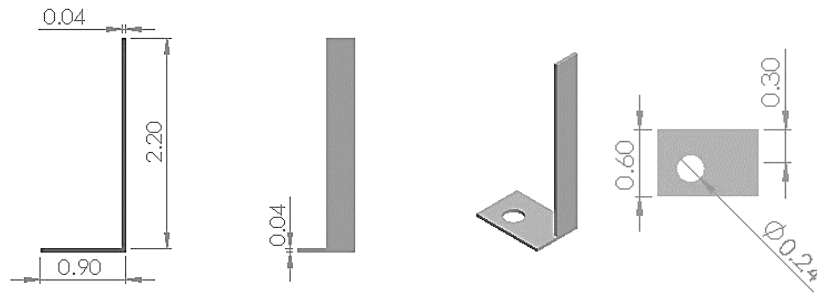


Figura 3.21-a. Aislantes de las escobillas.

De la lata de aluminio corta dos piezas iguales a la figura 3.21-b (3.1 cm de largo por 0.6 cm de ancho), las cuales utilizaras de escobillas. Marca una línea a 0.9 cm de uno de los extremos de cada escobilla, coloca las pinzas planas sobre dicha línea y con la otra mano dóblala hasta alcanzar un ángulo de 90°. Ahora corta por la mitad el tramo de 2.20 cm. Observa la figura.



Escobilla 1.

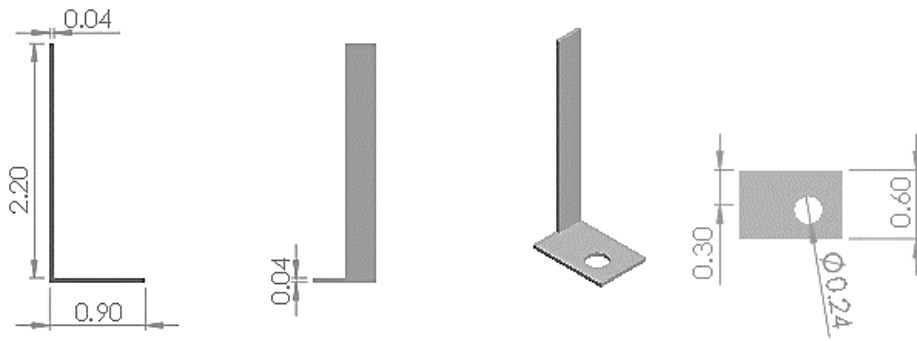


Figura 3.21-b. Escobilla izquierda y derecha.

PASO 3.

Coloca una de las piezas de plástico por encima y otra por debajo del soporte (fig.3.22). Los agujeros de los plásticos deben de quedar concéntricos con los agujeros del soporte. Los agujeros del soporte tienen más diámetro que los del plástico con el fin de evitar que los tornillos tengan contacto con el soporte y se produzca una fuga de corriente.

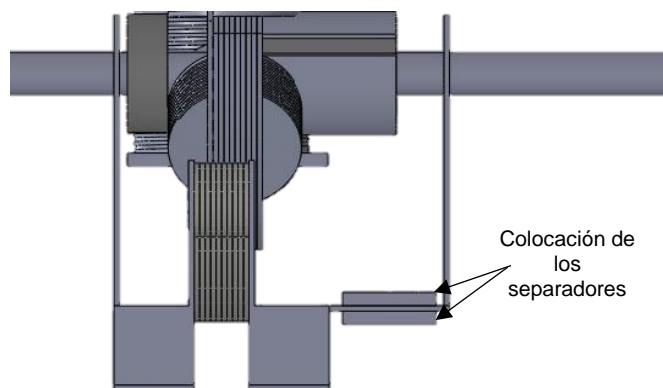


Figura 3.22. Observa la posición de los separadores.

PASO 4.

Coloca las escobillas de forma que tenga un contacto suave con el colector, pero no deficiente. (fig. 3.23). En la figura puedes observar:

- Escobillas y pie de la misma.
- plástico aislante superior e inferior.
- tornillo que sujeta la escobilla, plástico aislante y alambre conductor de alimentación.

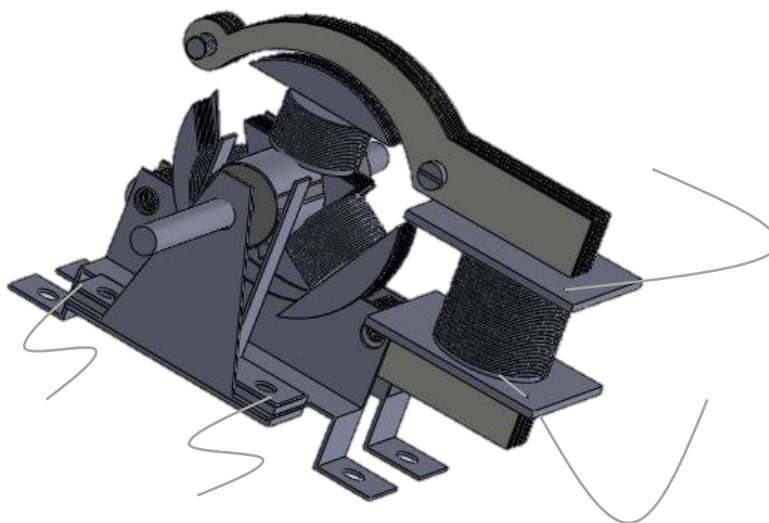


Figura 3.23. Motor terminado.

Fija los soportes a la base de madera con las pijas.

CONEXIONES

Para acoplar eléctricamente el inducido con el inductor puedes seguir dos montajes distintos:

Conexión en paralelo. Tal como puedes observar en la figura 3.24 los dos hilos de la bobina inductora van a parar a los bornes, uno de cada lado. Y los hilos de las escobillas también uno a cada borne.

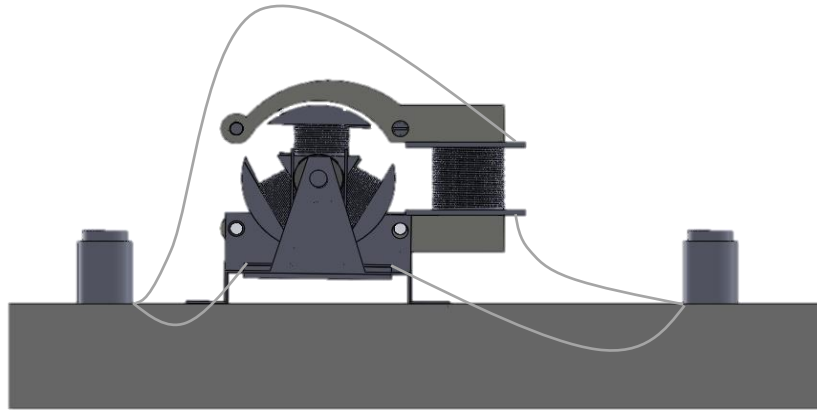


Figura 3.24. Conexión en paralelo.

Cómo funciona en la práctica la “Ley de la Fuerza de Lorentz”

El principio de funcionamiento del motor eléctrico de corriente directa se basa en la “Ley de la Fuerza de Lorentz”. Si aplicamos la “Regla de la mano izquierda” basada en esta Ley, podemos determinar en qué sentido girará el rotor del motor.

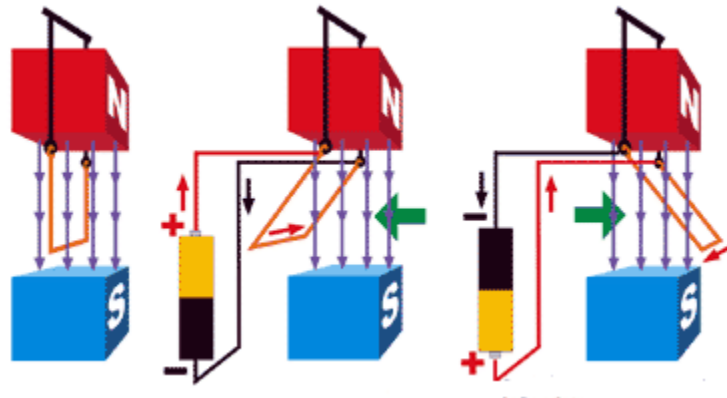


Figura 3.25. Ley de la fuerza de Lorentz.

En la parte izquierda de esta ilustración se pueden observar dos polos magnéticos pertenecientes a un imán permanente (polo norte “N” y polo sur “S”). Las flechas de color violeta representan la dirección del flujo del campo magnético del imán permanente, moviéndose del polo norte al polo sur. Entre los dos polos magnéticos se ha colocado una especie de trapecio compuesto por un simple alambre de cobre suspendido de un aditamento de color negro (no conductor de la corriente), que le permite al alambre balancearse libremente. Como todavía el alambre no se ha conectado a la corriente eléctrica

no se encuentra energizado, permaneciendo en posición de reposo suspendido entre los dos polos del imán.

En la parte central de la ilustración se ha conectado una pila o batería a los dos extremos del alambre de cobre para energizarlo. La flecha de color rojo nos indica el sentido convencional en que circula la corriente eléctrica a través del alambre (suministrada por la batería), mientras la flecha verde indica la dirección en la que será rechazado o empujado el alambre, o sea, hacia la izquierda obedeciendo a la “Ley de la fuerza de Lorentz”. La dirección de ese movimiento se puede determinar aplicando la “Regla de la Mano Izquierda”. Esa posición que adquiere el alambre la mantendrá así durante todo el tiempo que se encuentre energizado o conectado a la pila o batería, o hasta que se invierta la polaridad de ésta en el circuito.

En la parte derecha de la misma ilustración se puede comprobar que al variar la posición de la pila y, por tanto, la polaridad de la conexión del alambre al circuito, éste se mueve hacia la derecha. Esa posición la mantendrá también durante todo el tiempo que se encuentre conectado a la pila o batería, o hasta que se invierta de nuevo la polaridad en el circuito y retorne otra vez a la posición izquierda. En caso que desconectemos la pila o batería del circuito, el alambre retornará a la posición de reposo que mantenía al principio antes de ser energizado.

En este ejemplo la Ley de la Fuerza de Lorentz se manifiesta de forma similar a como ocurre en un motor de corriente directa (C.D.).

Conexión en serie. En la figura 3.26 se observa que una de las escobillas se conecta al borne “a”, la otra escobilla se une con uno de los hilos de la bobina de excitación y el otro hilo de esta va a parar al borne “b”.

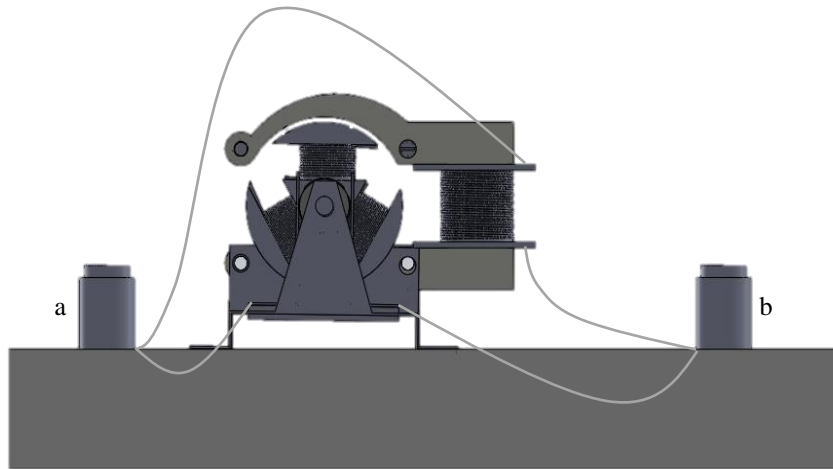


Figura 3.26. Conexión en serie.

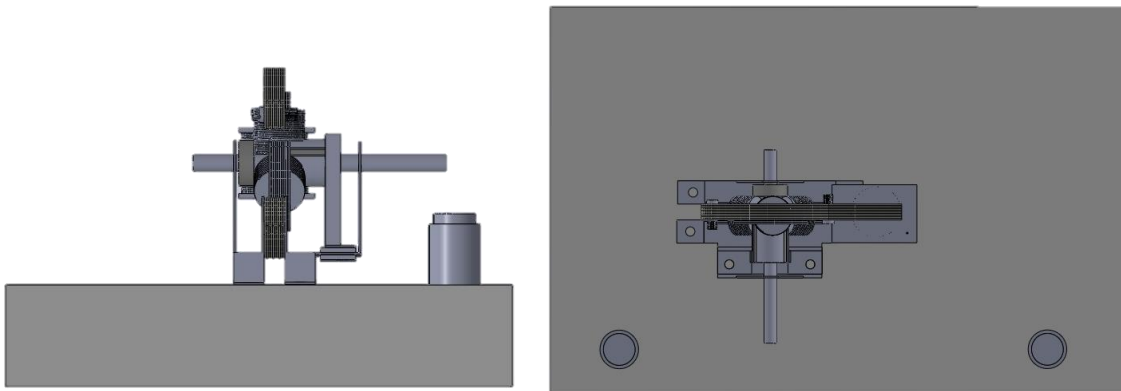


Figura 3.27. Motor terminado. Vistas de lado y de arriba.

Diagramas de conexiones.

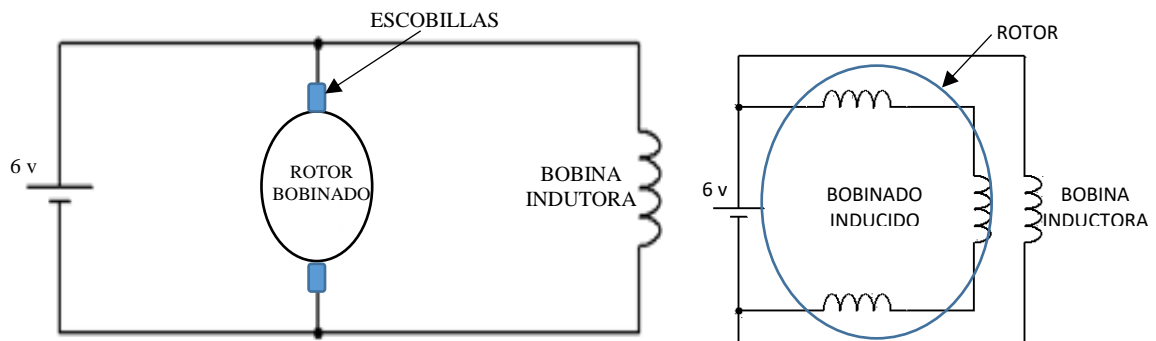


Figura 3.28. Diagramas.

RECOMENDACIONES.

- Respetar las características de los materiales a utilizar ya que una variación en las características de los mismos repercutirá en el funcionamiento del motor.
- Checar continuidad al terminar cada bobina.
- Checar que no exista corto entre el núcleo y las bobinas.
- Checar que exista continuidad entre cada una de las bobinas del rotor una vez conectadas a las delgas.
- Si el motor no gira, invierte la conexión de los cables del estator.
- Checar que el eje gire libremente, de no ser así, abocarda un poco más los agujeros de los soportes.

3.1.4 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C. D.) NÚMERO 4

FUNCIONAMIENTO

La atracción y repulsión de los imanes hace que el motor funcione. Los polos de campo se convierten en un electroimán cuando una corriente eléctrica fluye a través de la bobina de alambre alrededor de ellos. La armadura se convierte en un electroimán cuando una corriente eléctrica pasa a través de su bobina de alambre, sin embargo, produce un campo magnético de inversión mientras que el campo magnético producido por los polos de campo permanece estacionario.

El polo norte del polo de campo atrae al polo sur de la armadura, que gira en respuesta a esta atracción magnética. Pero para mantener la armadura girando, hay que interrumpir la corriente y cambiar la polaridad del imán de la armadura. De lo contrario, la armadura permanecería fija permanentemente en una posición, ya que la corriente eléctrica fluiría y nada se movería.

La interrupción de la corriente eléctrica a través de la armadura y la inversión de su dirección se realiza mediante un interruptor que consiste en dos alambres llamados cepillos y el conmutador. El conmutador está conectado a la armadura por el alambre de cobre que se extiende de está. Los cepillos descansan ligeramente contra el alambre que conecta al conmutador a la armadura. Los cepillos completan el circuito eléctrico y permiten que la corriente eléctrica fluya hacia la armadura.

Si la electricidad siempre fluyera en la misma dirección, el imán de campo tiraría de la armadura en la misma posición. Se congelaría en esta posición y no habría movimiento. Sin embargo, justo a la altura de la atracción del imán de campo con el imán del inducido, cuando el imán del inducido ha dado media vuelta, el cepillo golpea los alambres de la armadura en el eje del motor para invertir la dirección de la corriente. En lugar de fluir desde el lado izquierdo de la armadura a la derecha, ahora fluye en la otra dirección, invirtiendo hacia el norte el polo sur.

Los alambres de la armadura que pasan través del conmutador es lo que causa esta inversión. Hay que poner los cepillos 90° para colocarlos en ángulos rectos a la armadura.

Debido a esta orientación, el imán de la armadura se invierte a medida que la armadura gira a medio camino, y la armadura completa su revolución con lo que ahora es un polo norte es rechazado por el polo norte del imán de campo. El polo sur de la armadura girará continuamente en una serie de media vuelta para buscar el polo de campo norte estacionario.

La razón por la que la armadura gira en un círculo completo de 360° en lugar de voltear hacia adelante y hacia atrás en medio círculo es porque el impulso del motor llevará la atracción norte y sur un poco más allá del punto de máxima atracción; A medida que cambia la polaridad, la armadura completa su revolución por causa de este impulso y con el cambio de ubicación de los polos.

MATERIAL

- 10 metros alambre de cobre esmaltado calibre 27
- Lamina de 0.5 mm de espesor
- Una base donde se montara el motor
- Un eje de 2 mm de diámetro
- 20 cm de alambre para los cepillos
- Soldadura de estaño
- Cinta masking tape
- 4 Tornillos

HERRAMIENTAS NECESARIAS

- Lija de papel y metal
- Tijeras de metal o una segueta
- Desarmador
- Taladro con brocas
- Dos pilas AA nuevas alta calidad alcalina.
(Baja calidad muchas no generan suficiente corriente)
- Cautín (opcional con la soldadura).

DATOS TÉCNICOS

- Voltaje (V) 3
- Corriente (A) 1.7–3.0
- Potencia (W) 9

COMPONENTES

- Soportes de eje 2
- Bobinas de alambre de cobre 2
- Soporte de batería 1
- Mitades de armadura 2
- Eje de motor 1
- Base del polo de campo 1
- Alambres (cepillos) 2
- Conmutador 1
- Base del motor 1
- Polo de campo 1
- Un pedazo de tubo de plástico 1

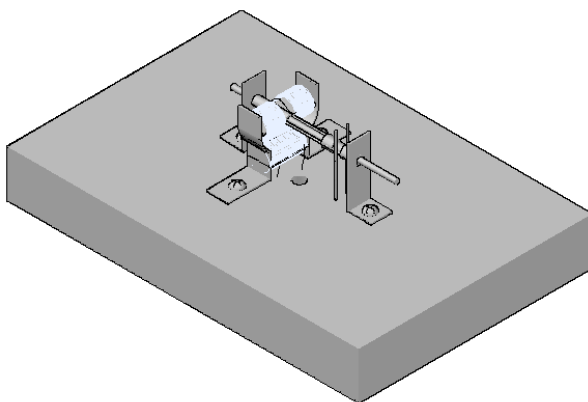
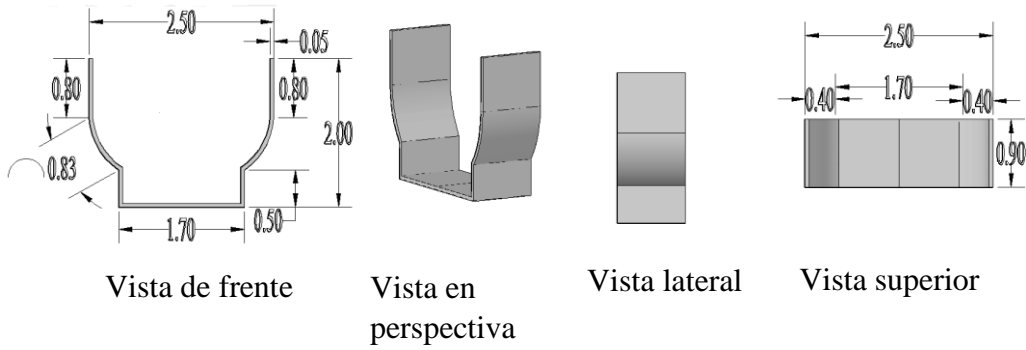


Figura 4.1. Motor con su base.

