

Rediseño de un electroventilador de corriente continua

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Tutor: Ing. Mario Macri

Fecha:

Integrantes: Cazzaro, Mauro Ariel
Fonda, Hernán Alejandro

Nota:



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Rediseño de un electroventilador de corriente continua

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Tutor: Ing. Mario Macri

Fecha:

Integrantes: Cazzaro, Mauro Ariel
Fonda, Hernán Alejandro

Nota:

Índice

Introducción.....	4
Apartado I: Estudio de Mercado	
Estudio de Mercado.....	5
Apartado II: Cálculo eléctrico y magnético	
Análisis del circuito magnético.....	6
Ecuaciones fundamentales.....	6
Volumen del imán y punto óptimo de trabajo.....	7
Dimensiones del imán.....	8
Línea de carga.....	8
Energía en el circuito magnético.....	9
Cambio del punto de trabajo por campos externos y variaciones en el entrehierro.....	10
Símbolos usados en el diseño de motores.....	15
Motores de corriente continua con imanes permanentes.....	16
Generalidades.....	16
Los imanes de los motores.....	17
Carcasa del estator.....	19
Diseño de un motor a imán permanente.....	20
Cálculo del factor de relleno.....	29
Cálculo de las pérdidas eléctricas.....	29
Campo inverso inducido en el motor.....	30
Cálculo del espesor mínimo de la carcasa.....	32
Ensayos comparativos entre el electroventilador original y el diseñado.....	33
Apartado III: Cálculo mecánico	
Análisis de los esfuerzos.....	37
Elementos finitos.....	40
Introducción.....	40
Verificación de soldaduras de las orejas de la carcasa y modos de vibración del motor.....	47
Objetivos.....	47
Introducción.....	47
Verificación de la soldadura.....	47
Verificación de los modos de vibración.....	54
Verificación del diseño del eje a través de elementos finitos y del método de Soderberg.....	59
Objetivos.....	59
Introducción.....	59
Verificación del eje a través de elementos finitos.....	59
Cálculo de las secciones críticas por el método de Soderberg.....	63
Embutido de las tapas del motor.....	68
Introducción teórica y generalidades.....	68
Forma y medida del disco inicial.....	71
Cálculo del diámetro mínimo del disco para el embutido de las tapas del electroventilador.....	72
Verificación de los rodamientos utilizados en el electroventilador.....	75
Cálculo de las reacciones.....	75
Condiciones de funcionamiento.....	76
Verificación del rodamiento A (6200).....	76
Verificación del rodamiento B (608).....	77
Desgaste entre escobilla y colector.....	79
Pérdida y calentamiento en el colector.....	80
Fricción y desgaste del par colector-escobilla.....	81
Influencia del campo eléctrico.....	85
Alternativas para reducir el desgaste.....	85
Apartado IV: Líneas de Proceso	
Línea de producción mecánica.....	87
Tapa delantera rodamiento 6200.....	89
Tapa trasera rodamiento 608.....	90
Eje de inducido.....	92
Aislación de ranuras.....	93
Oreja.....	94

Carcasa.....	95
Reten de imán.....	97
Portaescobillas de latón 4 polos.....	98
Línea de armado.....	99
Línea A.....	100
Línea B.....	106
Línea C.....	107
Línea D.....	114
Línea de ensayos.....	118
Apartado V: Aplicación de la Norma ISO 9001:2000	
Introducción.....	119
Objetivo.....	120
Desarrollo.....	120
Procedimiento Compras.....	121
Procedimiento Evaluación de Proveedores.....	125
Registro Evaluación de Proveedores.....	128
Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Orden de Compra.....	129
Registro Pedido de Cotización.....	133
Registro Orden de Compra.....	134
Procedimiento Verificación de los Productos Comprados.....	135
Registro Verificación de Producto Comprado.....	139
Aplicación al electroventilador diseñado.....	140
Apartado VI: Análisis de Costos e Impacto Social	
Análisis de Costos.....	178
Impacto Social.....	179
Apartado VII: Planos dimensionales	
Lista de planos.....	180
Apéndice.....	225
Bibliografía.....	227

Introducción

Este trabajo consta del desarrollo de un motor de corriente continua el cual se utiliza como electroventilador de un automóvil. El trabajo se encuentra separado en varios apartados, los cuales intentan señalar las distintas características analizadas en el desarrollo del mismo.

Estos apartados se separan en los siguientes títulos:

- Apartado I: Estudio de Mercado. Aquí se detallan las características del mercado al cual nos dirigimos, y es de donde se halla la posible cantidad de motores a vender.
- Apartado II: Calculo eléctrico y magnético. En este apartado se enuncian los pasos a seguir para realizar el cálculo del motor, partiendo de imanes permanentes conocidos. Se pueden apreciar