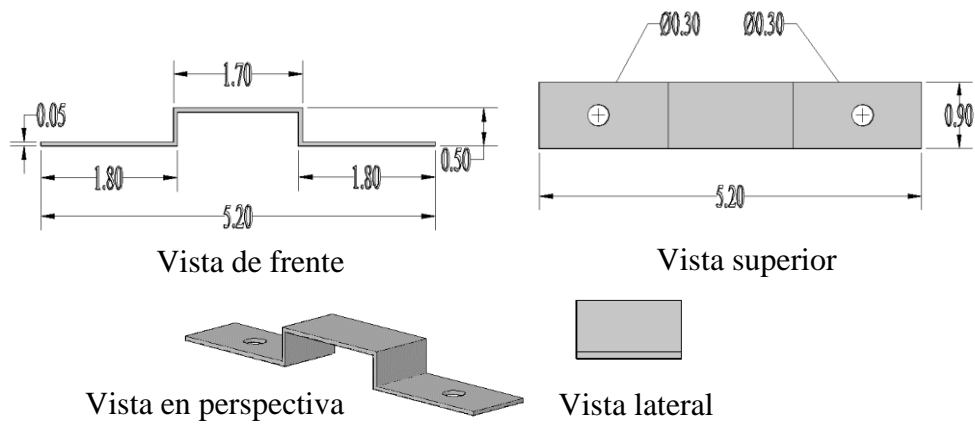
COMPONENTES

Las medidas que se dan son en cm.

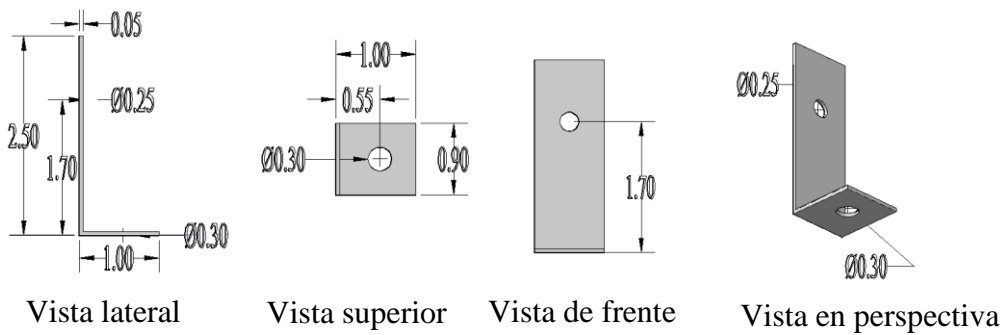
Polo de campo



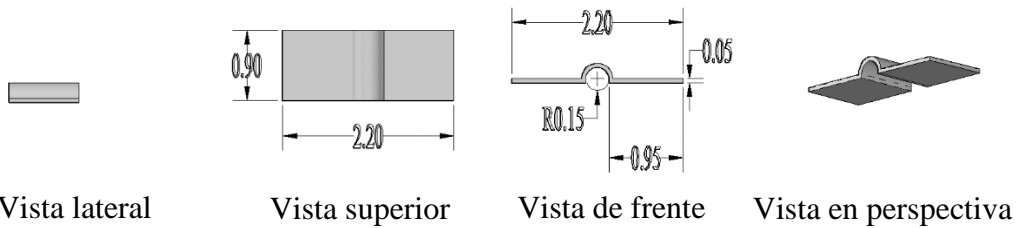
Base del polo de campo



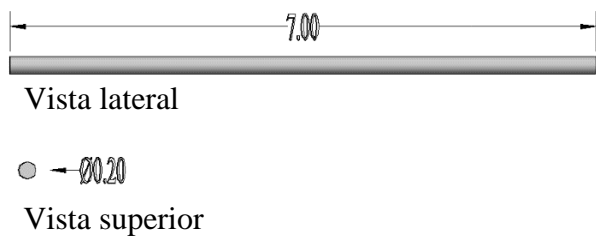
Soporte de eje (2 piezas)



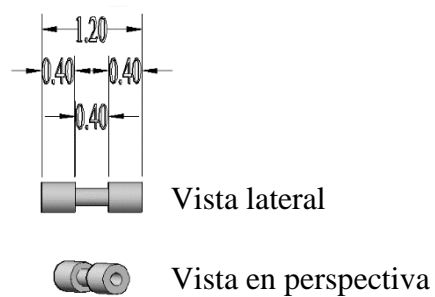
Mitades de armadura (2 piezas)



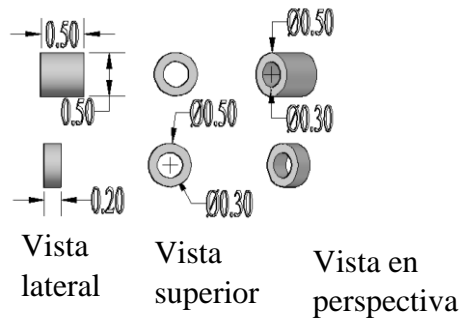
Eje de motor



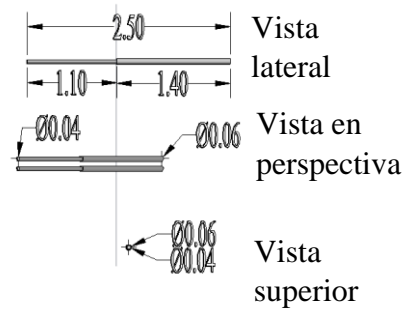
Conmutador



Tubos de plástico, como separadores o aislantes (2 piezas)



Cepillos o escobillas (2 piezas)



Tornillos

4 Tornillos para los soportes



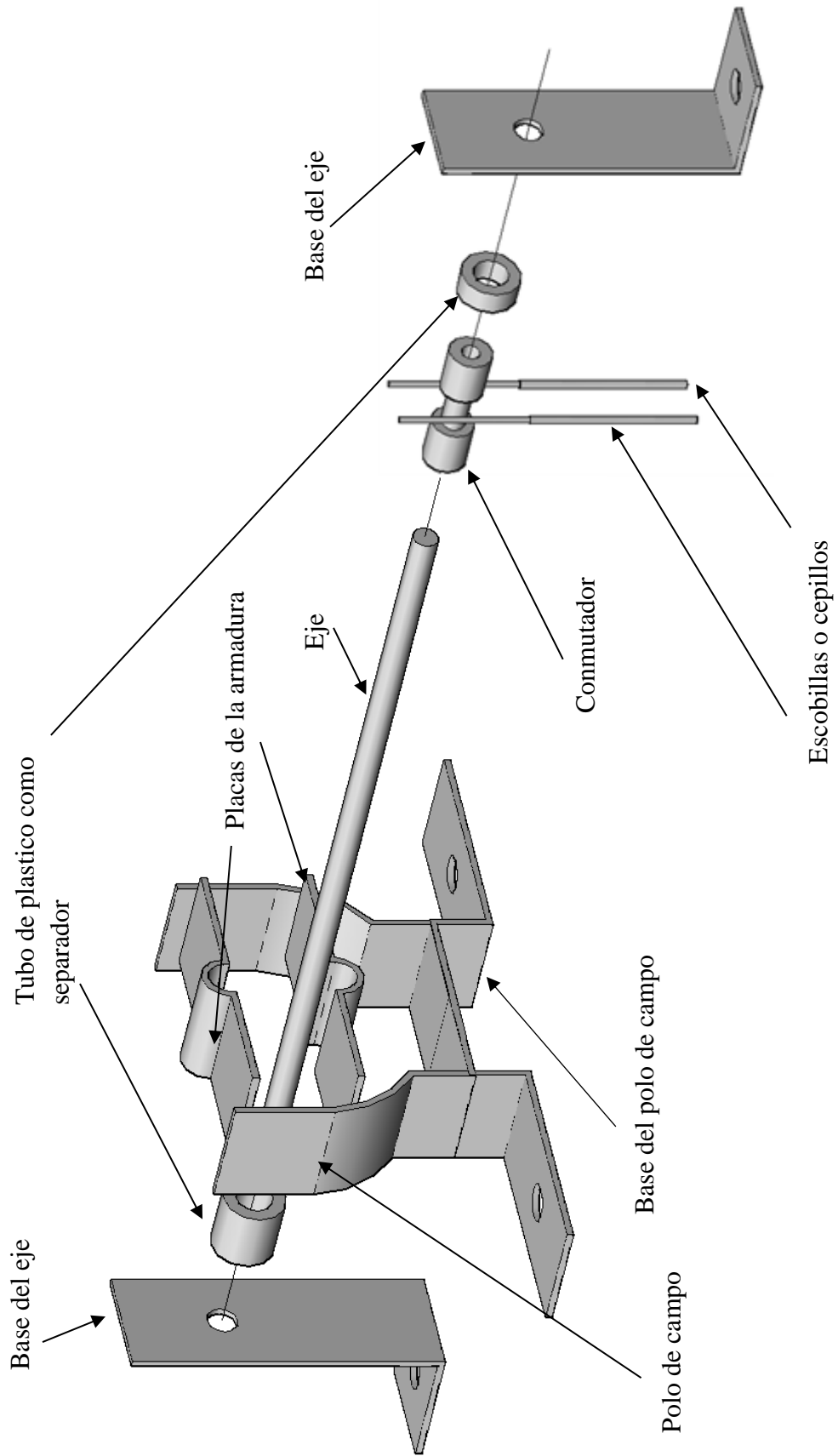


Figura 4.2 . Despiece del motor.

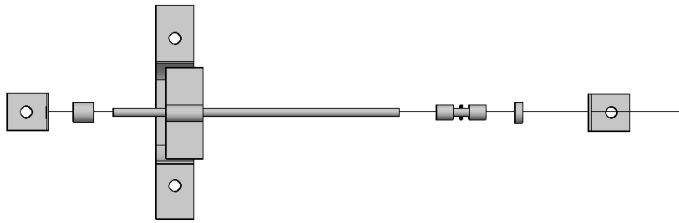


Figura 4.3. Despiece del motor en vista desde arriba.

ARMADO DEL MOTOR

El alambre de cobre tiene un recubrimiento. Usando papel de lija limpiar el revestimiento de aislamiento de la parte indicada abajo. Limpiar completamente.

Paso 1: Bobina de campo.

- Unir el polo de campo con su base. Antes de empezar a enrollar el alambre dejar 6 cm libres al inicio. Hacer las vueltas apretadas y lo más juntas posible a lo largo de la superficie y regresando por encima de la espiral anterior dando un total de 70 a 100 vueltas. Al terminar de enrollar el alambre dejar otros 6 cm libres.

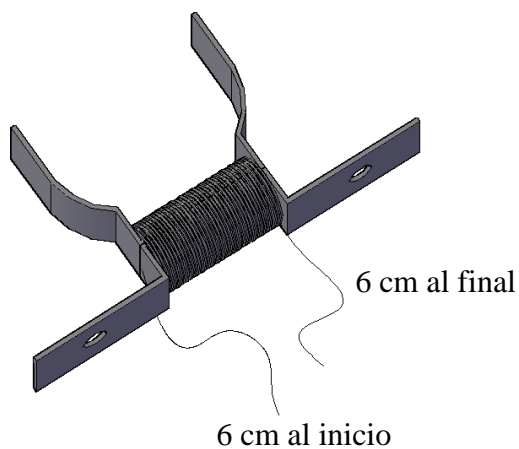


Figura 4.4. Bobina de campo.

- Raspar 1 cm de aislamiento de cada extremo del alambre de cobre.

Paso 2: Armadura

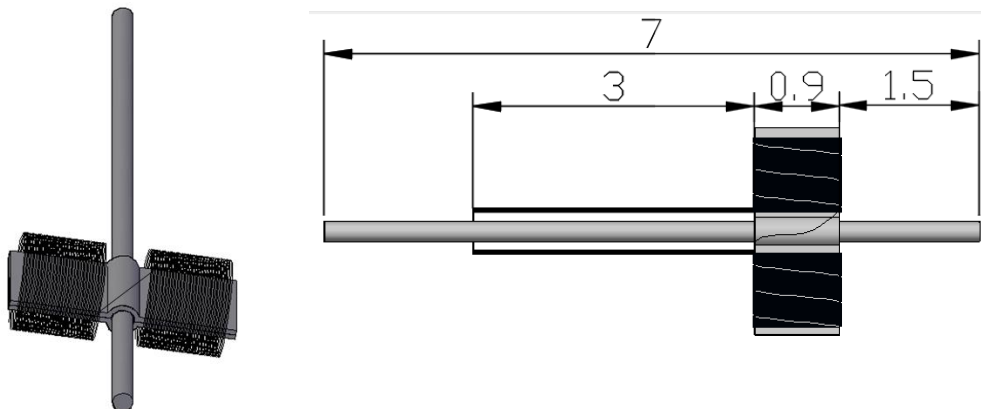


Figura 4.5. Vista en perspectiva y vista superior de la armadura montada en el eje.

-Coloque el eje del motor en entre las dos mitades de la armadura, es recomendable poner soldadura de estaño o pegamento para que estén fijas. Véase figura 4.5.

- Dejando 3 cm de alambre libre al inicio y al final, envuelva el alambre. Enrollar alrededor de 30 vueltas y cruzar al otro lado dando otras 30 veces en ese lado. Los devanados siempre van en el en la misma dirección y siempre aproximadamente la misma cantidad de devanados en cada lado. Para mejores resultados, enrollar el alambre muy cerca y tan firmemente como sea posible.

Paso 3: Conmutador

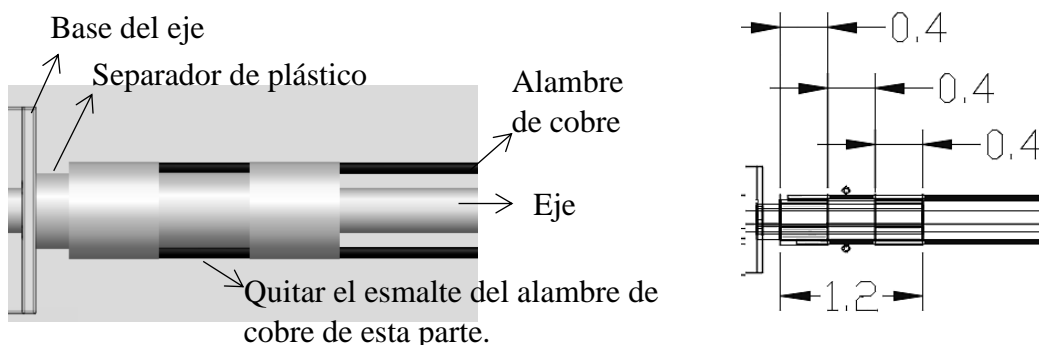


Figura 4.6. Conmutador.

Un pedazo de cinta masking tape de 1.2 cm de ancho y 3 cm de largo enrollamos en el eje. Una vez colocada procedemos a poner el alambre que se extiende desde la armadura y los

sujetamos con dos tiras de masking, 0.4 cm de ancho y 3 cm de largo cada una, con un espacio de 0.4 cm entre ellas. Ver como referencia para las distancias en el eje figura 4.8

Paso 4: Base del motor.

Base de madera de 15 cm de largo por 10 cm de ancho y una altura de 2cm. Por la parte de abajo hay una perforación en forma circular de 5.5 cm de diámetro y una profundidad de 1 cm para las conexiones entre la fuente de voltaje y el motor.

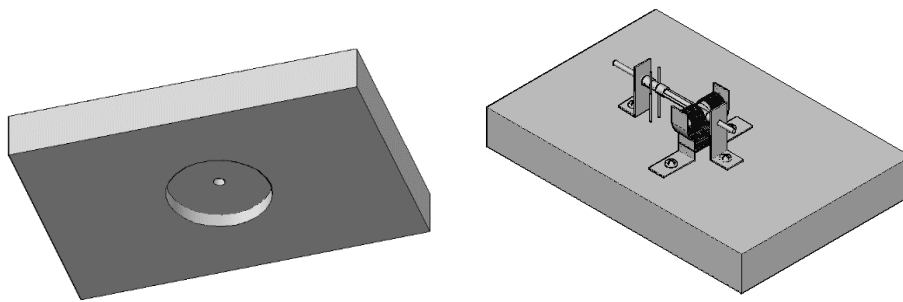


Figura 4.7. Base del motor.

Paso 5: Montaje del motor

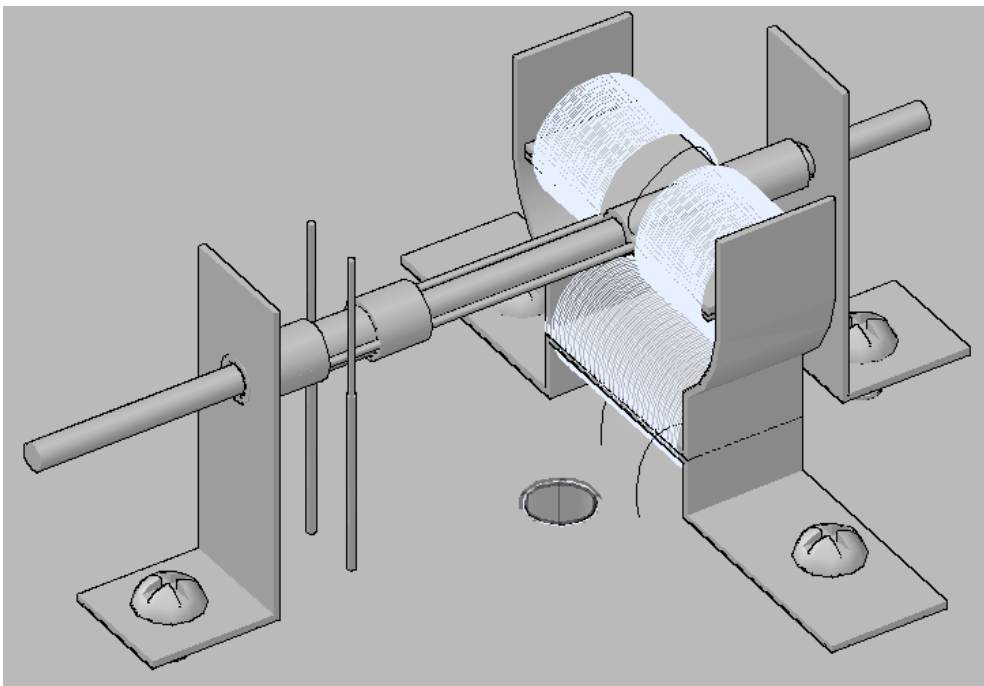


Figura 4.8. Motor ya instalado.

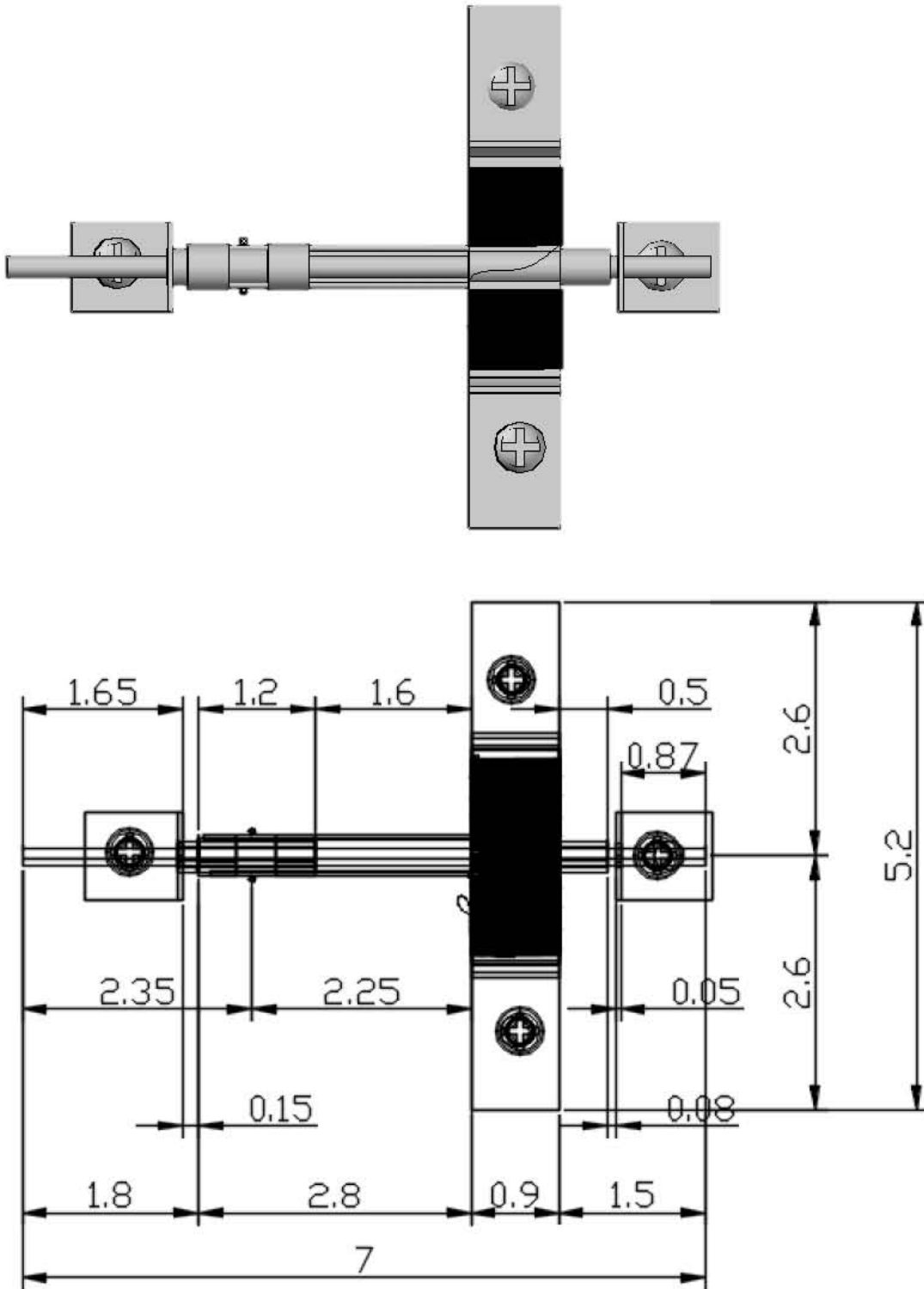


Figura 4.9. Distribución del eje en el motor, las medidas son en cm.

-Poner la bobina de campo sobre la base de madera al inicio de la perforación que se hizo de 5 cm de diámetro por debajo, marcar los cuatro orificios (para los dos tornillos de la base de campo, los dos alambres de inicio y final de la bobina) como esta en la figura 4.10.

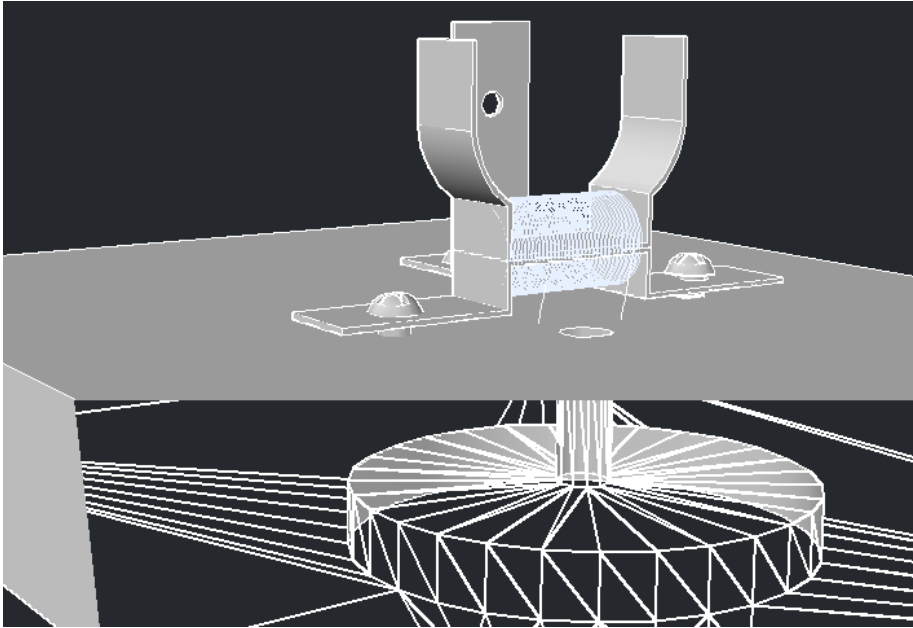


Figura 4.10. Bobina de campo.

-Cuando ya está fija la bobina de campo colocar un soporte del eje y poner la bobina de la armadura; verificar que no rosa con el polo de campo al girar, nivelar de modo que gire libremente. Marcar donde estará el orificio del tornillo y fijamos el soporte del eje, realizar lo mismo con el otro soporte. Figura 4.11.

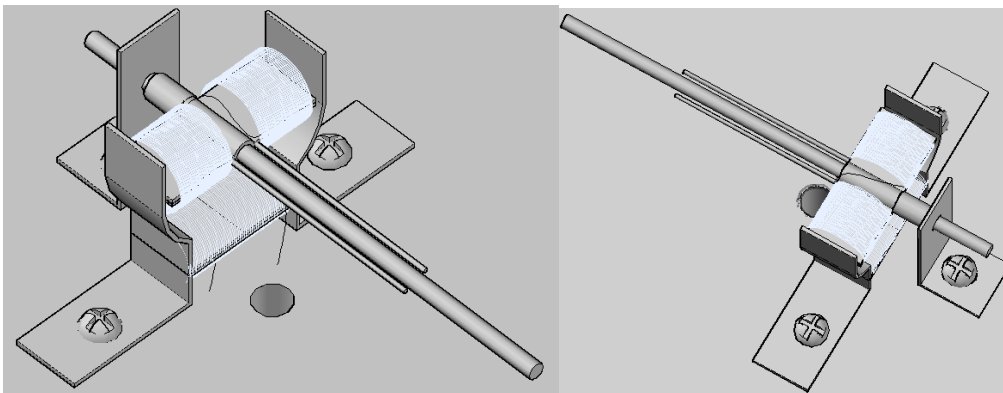


Figura 4.11. Colocación de la armadura.

-Para los cepillos hay que hacer las perforaciones de modo que estén verticalmente en dirección al conmutador. En la figura 4.9 esta su ubicación.

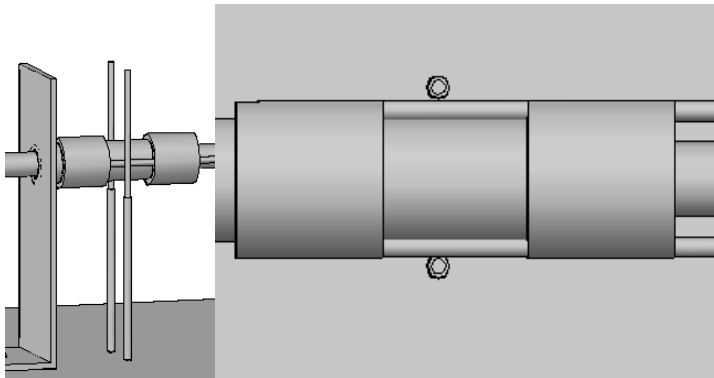


Figura 4.12. Posición de los cepillos.

Paso 6: Diagrama de conexiones

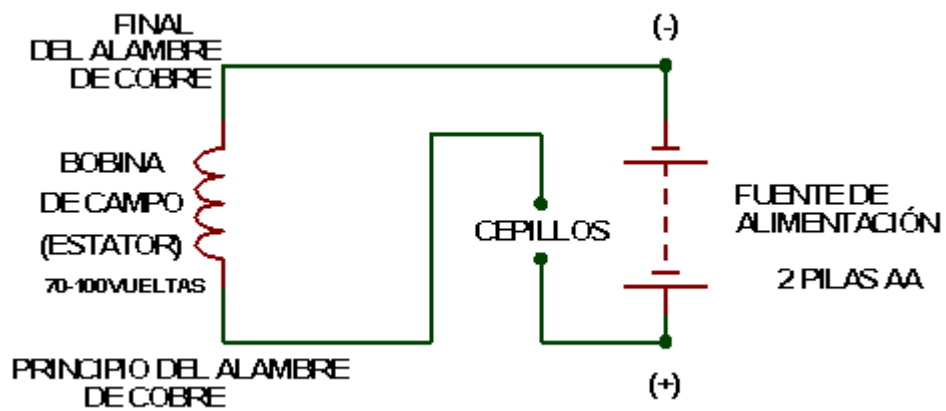


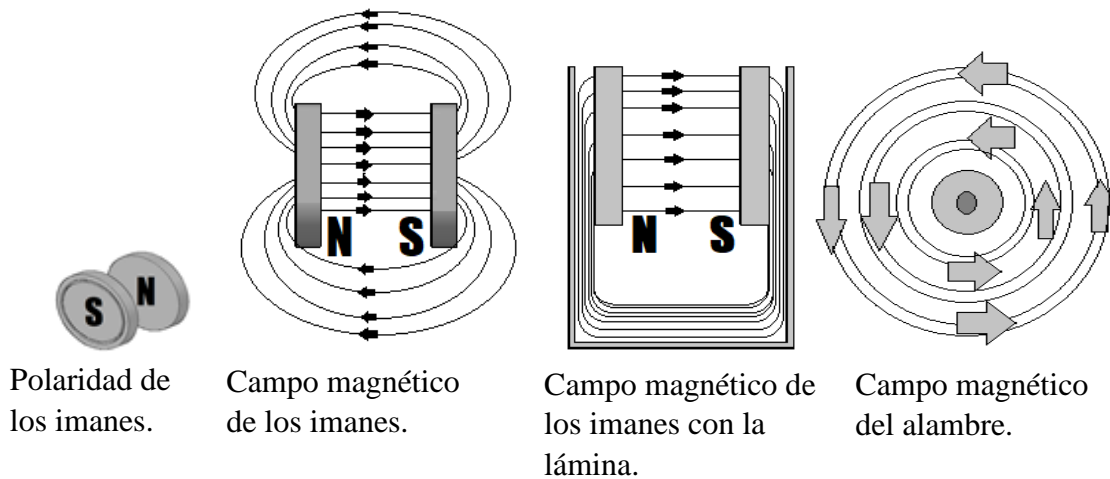
Figura 4.13. Diagrama de conexiones.

RECOMENDACIONES

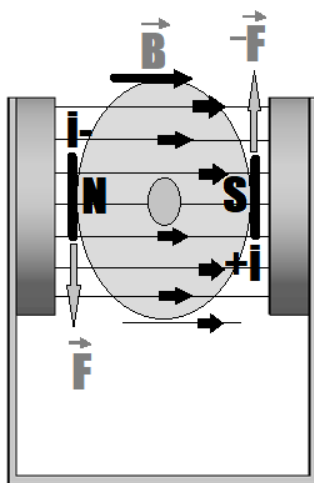
- Usar el multímetro para verificar continuidad. Las pequeñas chispas entre los cepillos y conmutador indican un circuito completo.
- Al girar a mano el eje para darle impulso al motor, se puede sentir resistencia de la armadura. Si es así, invertir la dirección (o invertir la batería para hacer girar el motor en esa dirección).
- Verificar todas las conexiones eléctricas. ¿Se raspa el aislamiento del alambre de cobre? Lugares para comprobación:
Ambas puntas de la armadura, las que pasan través del conmutador y hacen contacto con los cepillos; las puntas de la bobina de campo.
- ¿El eje gira libremente a mano? Si no puede hay que recortar los separadores de plástico. Si el polo del campo interfiere con la rotación de la armadura hay que doblarlo suavemente fuera del camino.
- ¿La batería está nueva? Intentar con más voltaje, una batería de 9v.
- ¿Hacen contacto ambos cepillos con el conmutador ligeramente? Ajustar por prueba y error.
- Usar una gota ocasional de aceite entre el eje y sus soportes.
- Puede que se tenga que doblar el campo de polo para acercarlo al montaje de la armadura. Deben estar tan cerca como posible sin tocarse.

3.1.5 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 5 FUNCIONAMIENTO

Hay dos campos magnéticos diferentes en el motor, uno producido por los imanes y el otro producido por la corriente eléctrica que fluye a través del alambre de cobre. La presencia de la lámina concentra el campo.



Los dos imanes, uno frente al otro, producen un campo magnético uniforme en el espacio entre ellos. El campo está dirigido desde el lado norte hacia al sur. En el alambre hay un campo magnético producido por la corriente eléctrica. Las líneas de inducción son círculos concéntricos con el alambre.



Las dos fuerzas que el campo magnético de los imanes ejerce sobre las corrientes del rotor. Hacen que el motor este girando. Estas fuerzas se llaman fuerzas magnéticas de Lorentz. La ilustración muestra un conjunto visto por un observador en la dirección del eje. Ilustra el vector del campo magnético producido por los imanes fijos (\vec{B}), las direcciones de las corrientes eléctricas en los lados de la bobina giratoria (x, y.) Y las fuerzas magnéticas aplicadas al campo en cadenas (\vec{F} y $-\vec{F}$).

MATERIAL

- 10 metros alambre de cobre esmaltado calibre 27
- Lamina de 0.5 mm o similar de espesor
- Una base donde se montara el motor
- Un eje de 2 mm de diámetro
- 20 cm de alambre para los cepillos
- Soldadura de estaño
- Cinta masking tape
- 4 Tornillos

DATOS TÉCNICOS

- Voltaje (V) 3
- Corriente (A) 1.7-3.0
- Potencia (W) 9

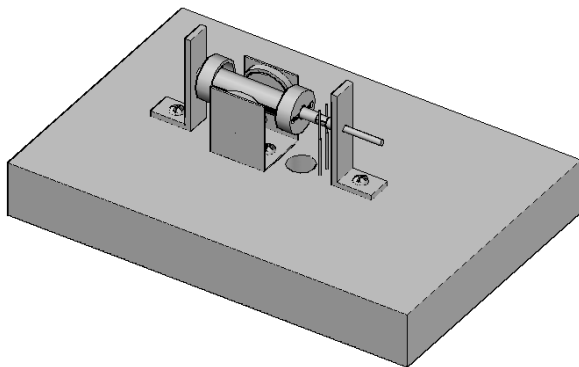


Figura 5.1. Motor con su base.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

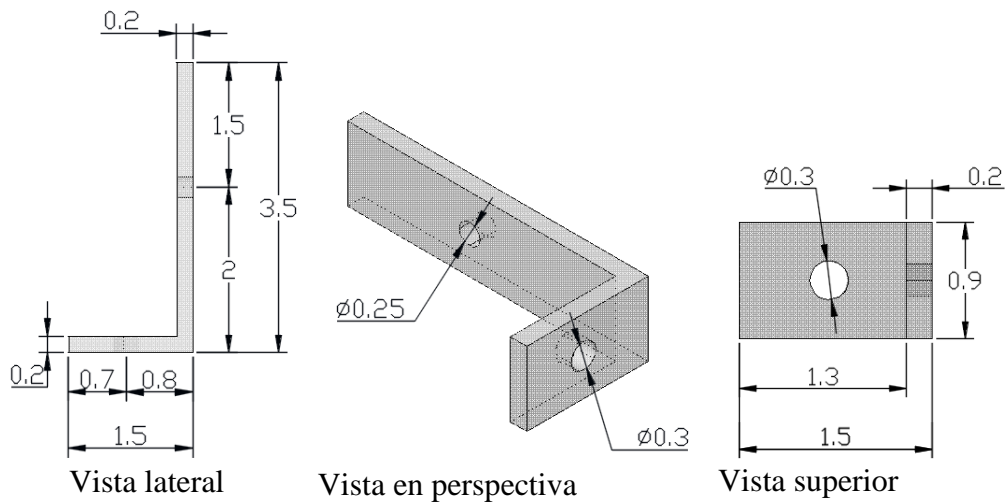
- Lija de papel y una lima
- Tijeras de metal o una segueta
- Desarmador
- Taladro con brocas
- Dos pilas AA nuevas alta calidad alcalina.
(Baja calidad muchas no generan suficiente corriente)
- Cautín (opcional con la soldadura).

COMPONENTES

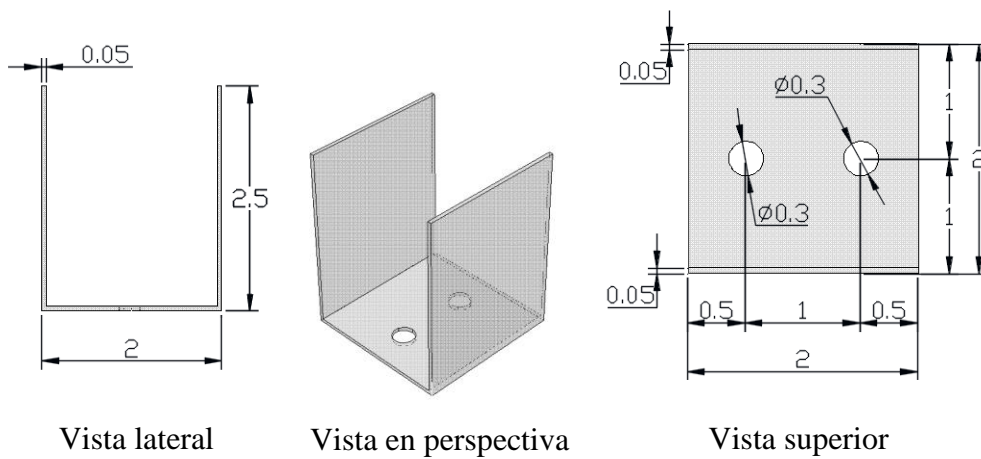
- Soportes de eje 2
- Bobina de alambre de cobre 1
- Soporte de batería 1
- Rotor 1
- Eje de motor 1
- Estator 1
- Alambres (cepillos) 2
- Conmutador 1
- Base del motor 1
- Imanes de neodimio 2
- Un pedazo de tubo de plástico 1

COMPONENTES

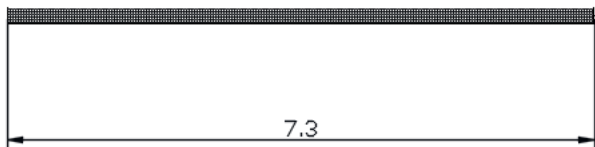
Soporte de eje (2 piezas)



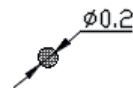
Lamina de los imanes



Eje

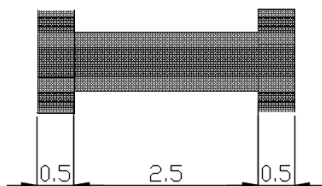


Vista lateral

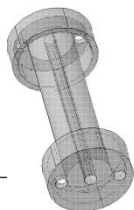


Vista en perspectiva Vista de frente

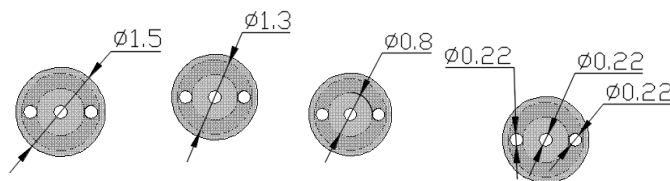
Rotor



Vista lateral

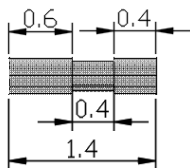


Vista en perspectiva



Vista de frente, diámetros del rotor.

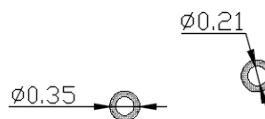
Conmutador



Vista lateral

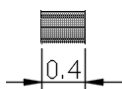


Vista en perspectiva



Vista de frente

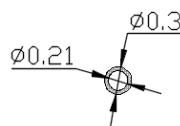
Tubo de plástico



Vista lateral

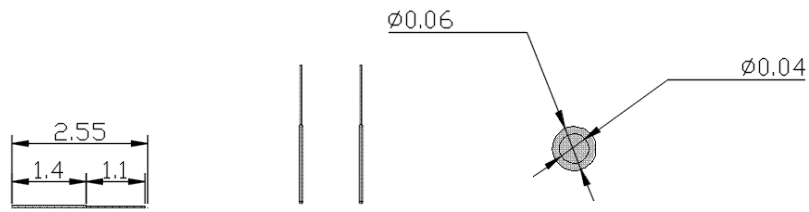


Vista en perspectiva



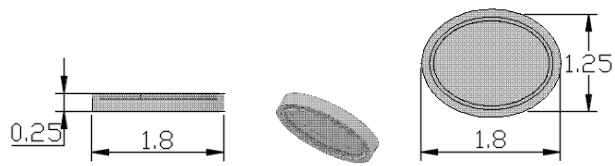
Vista de frente

Cepillos (2 piezas)



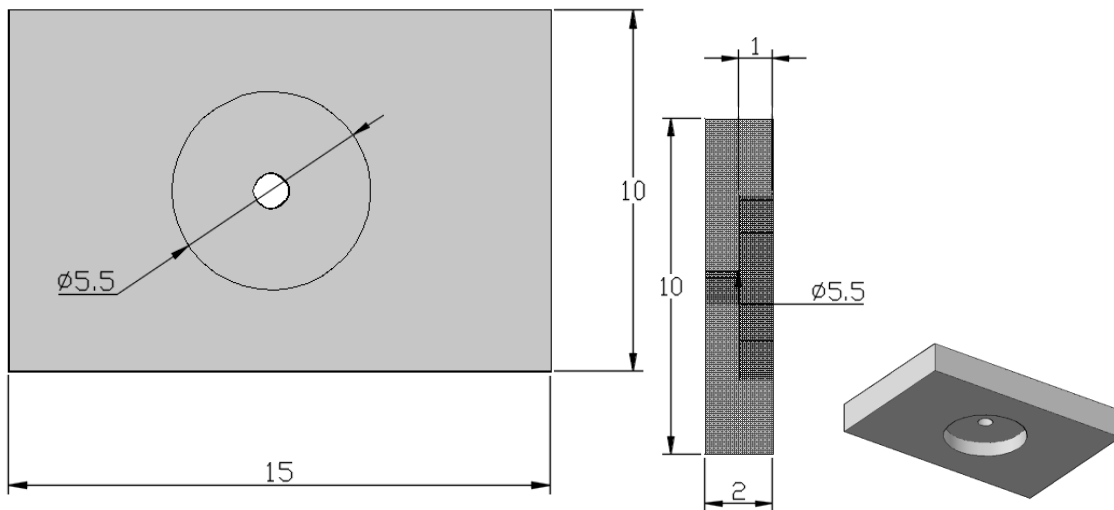
Vista lateral Vista en perspectiva Vista superior ampliada

Imanes (2 piezas)



Vista lateral Vista en perspectiva Vista superior

Base de madera



Vista inferior

Vista lateral Vista en perspectiva

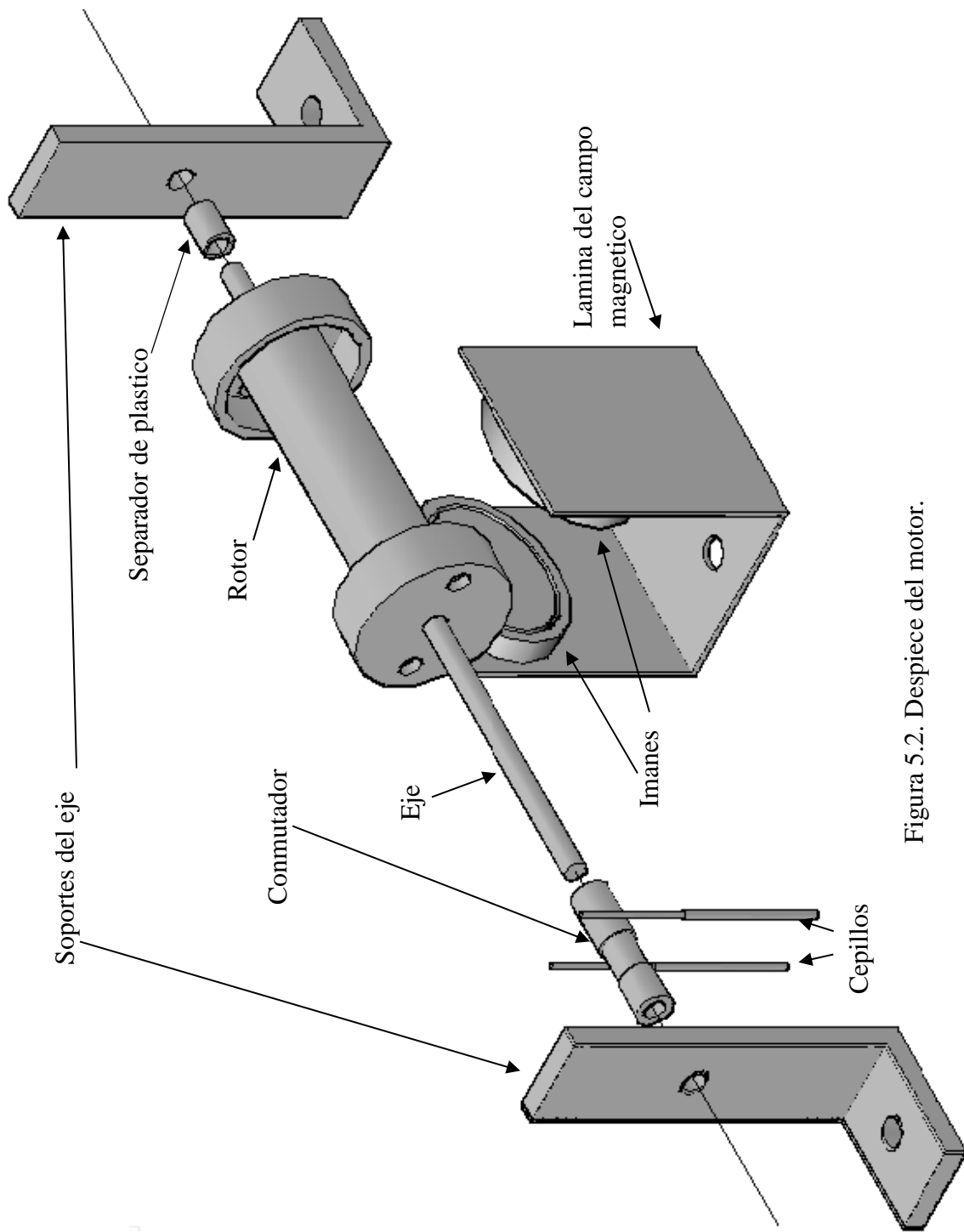


Figura 5.2. Despiece del motor.

ARMADO DEL MOTOR

Paso 1: Bobina y conmutador.

- Unir rotor, eje, y separadores de plástico. El rotor tiene que estar fijo al eje. Ver figura 5.2

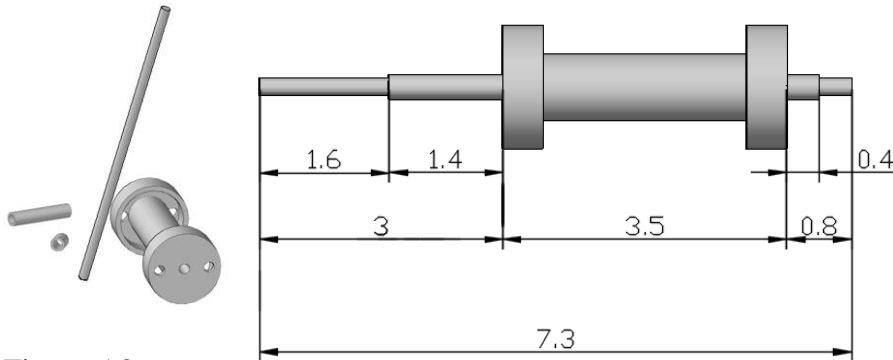


Figura 5.2.

Antes de empezar a enrollar el alambre dejar 1.4 cm libre al inicio. Hacer las vueltas apretadas, lo más juntas posible a lo largo de la superficie del rotor y regresando por encima dando un total de 14 a 16 vueltas. Al terminar de enrollar el alambre dejar 1.4 cm libre; quitar el esmalte de los extremos, aproximadamente 0.8 cm, para colocar el conmutador.

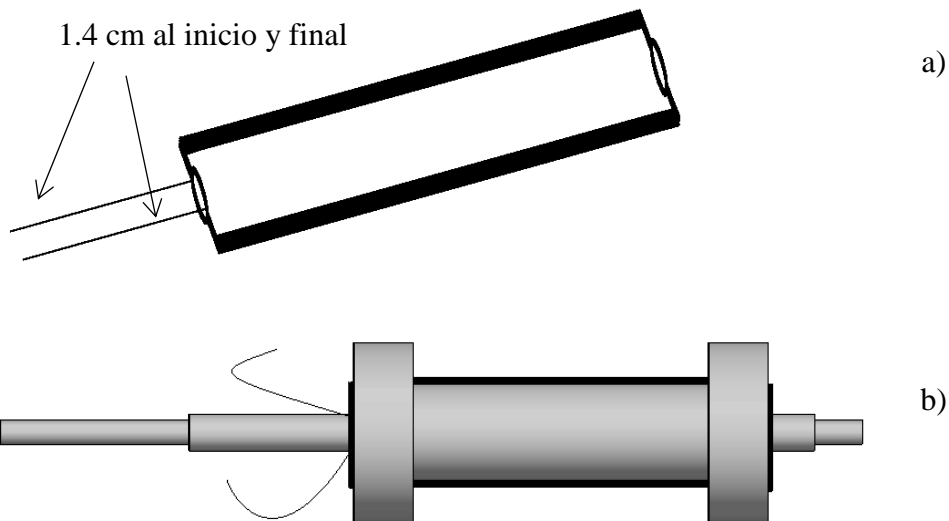


Figura 5.3. Bobina. a) Vista en perspectiva y b) vista superior ya instalada.

El conmutador esta formado por un tubo de plastico de 1.4 cm de longitud (puede ser un pedazo de cinta masking tape de la misma medida del tubo y 3 cm de largo enrollado en el eje). Una vez colocado procedemos a poner el alambre que se extiende desde la bobina y los sujetamos con dos tiras de masking, 0.4 cm de ancho y 3 cm de largo cada una, con un espacio de 0.4 cm entre ellas. Ver como referencia la figura 5.4.

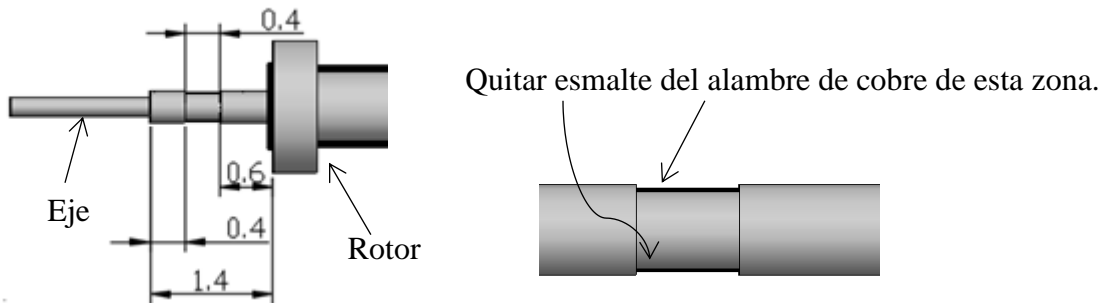


Figura 5.4. Conmutador. Vista superior.

Paso 2: Imanes y placa de campo.

Los imanes estarán pegados en la placa con los polos de la siguiente manera:

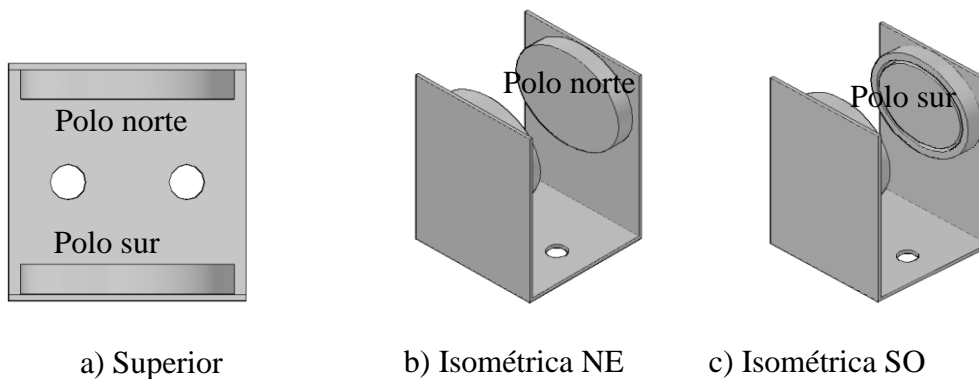


Figura 5.4. Vistas de la placa y los imanes.

Paso 3: Base del motor.

Base de madera. La perforación en forma circular de 5.5 cm de diámetro con profundidad de 1 cm es para las conexiones entre la fuente de voltaje y el motor.

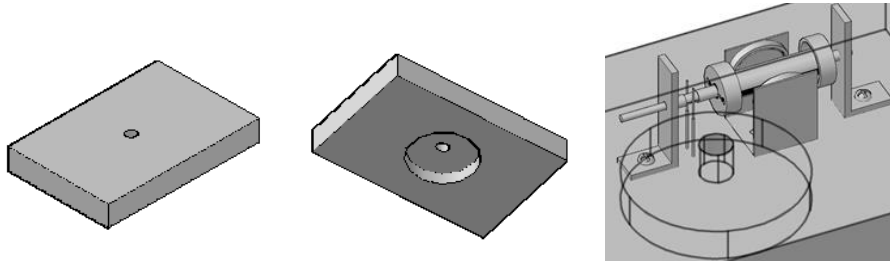


Figura 5.5. Base del motor.

Paso 4: Montaje del motor.

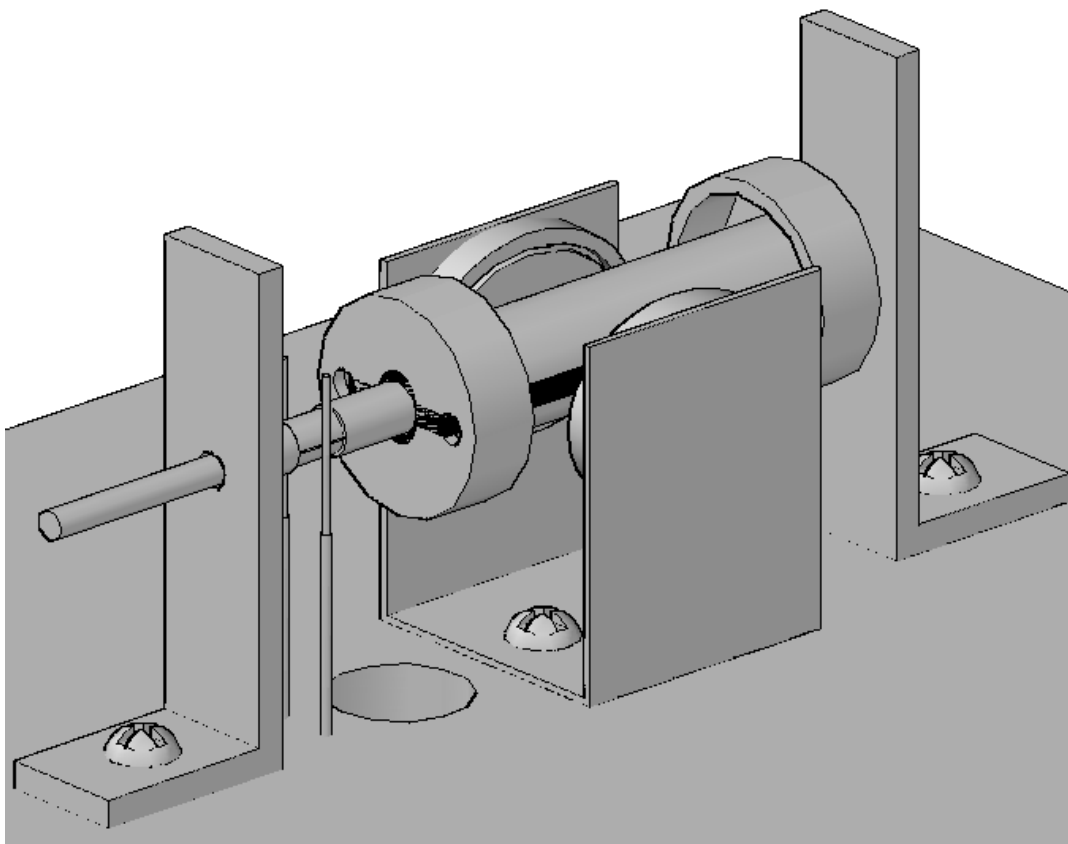


Figura 5.6. Motor armado.

-Hay que poner los soportes del eje. Verificar que gira libremente; si no es así darle la longitud correcta al separador de plástico pequeño. Figura 5.7.

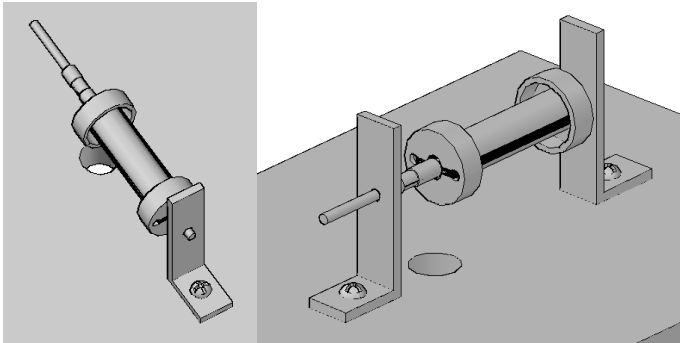


Figura 5.7. Rotor con su eje y conmutador.

-Hecho lo anterior poner la placa con los imanes de neodimio. Centrándola y marcar donde se realizará la perforación para los dos tornillos (es recomendable poner los dos para evitar movimientos). Figura 5.8.

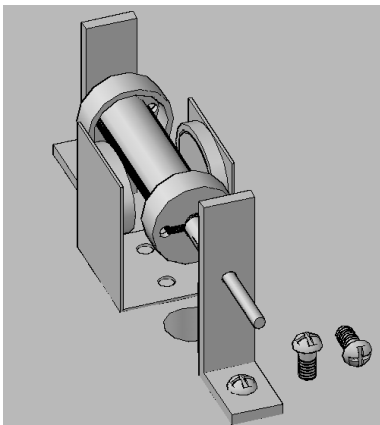


Figura 5.8. Colocación de la placa.

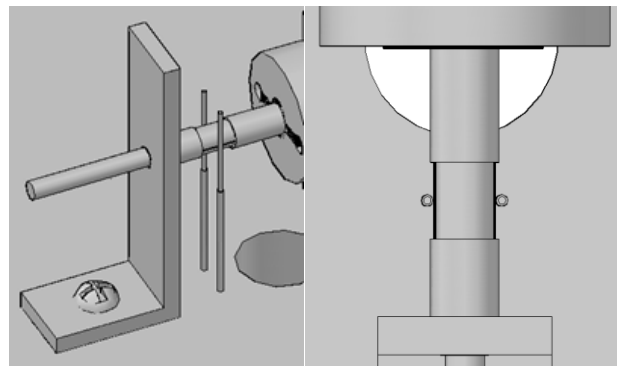


Figura 5.9. Cepillos. Vista en perspectiva y superior.

- Los cepillos estarán verticalmente en dirección al conmutador. En la figura 5.9 esta su ubicación.

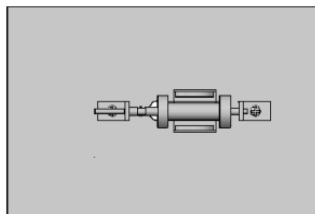


Figura 5.10. Vista superior del motor finalizado.

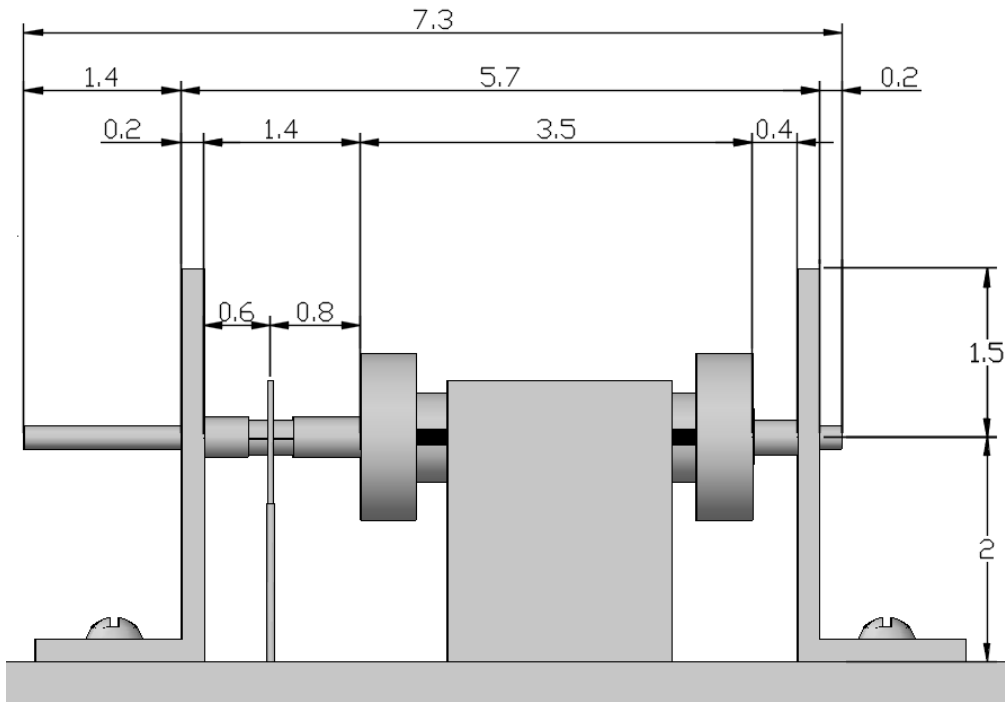


Figura 5.11. Distribución del eje en el motor, las medidas son en cm.

Paso 5: Diagrama de conexiones

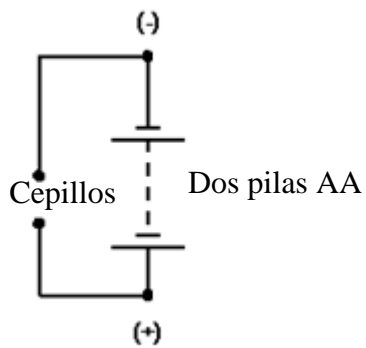


Figura 5.12. Diagrama de conexiones

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son básicamente las mismas del motor número siete con algunas modificaciones:

- Con el multímetro se puede verificar continuidad del circuito. Las pequeñas chispas entre los cepillos y conmutador indican un circuito completo.
- Al girar a mano para iniciar el motor, se puede sentir resistencia de la armadura. Si es así, invertir la dirección (o invertir la batería para hacer girar el motor en esa dirección).
- Puede que se tenga que doblar la placa con los imanes para acercarlo al montaje del rotor. Deben estar tan cerca como sea posible sin tocarse.
- Verificar todas las conexiones eléctricas. ¿Se raspa el aislamiento del alambre de cobre? Lugares para comprobación: ambas puntas de la bobina del rotor, las que pasan través del conmutador y hacen contacto con los cepillos.
- ¿El eje gira libremente a mano? Si no puede hay que recortar los separadores de plástico. Si el polo del campo interfiere con la rotación de la armadura hay que doblarlo suavemente fuera del camino.
- ¿La batería está nueva? Intentar con más voltaje, una batería de 9v.
- ¿Hacen contacto ambos cepillos con el conmutador ligeramente? Ajustar por prueba y error.
- Usar una gota ocasional de aceite entre el eje y sus soportes.

3.1.6 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.) NÚMERO 6 FUNCIONAMIENTO

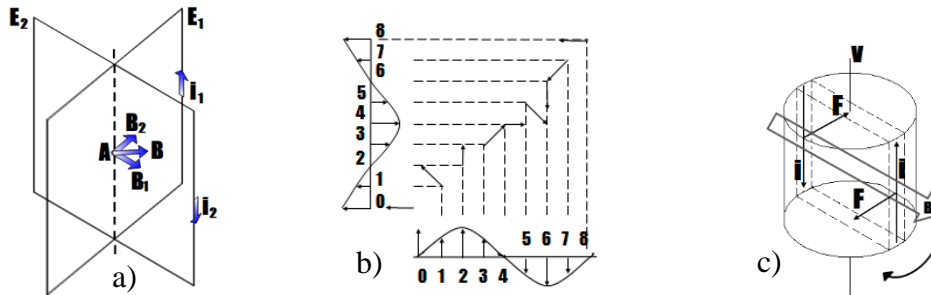


Figura a) bobinas E1 y E2 son recorridas, cuando usamos corriente alterna, por las corrientes i_1 e i_2 , desfasadas entre sí 90° . Este desfase lo produce el sistema de capacitores que está en serie con una de ellas. Este mismo desfase se produce en la formación de los campos magnéticos variables respectivas. Los componentes B1 y B2 del campo total B que se forma en el espacio comprendido en las espiras varían sinusoidalmente, pero conservándose siempre perpendicularmente a los planos de las respectivas espiras.

En la figura b) se ha representado la variación con el tiempo de B1 y B2 durante un ciclo completo. Sobre la diagonal figura la variación de la resultante B que, con módulo constante, ha cumplido una rotación de 360° en sentido horario.

Figura c). Entre las bobinas donde gira el campo B hay una jaula de forma cilíndrica de material conductor, montada sobre un eje. El campo B, esta “cortando” a las barras verticales del cilindro (ya que sus líneas de fuerza cambian continuamente de dirección) induce en ellas corrientes i perpendiculares a B y a su desplazamiento, lo que produce la aparición de fuerzas F, perpendiculares a esas corrientes y a V, es decir produciendo una rotación en el mismo sentido en que lo hace el campo.

Cuando utilizamos corriente continua, esta recorre un asola bobina, ya que la otra tiene en serie los capacitores, que no permiten su paso. La bobina por la cual circula corriente produce un campo fijo B. Si el rotor está girando, aparecen en él corrientes inducidas, las que originan fuerzas que actúan en sentido contrario al del movimiento, y se portan como un freno, deteniéndolo en pocos segundos

MATERIAL

- Alambre de cobre calibre 24 esmaltado
- Lamina de 0.5 mm de espesor
- Una base donde se montara el motor
- Un eje de 2 mm de diámetro
- 2 capacitores de $1000\mu F$ a 50V
- Soldadura de estaño
- Cinta masking tape o de aislar.
- 4 Tornillos
- Transformador monofásico entrada 127V y salida 6V a 3A
- Un interruptor

HERRAMIENTAS NECESARIAS

- Lija de papel y una lima
- Tijeras de metal o una segueta
- Desarmador
- Taladro con brocas
- Cautín y soldadura de estaño (grasa de soldar).
- 2 moldes para hacer las bobinas.
- Regla

DATOS TÉCNICOS

- Voltaje (V) 6
- Corriente (A) 3
- Velocidad (RPM) 3000
- Potencia (W) 18

COMPONENTES

- Soporte de eje 1
- Bobinas de alambre de cobre 2
- Rotor 1
- Eje de motor 1
- Armadura 1
- Base del motor 1
- Base del motor 1

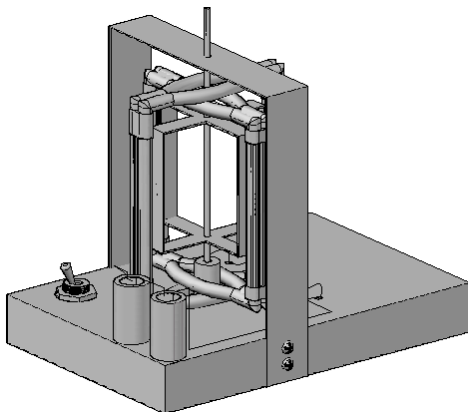
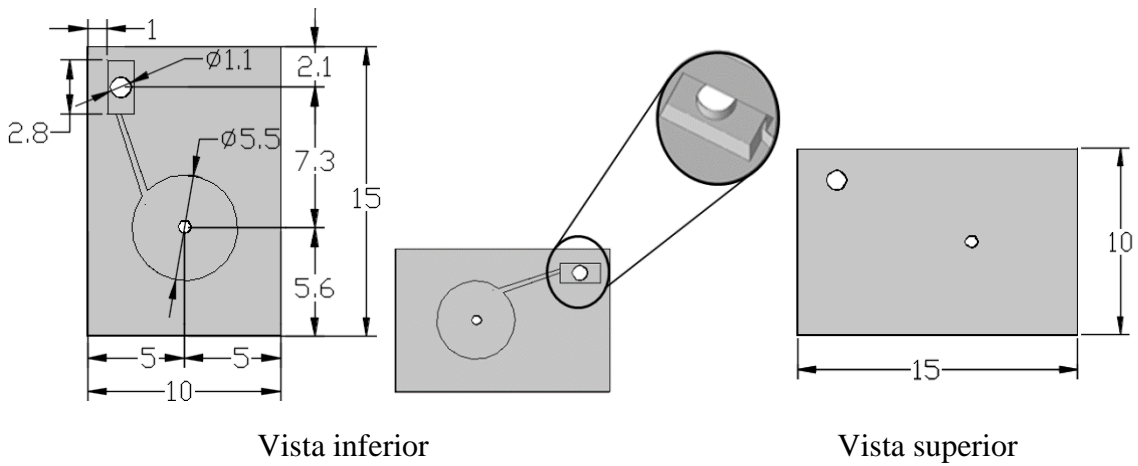
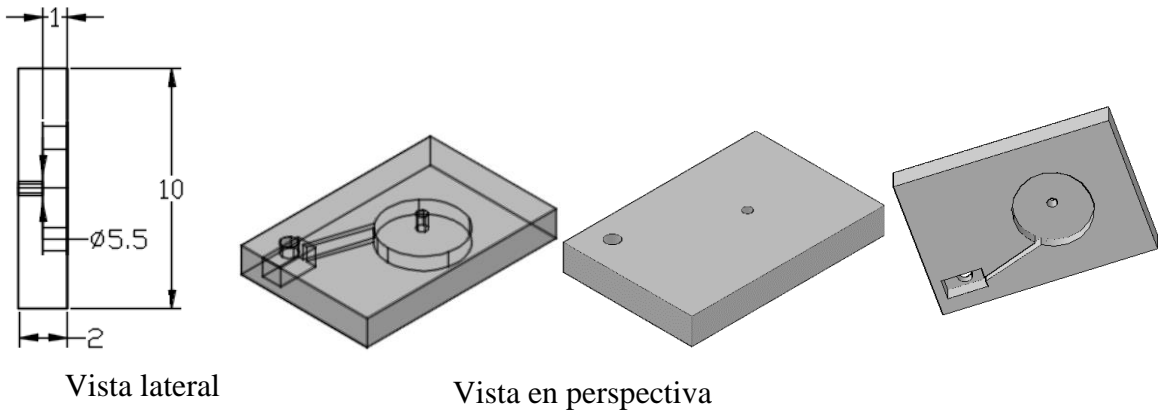


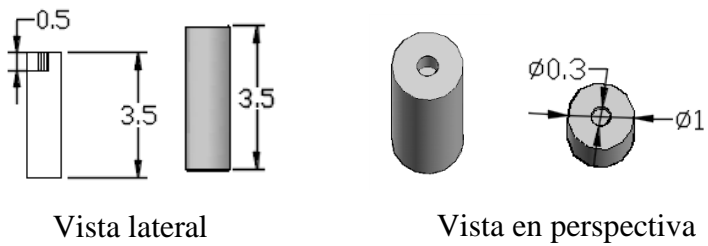
Figura 6.1. Motor con su base.

COMPONENTES

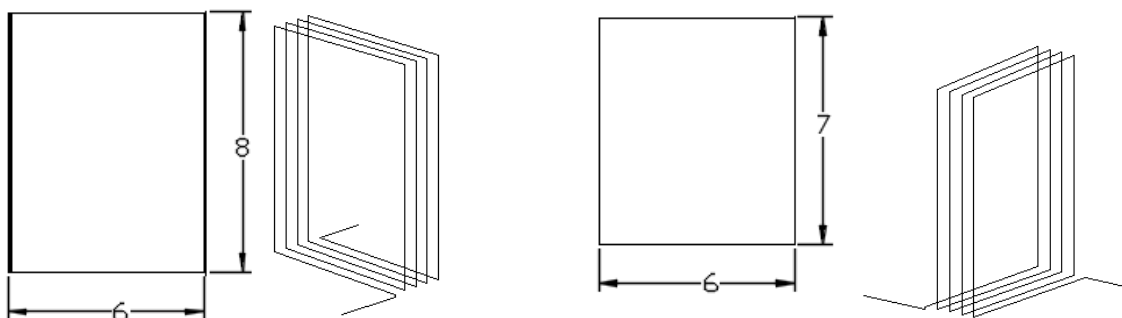
Base del motor



Soporte de eje

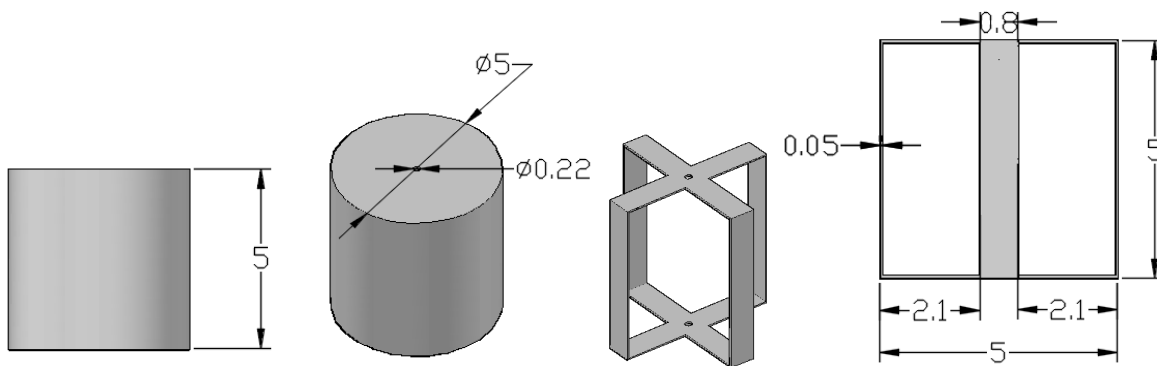


Bobinas de alambre de cobre



Bobina E1. Vista frontal y en perspectiva Bobina E2. Vista frontal y en perspectiva

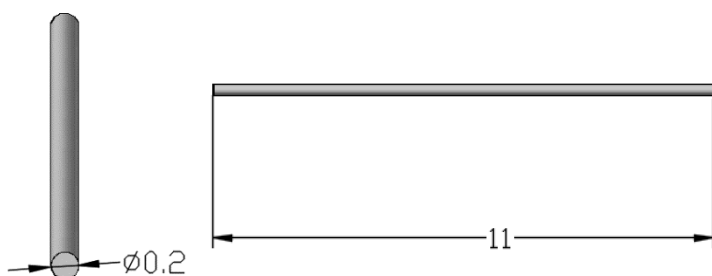
Rotor



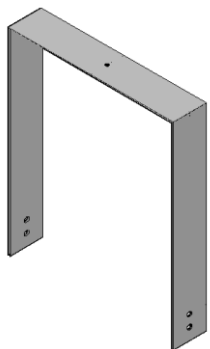
Rotor. Opción 1

Rotor. Opción 2

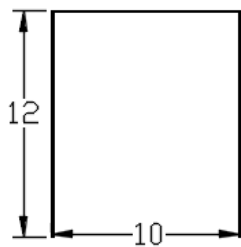
Eje de motor



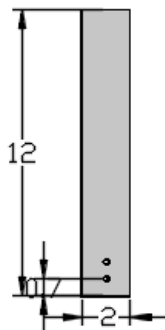
Armadura



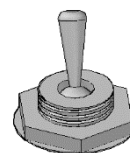
Vista en perspectiva



Vista frontal



Vista lateral



Interruptor

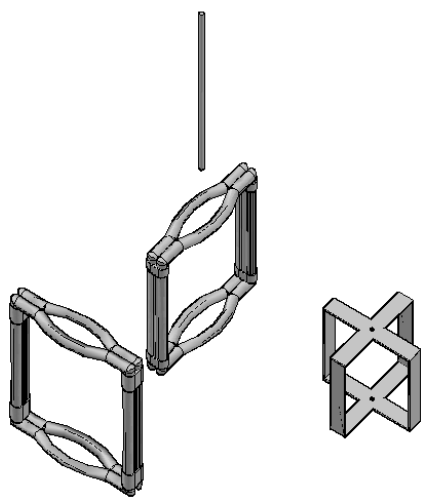


Figura 6.2. Bobinas, eje y rotor por separado.

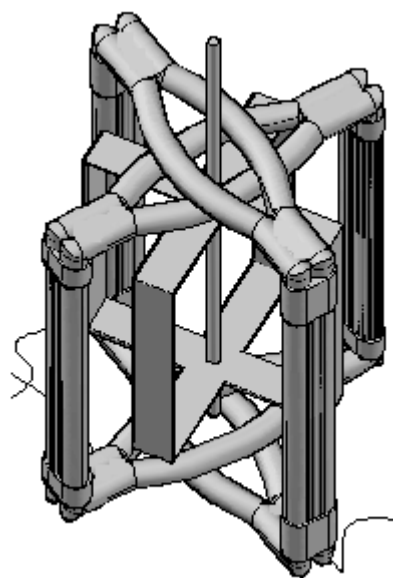


Figura 6.3. Bobinas, eje y rotor ensamblados.

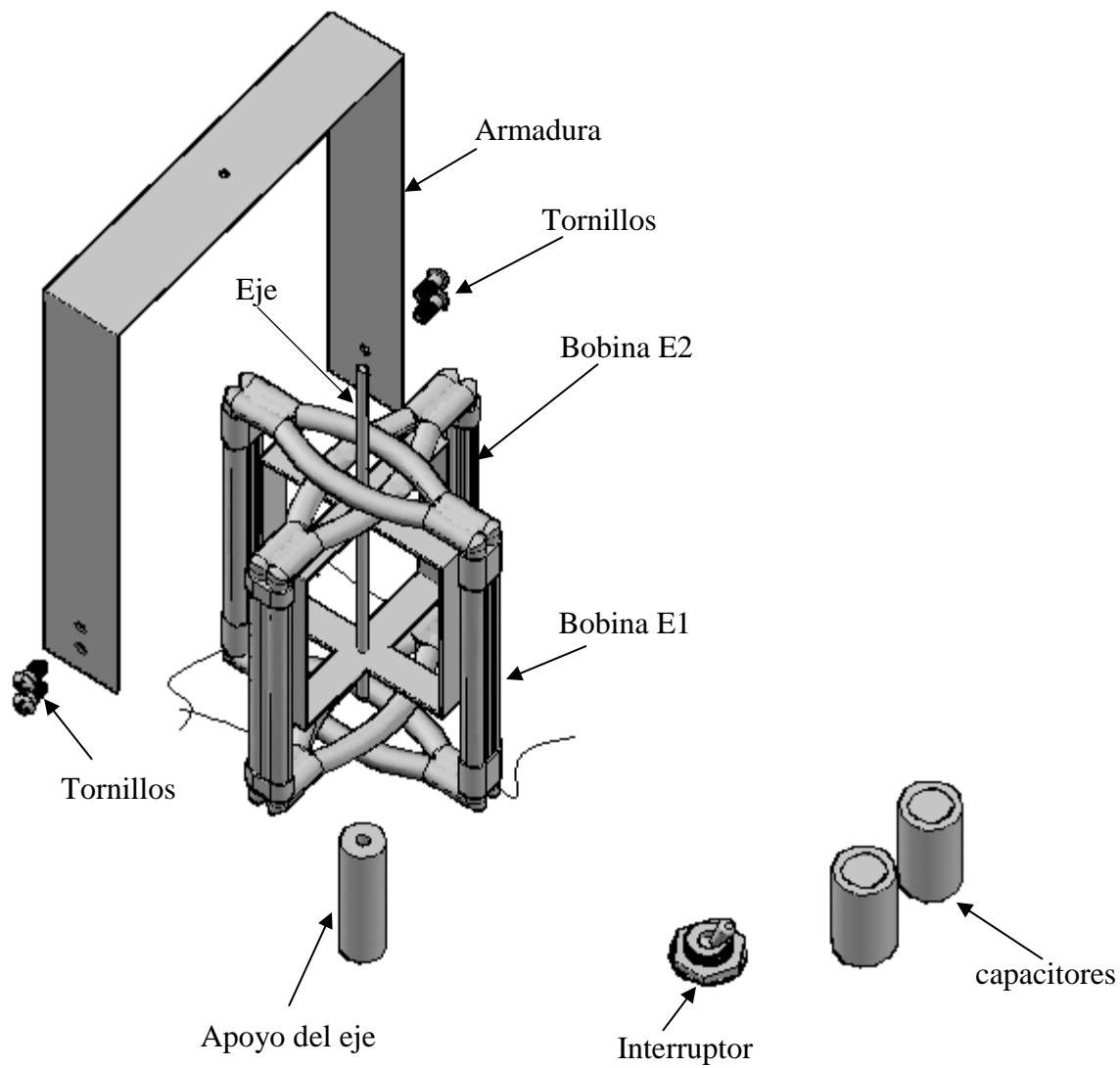


Figura 6.4. Despiece del motor.

ARMADO DEL MOTOR

Paso 1: Rotor y eje.

-El rotor puede tener forma cilíndrica o como se muestra en la figura 6.5. El eje va soldado al rotor.

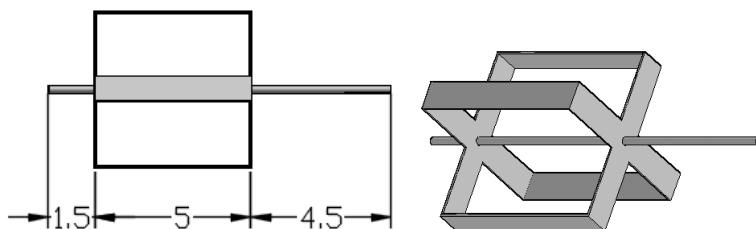


Figura 6.5. Armado del rotor. Vista lateral y en perspectiva.

Paso 2: Bobinas.

Para un acabado óptimo utilizar moldes desarmables de madera de 6*8 cm para la bobina E1, y de 6*7 cm para la bobina E2.

E1 tiene 100 espiras, E2 130 espiras. Se acomodan en cruz con el rotor colocado dentro, amarrándolas para mantenerlas fijas. Hay que evitar el contacto entre ellas usando cinta aislante.

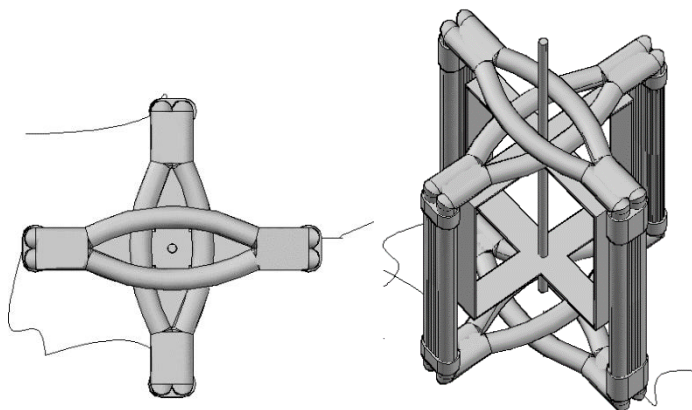


Figura 6.6. Armado de las bobinas y rotor. Vista superior y en perspectiva.

Paso 3: Base de madera, apoyo del rotor y armadura.

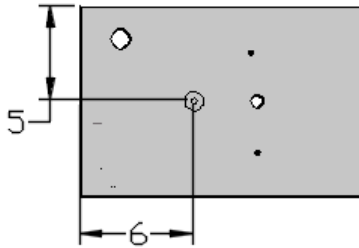


Figura 6.7. Ubicación del apoyo del rotor en la base.

El apoyo del rotor es de hierro o aluminio. La armadura puede ser también de éstos materiales.

Paso 4: Montaje del motor

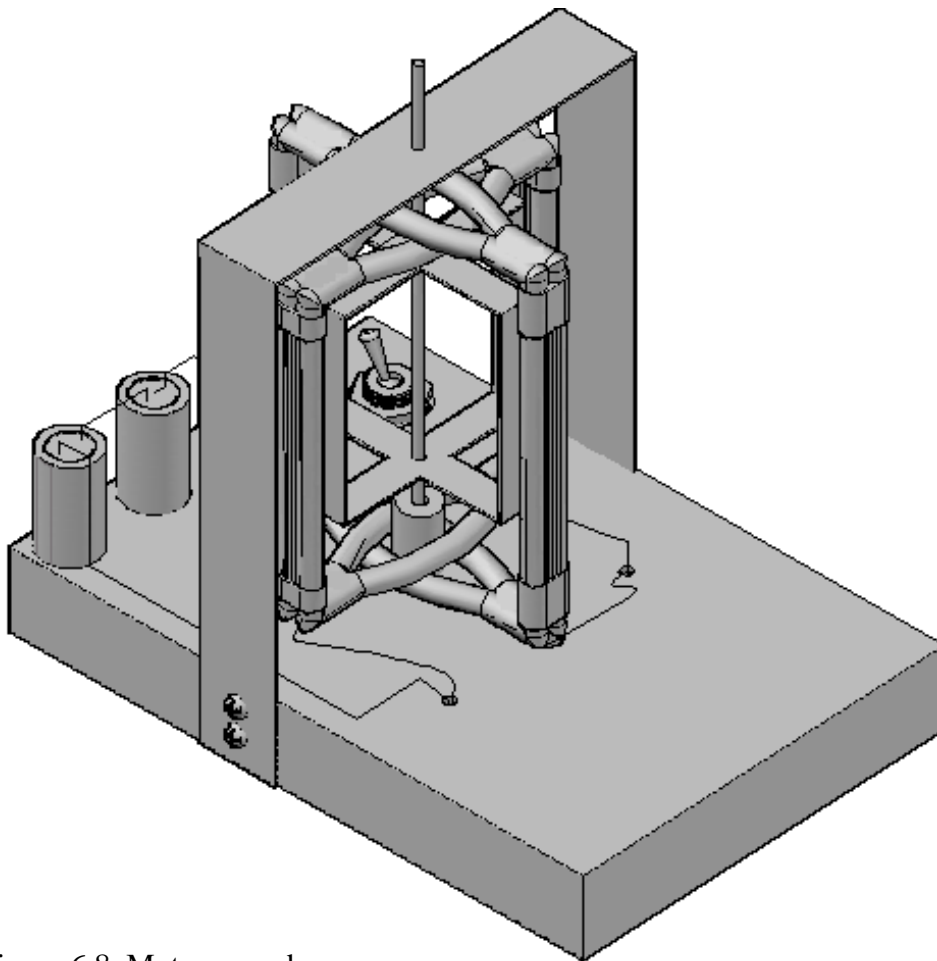


Figura 6.8. Motor armado.

-Primero poner el apoyo del rotor. La ubicación está en la figura 6.7.

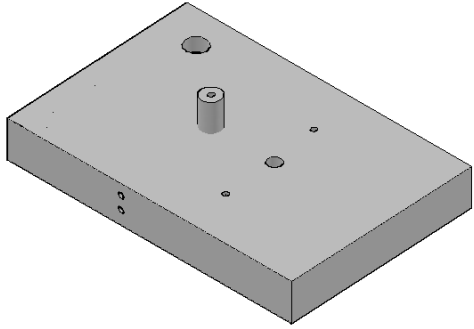


Figura 6.9. Base y apoyo del rotor.

-Después colocar las bobinas y rotor como están en la figura 6.10 amarrándolas a la base para que estén fijas, los capacitores hay que pegarlos. En la figura 6.11 se muestra su posición de la armadura.

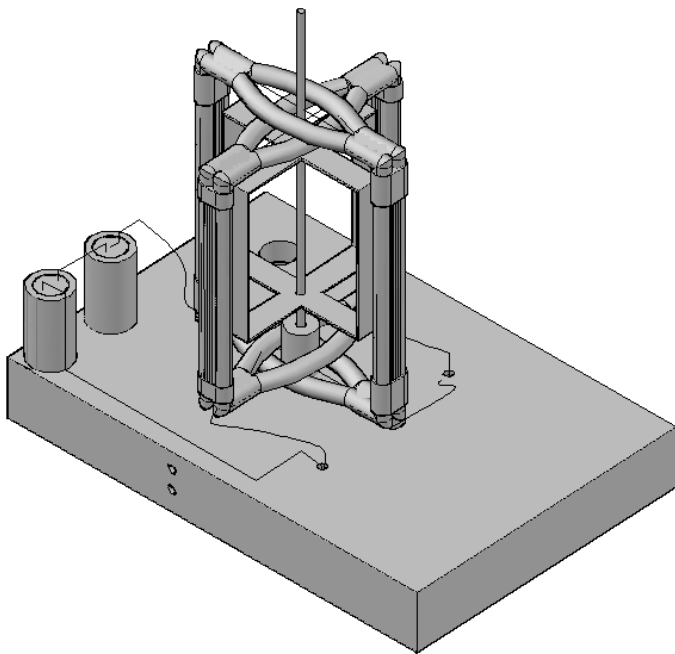


Figura 6.10. Montaje de bobinas y rotor.

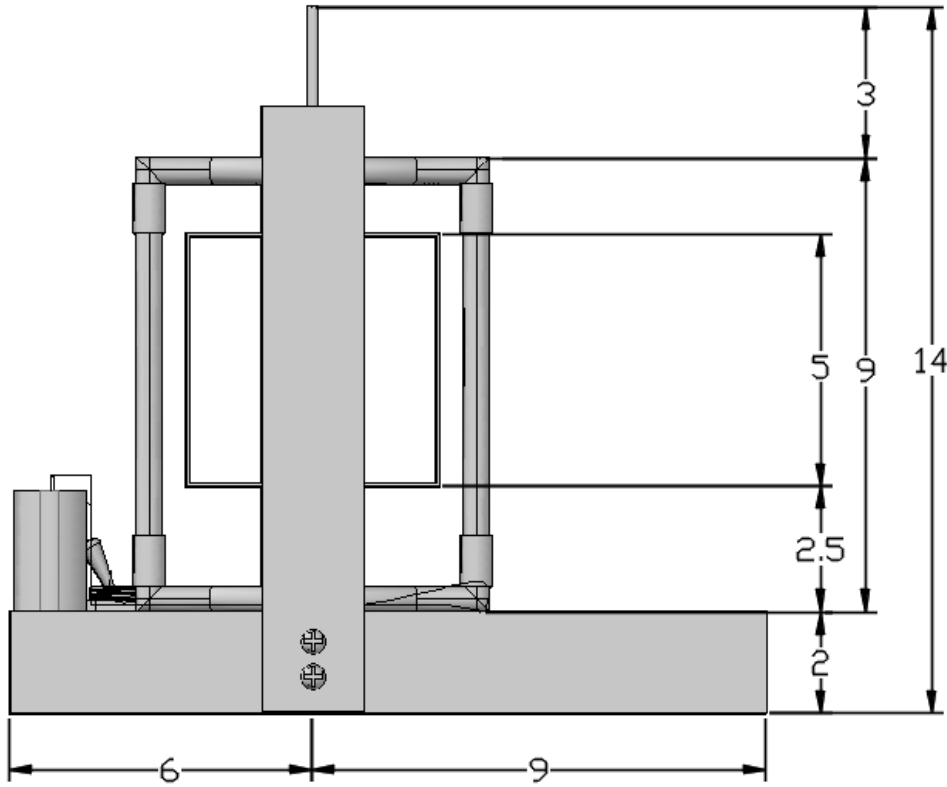


Figura 6.11. Distribución del motor, las medidas son en cm

Paso 6: Diagrama de conexiones

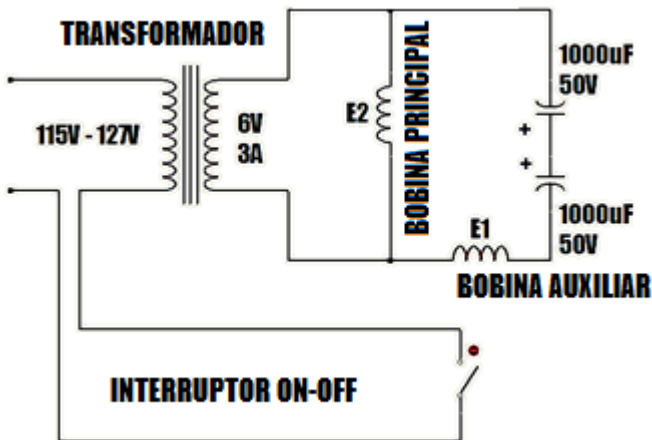


Figura 6.12. Diagrama de conexiones.

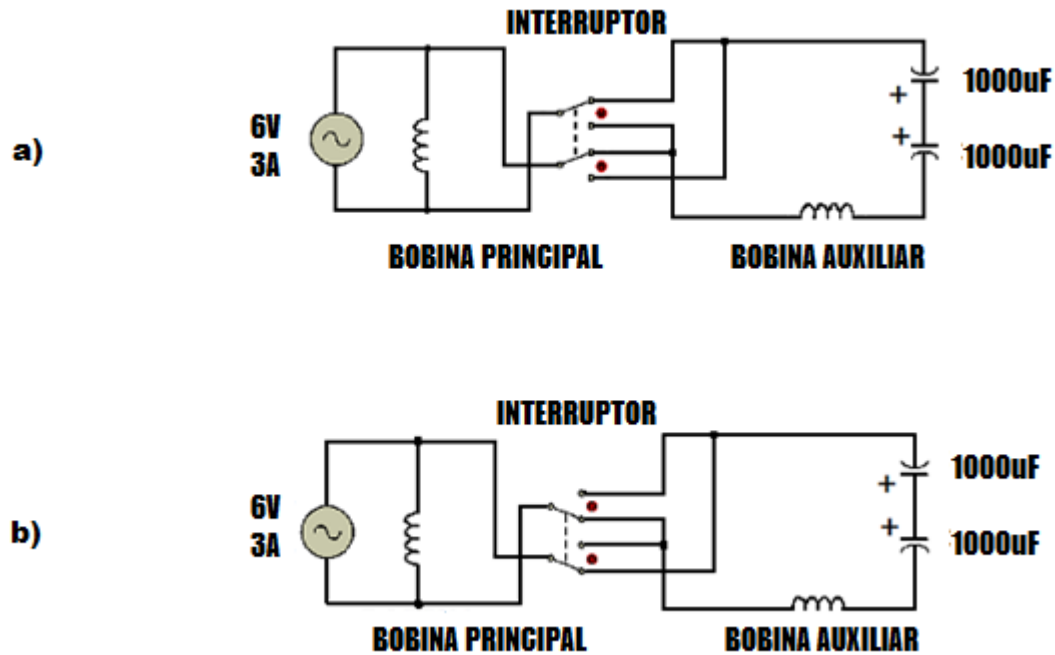


Figura 6.13. Diagrama de conexiones con inversión de giro mediante un interruptor de dos polos dos vías. a) giro a la izquierda, b) giro a la derecha.

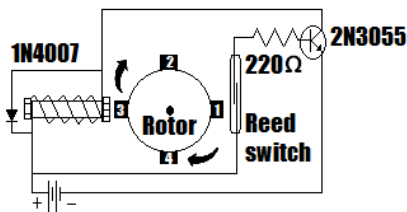
RECOMENDACIONES

- Al conectar el motor a la fuente de corriente alterna el rotor no gira o la velocidad de rotación está muy por debajo del límite teórico, 50 RPM. Desconectar la fuente y verificar:
 - Hay soldaduras defectuosas.
 - Se producen rozamientos.
 - Algún cortocircuito en el sistema.
- I1 e I2 tienen circuitos independientes, y de ello depende la existencia del campo rotante.
- Lubricar el eje.
- Evitar el calentamiento excesivo de las bobinas, manteniendo el motor en funcionamiento por periodos breves, uno o dos minutos.

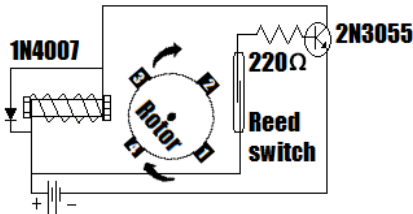
3.1.7 MOTOR DIDÁCTICO DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) NÚMERO 7

FUNCIONAMIENTO

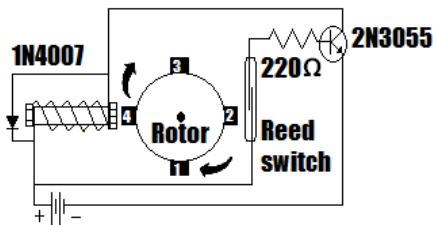
1. El imán número 1 se acerca al interruptor de láminas, los dos contactos del interior del tubo de vidrio se tocan entre sí. Una pequeña corriente fluye a través de la base del transistor. Se abre el transistor permitiendo que fluya una corriente colector emisor más grande a través del electroimán y esté a su vez repelé al imán # 3 por tener la misma carga ocasionando el movimiento de rotación.



2. Cuando el rotor gira de distancia, el interruptor de láminas se desmagnetiza y los contactos se mueven de nuevo a su posición original. Puesto que no hay más corriente que fluye a través de la base, el transistor se apaga. Esto desactiva el electroimán.



3. El rotor sigue girando por inercia hasta que el imán número 2 queda frente al interruptor de láminas que se magnetiza de nuevo y sus contactos se conectan entre sí. El transistor se abre y permite que fluya una corriente grande entre el colector y el emisor. El electroimán se enciende, y empuja el imán número 4 de distancia. Este proceso continúa hasta que se desconecta la alimentación.



MATERIAL

- 17.5m alambre de cobre esmaltado calibre 27
- Lamina de 2mm de espesor
- Una base para el motor
- Un eje de 2 mm de diámetro
- Tubo de plástico, con diámetro similar al eje
- Tornillo de 4cm de largo y 0.6cm de diámetro con su respectiva tuerca
- Soldadura de estaño
- Cinta masking tape o de aislar
- 8 Tornillos
- Tapón de corcho
- Un interruptor
- Interruptor de láminas (Reed switch)
- 4 imanes
- Placa para soldar
- Transistor 2N3055
- Resistencia de 220 Ω
- Diodo 1N4007
- Borne 2 polos

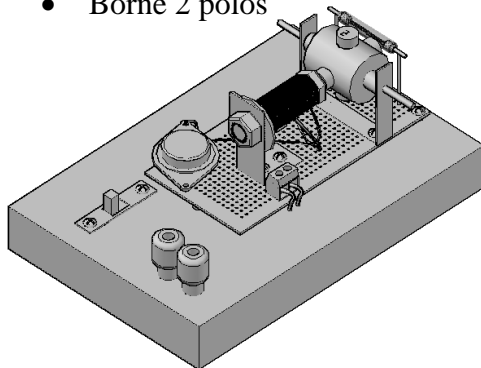


Figura7.1.Motor con su base.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

- Lija de papel y una lima
- Tijeras de metal o una segueta
- Desarmador
- Taladro con brocas
- Cautín y soldadura de estaño (grasa de soldar).
- Regla

COMPONENTES

- Soporte de eje
- Bobina de alambre de cobre
- Rotor
- Eje de motor
- Interruptor de láminas
- Base del motor
- Interruptor de encendido y apagado
- Electroimán
- Tornillo

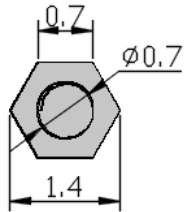
DATOS TÉCNICOS

Voltaje	(V)	24
Corriente	(A)	1.0-1.5
Potencia	(W)	36

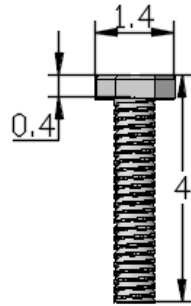
COMPONENTES

Electroimán

Tornillo



Vista frontal

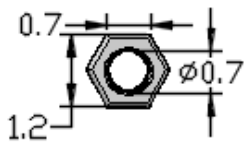


Vista lateral

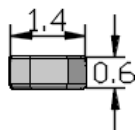


Vista en perspectiva

Tuerca



Vista frontal

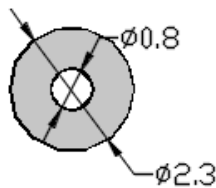


Vista lateral

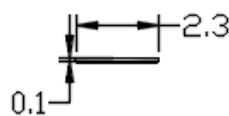


Vista en perspectiva

Rondana plana



Vista superior

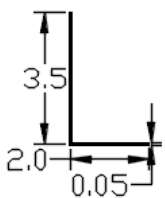


Vista lateral

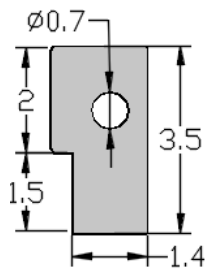


Vista en perspectiva

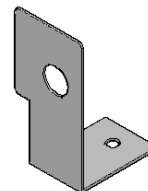
Base del electroimán



Vista lateral



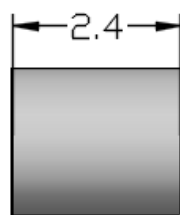
Vista frontal



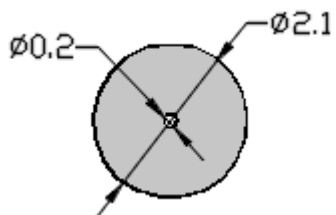
Vista en perspectiva

Rotor y eje

Rotor



Vista lateral

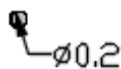
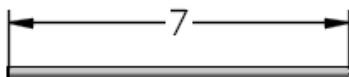


Vista frontal



Vista en perspectiva

Eje

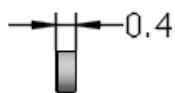


Vista frontal

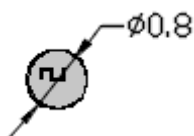


Vista en perspectiva

Imán (cuatro piezas)



Vista lateral

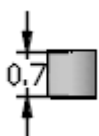


Vista frontal

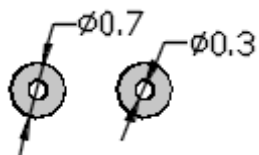


Vista en perspectiva

Separador de plástico (dos piezas)



Vista lateral

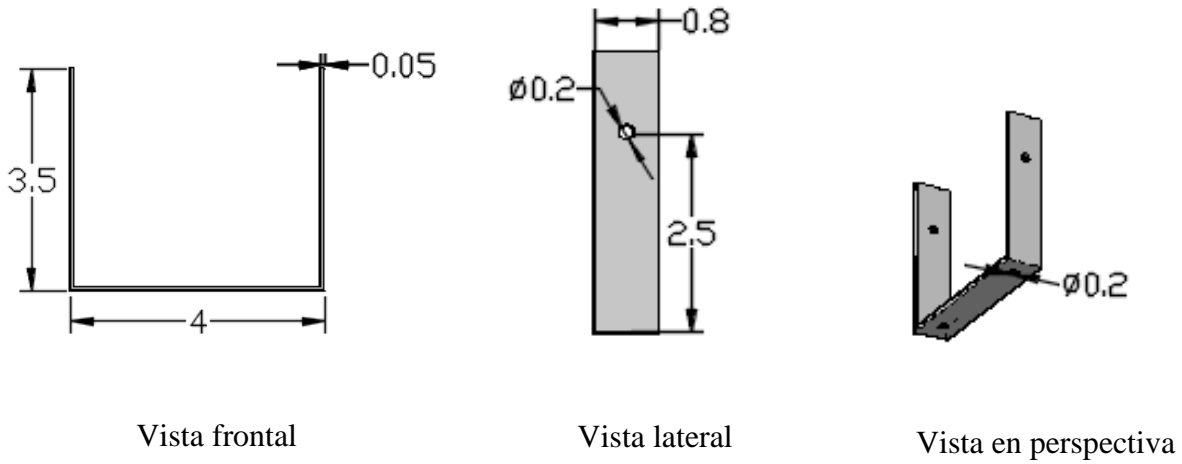


Vista frontal

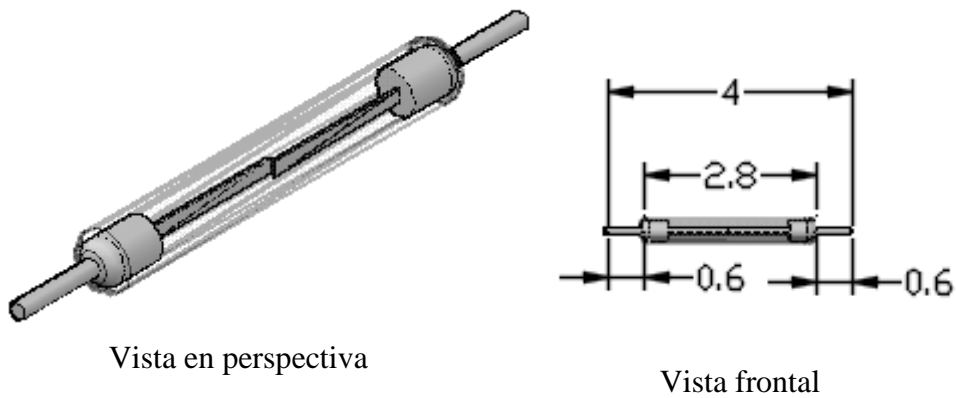


Vista en perspectiva

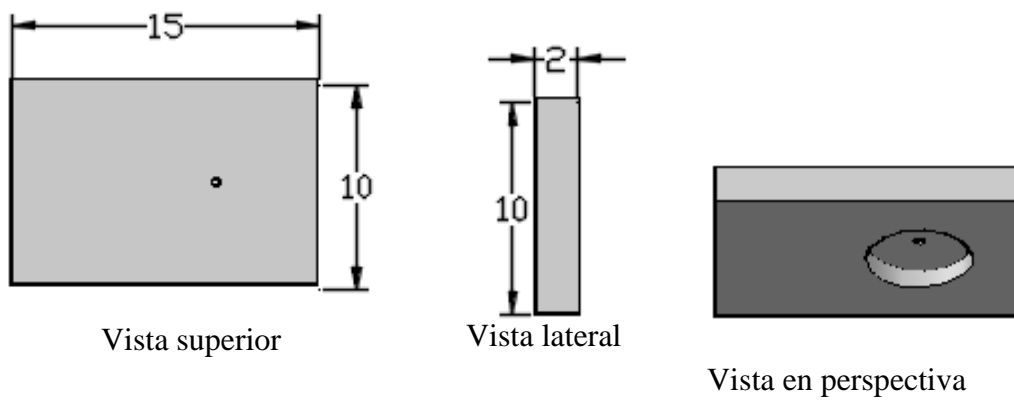
Base del rotor



Reed switch



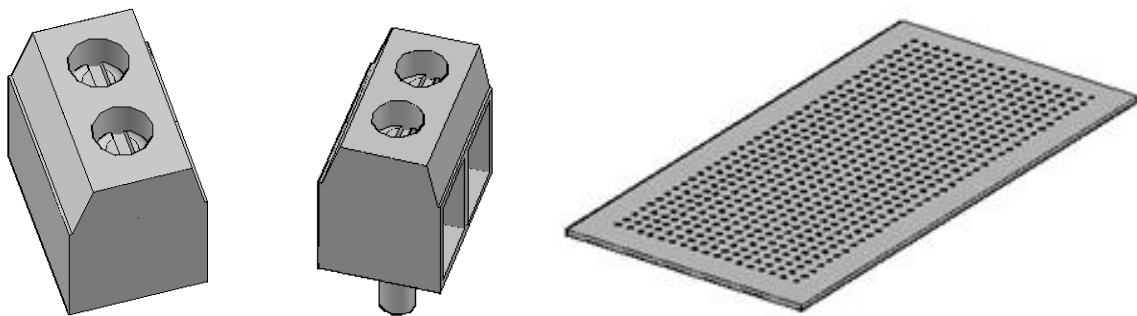
Base del motor



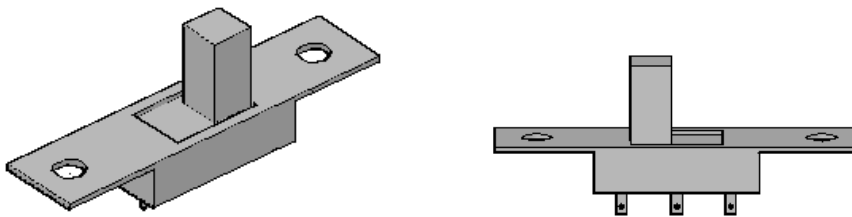
Transistor



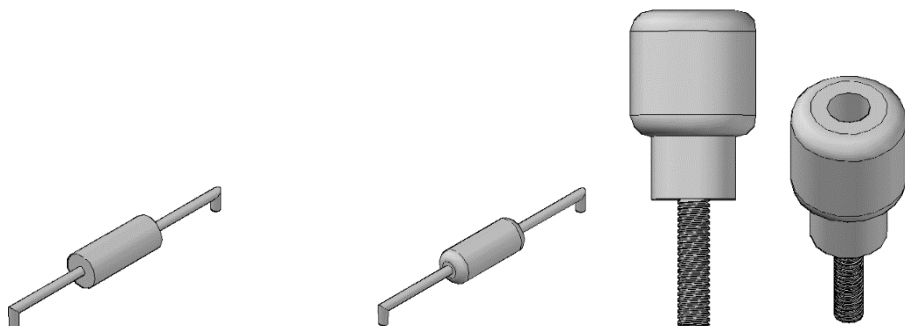
Bornera y placa para soldar circuitos de 5x10 cm



Interruptor



Diodo, resistencia y bornes



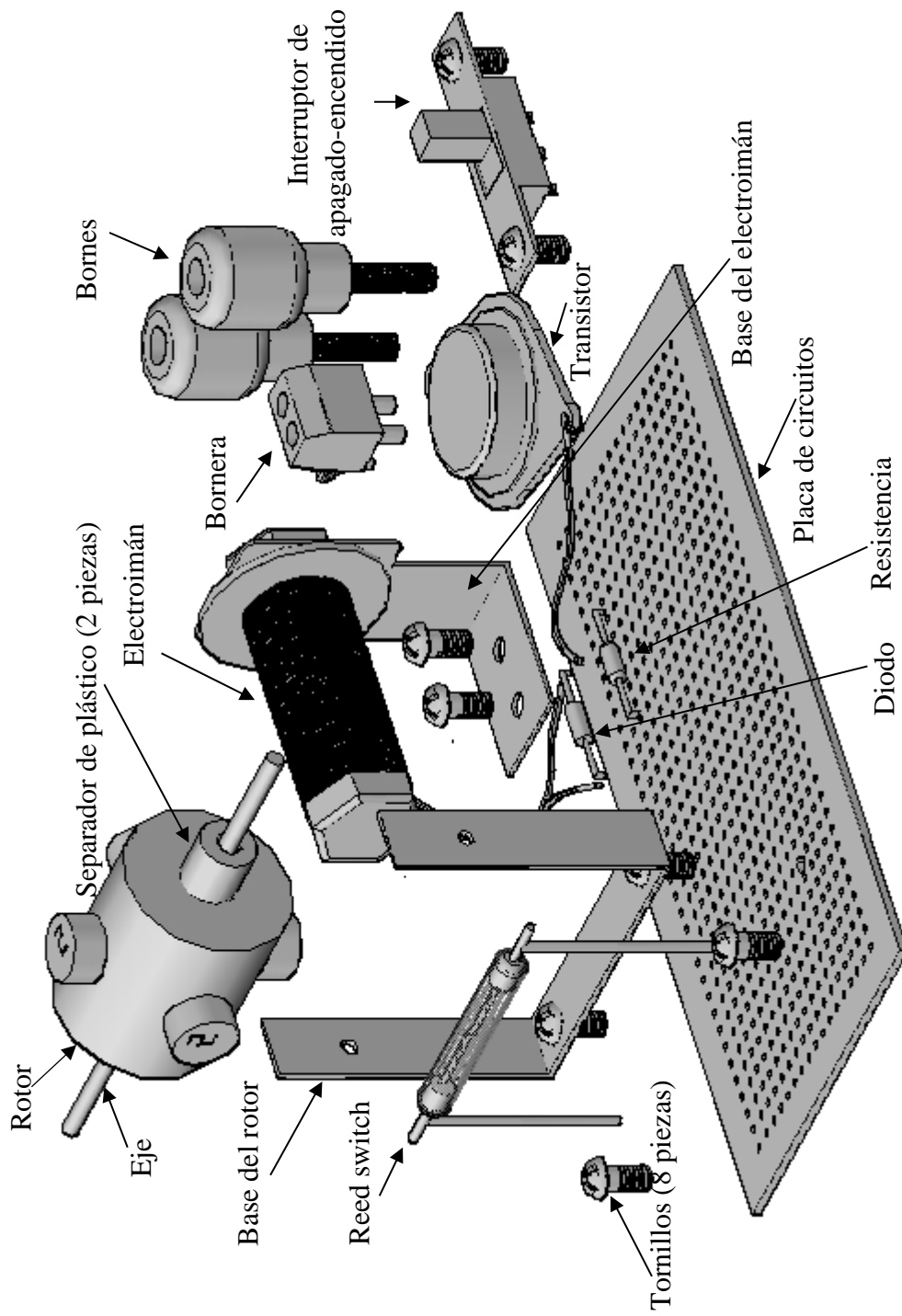


Figura 7.2. Despiece del motor.

ARMADO DEL MOTOR

Paso1: Rotor

Los imanes estarán con el polo norte pegado al corcho y el polo sur trabaja con el electroimán y el Reed switch.

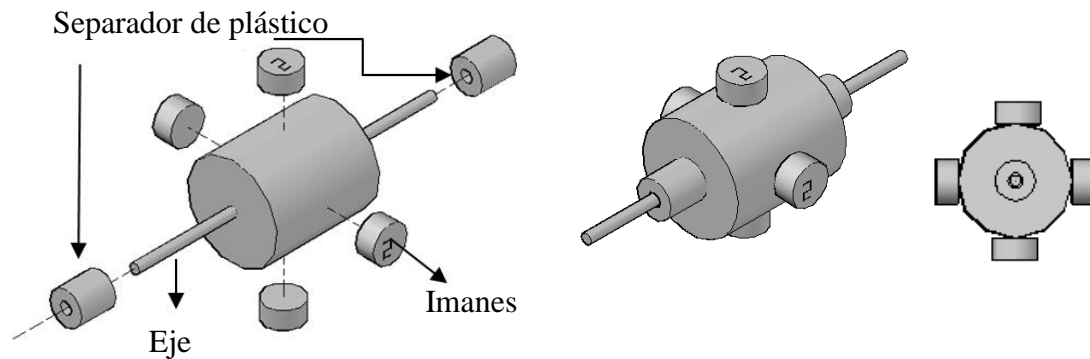


Figura 7.3. Armado del rotor.

Paso 2: Electroimán

El electroimán está formado por 17 metros de alambre de cobre esmaltado enrollado con vueltas juntas y apretadas a lo largo del tornillo. Lo ideal para evitar deformidades en las vueltas del alambre será poner un tornillo con rosca solo en la punta para la tuerca. En caso contrario poner cinta aislante de base. Al principio y final dejar 3 cm de alambre, quitando aproximadamente 1 cm de esmalte de las puntas para las conexiones.

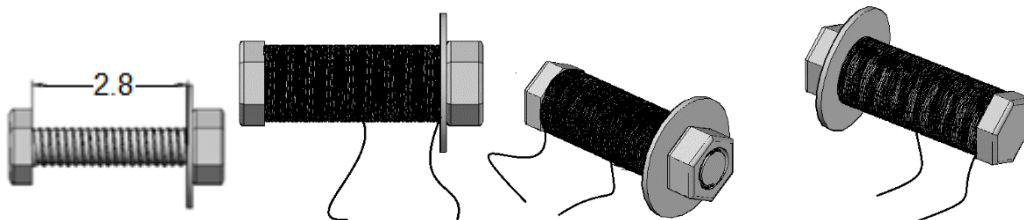


Figura 7.4. Armado del electroimán.

Paso 3: Colocación de los componentes en la placa

Lo más práctico es iniciar con la base del rotor dejando una distancia de 2 cm adelante para el Reed switch. Figura 7.5.

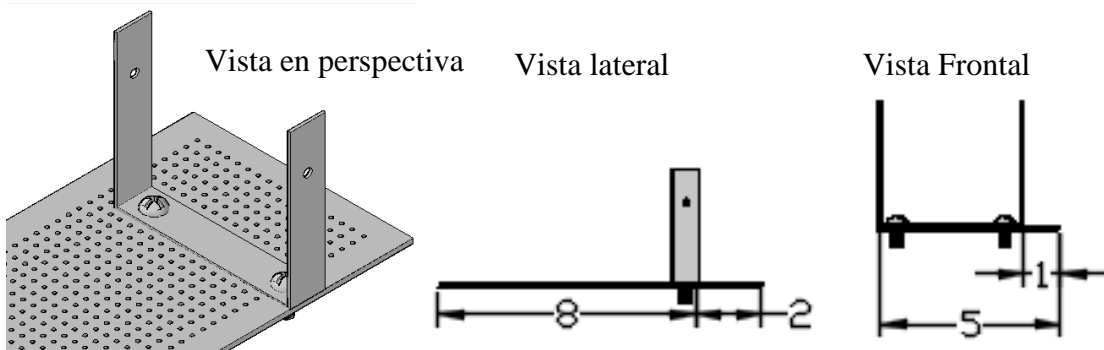
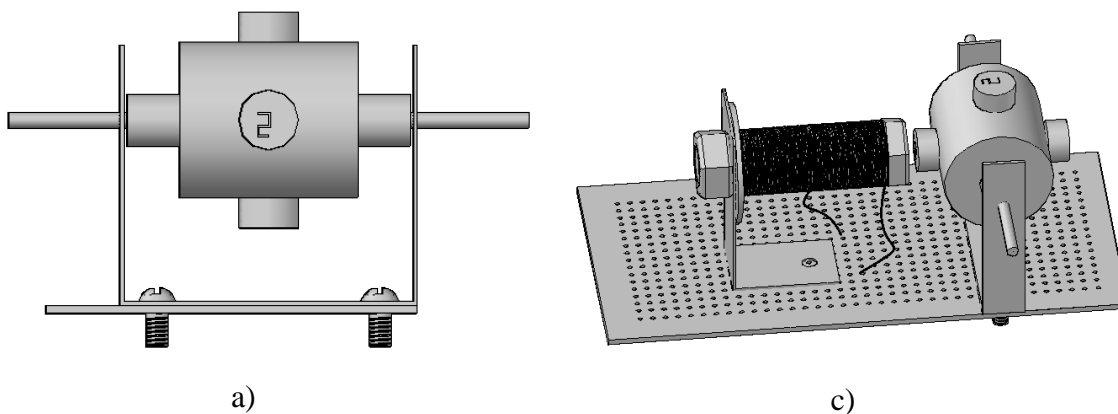


Figura 7.5. Instalación de la base del rotor.

Poner el rotor en su base, figura 7.6 a); colocar el electroimán de modo que haya una distancia de 0.2cm con el imán mas cercano, figura 7.6 b) y c). Ya instalados el rotor y el electroimán soldar los demas componentes según corresponda el diagrama de conexiones, figura 7.6 d).



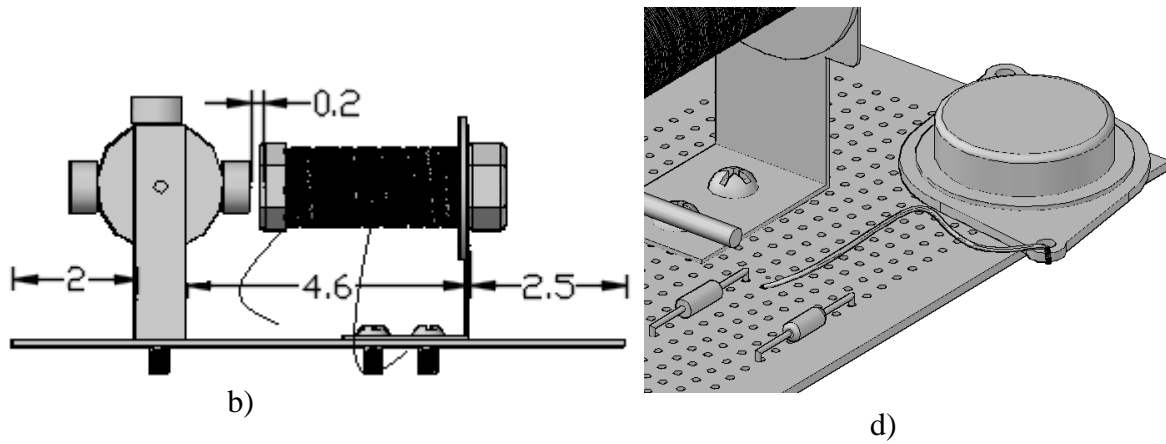


Figura 7.6. Instalación del rotor y electroimán.

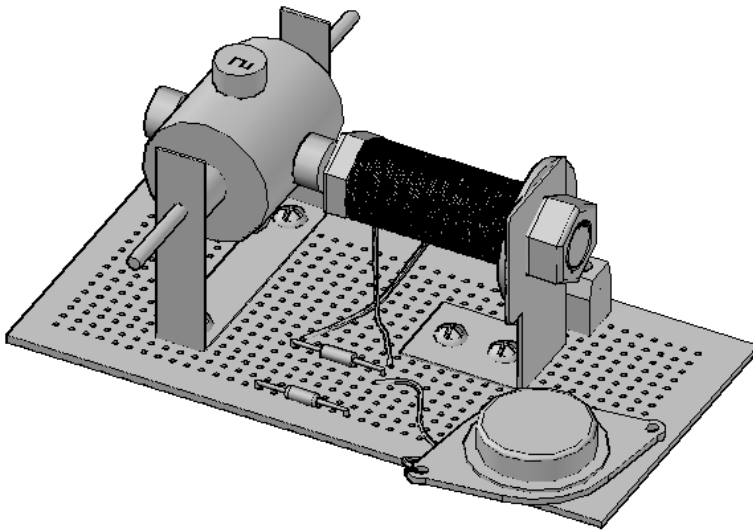


Figura 7.7. Componentes armados sobre la placa de circuitos.

Paso 4: Reed switch

Entre el Reed switch y el imán más cercano del rotor hay una distancia aproximada de 0.3 cm. Figura 7.8.

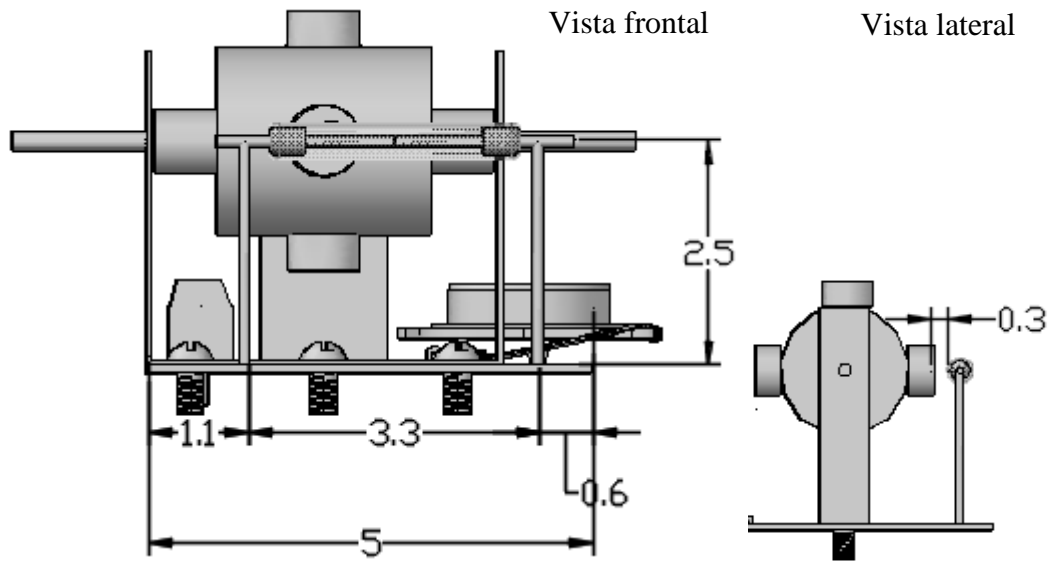


Figura 7.8. Ubicación del Reed switch.

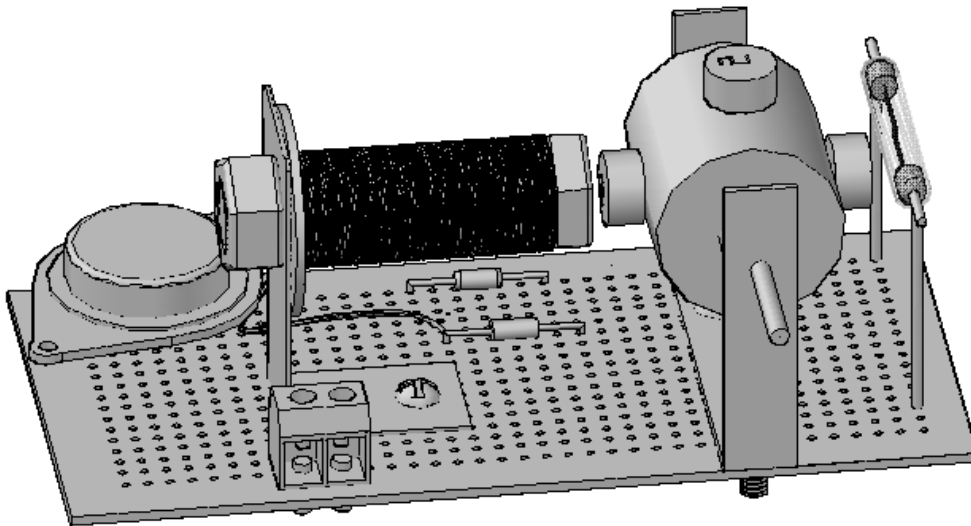


Figura 7.9. Finalización de los componentes sobre la placa de circuitos.

Paso 5: Base de madera

Por último, colocar la placa de circuitos sobre la base de madera anexando el interruptor y los bornes.

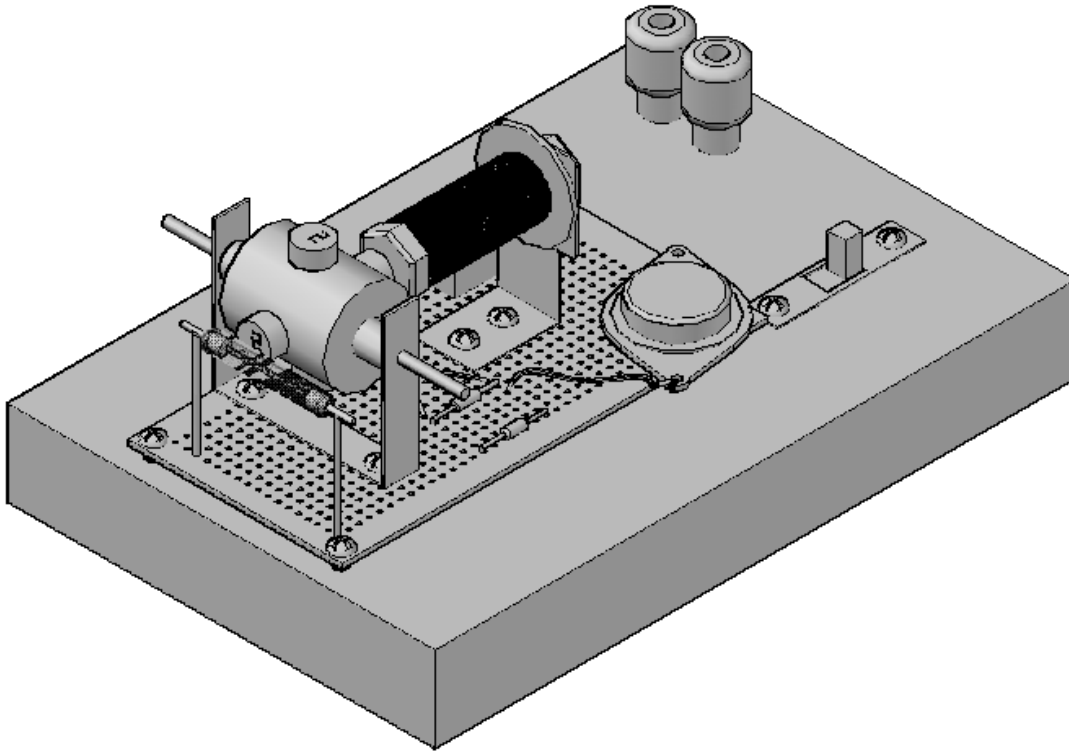


Figura 7.10. Motor con su base de madera.

Paso 6: Diagrama de conexiones

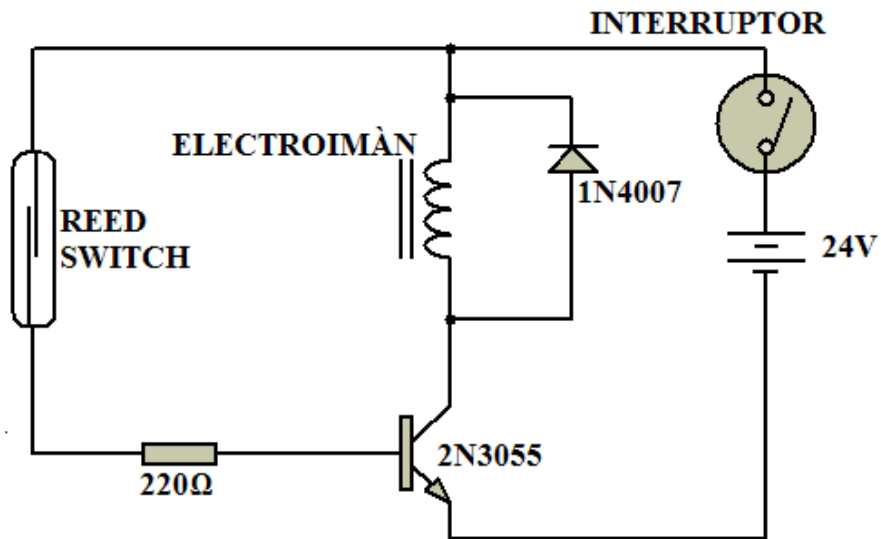


Figura 7.10. Diagrama de conexiones.

RECOMENDACIONES

- El motor de interruptor de láminas (Reed switch) es uno de los más simples y funciona muy bien bajo voltajes bajos. Sin embargo, en altas tensiones puede aparecer una chispa entre los contactos del interruptor de láminas. Esto reduce significativamente el tiempo de vida del motor. La chispa se crea debido a que el interruptor de láminas está conectado directamente con el electroimán, que es una carga inductiva. El tamaño de la chispa depende del diámetro y la cantidad de alambre en la bobina. Para evitar esto hay que separar el interruptor de láminas de la carga inductiva. El motor utiliza un transistor para este propósito. Es importante seleccionar el transistor con puntuaciones eléctricas máximas, significativamente más altas que el consumo eléctrico del motor. Por ejemplo, el motor descrito puede experimentar corriente pico sobre 1A a 6V. Por lo general, esto sucede cuando el rotor está estancado y el transistor está abierto. No se debe dejar el motor en este estado, ya que puede destruir el transistor.
- Cuando el rotor gira con una velocidad adecuada el transistor se enciende y apaga, la corriente media que fluye a través del transistor es aproximadamente 10 veces más pequeña. Si la corriente de colector a través del transistor es alta, el transistor puede calentarse demasiado y quemar los dedos si se toca. Un disipador de calor podría ser usado.

3.2 CONCLUSIONES

Debido a que los motores eléctricos son ampliamente utilizados, el poder comprender sus principios básicos es relevante para tener una visión más amplia de los motores más sofisticados.

Se pudo terminar el manual. A un queda pendiente anexar más proyectos de diseño. El tema de la presente tesis está abierto a más aportaciones.

Se cumplió el objetivo de diseñar y construir motores didácticos con los cuales se espera que el estudiante ponga en práctica sus conocimientos y habilidades.

3.3 REFERENCIAS

- Fitzgerald , Maquinas eléctricas 6 ed, Mc Graw Hill, México
- Stephen J. Chapman, Maquinas eléctricas, 4ed. Mc Graw Hill, 2004, México.
- El joven electrotécnico, S Martorell, ed. Tartessos.
- Donald V. Richardson, Máquinas eléctricas rotativas y transformadores, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997, México

3.4 APENDICE

3.4.1 CORRIENTE SOPORTADA POR EL ALAMBRE DE COBRE ESMALTADO EN BOBINAS ELECTROMAGNÉTICAS

¿Qué diámetro de hilo de cobre nos conviene utilizar en una bobina por la que va a circular un determinado amperaje?

A la hora de diseñar una bobina electromagnética de una determinada potencia, la elección de un diámetro de hilo nos va a limitar la corriente que podrá circular por ella. Conocer este límite es muy importante. Para resolver esta duda podemos consultar la tabla 1 para ayudar en lo posible a elegir el hilo adecuado.

En una bobina electromagnética la limitación va a venir dada por el calor generado en la misma: el hilo de cobre esmaltado no podrá soportar más de 155°C o 180°C según la clase utilizada (clase F o clase H respectivamente), pues se degradaría el material aislante que lo recubre. Así mismo los elementos que incluya la bobina tendrán distintos límites de temperatura en cada caso (material del carrete, etc.).

No resulta fácil calcular cual va a ser el calentamiento del hilo, que será distinto en cada caso concreto y dependerá de muchos factores (tiempos de funcionamiento, temperatura ambiente, volumen de cobre, etc.), por ello proponemos a modo de punto de partida y conociendo la corriente máxima (A) que circulará por la bobina, utilizar como diámetro mínimo de hilo a utilizar aquel que cumpla: $8A/mm^2$. Esto aplicado a los diámetros más usuales nos da la siguiente tabla 1.

Corriente máxima en hilos de cobre esmaltado aplicado en bobinas electromagnéticas.

Estos valores son una aproximación, deberá verificarse experimentalmente mediante prototipo cual es el calentamiento real de la bobina en cada caso.

Los conductores en buen estado deben presentar una resistencia muy baja. Los valores dependen del largo y del grosor de los hilos. Para hilos comunes hasta 20 m. de largo la resistencia debe ser siempre inferior a 1 Ohm.

Para hilos esmaltados la resistencia varia bastante en función del espesor. En la siguiente tabla de hilos se da información de resistencia por unidad de longitud para los diversos tipos.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
0	11.86	107.2			0.158	319
0	10.4	85.3			0.197	240
0	9.226	67.43			0.252	190
0	8.252	53.48			0.317	150
1	7.348	42.41		375	1.4	120
2	6.544	33.63		295	1.5	96
3	5.827	26.67		237	1.63	78
4	5.189	21.15		188	0.8	60
5	4.621	16.77		149	1.01	48
6	4.115	13.3		118	1.27	38
7	3.665	10.55		94	1.7	30
8	3.264	8.36		74	2.03	24
9	2.906	6.63		58.9	2.56	19
10	2.588	5.26		46.8	3.23	15
11	2.305	4.17		32.1	4.07	12
12	2.053	3.31		29.4	5.13	9.5
13	1.828	2.63		23.3	6.49	7.5
14	1.628	2.08	5.6	18.5	8.17	6
15	1.45	1.65	6.4	14.7	10.3	4.8
16	1.291	1.31	7.2	11.6	12.9	3.7
17	1.15	1.04	8.4	9.26	16.34	3.2
18	1.024	0.82	9.2	7.3	20.73	2.5
19	0.9116	0.65	10.2	5.79	26.15	2
20	0.8118	0.52	11.6	4.61	32.69	1.6
21	0.723	0.41	12.8	3.64	41.46	1.2
22	0.6438	0.33	14.4	2.89	51.5	0.92
23	0.5733	0.26	16	2.29	56.4	0.73
24	0.5106	0.2	18	1.82	85	0.58
25	0.4547	0.16	20	1.44	106.2	0.46
26	0.4049	0.13	22.8	1.14	130.7	0.37
27	0.3606	0.1	25.6	0.91	170	0.29
28	0.3211	0.08	28.4	0.72	212.5	0.23
29	0.2859	0.064	32.4	0.57	265.6	0.18
30	0.2546	0.051	35.6	0.45	333.3	0.15
31	0.2268	0.04	39.8	0.36	425	0.11
32	0.2019	0.032	44.5	0.28	531.2	0.09
33	0.1798	0.0254	56	0.23	669.3	0.072
34	0.1601	0.0201	56	0.18	845.8	0.057
35	0.1426	0.0159	62.3	0.14	1069	0.045
36	0.127	0.0127	69	0.1	1338	0.036
37	0.1131	100	78	0.089	1700	0.028
38	0.1007	0.0079	82.3	0.07	2152	0.022
39	0.0897	0.0063	97.5	0.056	2696	0.017
40	0.0799	0.005	111	0.044	3400	0.014
41	0.0711	0.004	126.8	0.035	4250	0.011
42	0.0633	0.0032	138.9	0.028	5312	0.009
43	0.0564	0.0025	156.4	0.022	6800	0.007
44	0.0503	0.002	169.7	0.018	8500	0.005

Tabla 1.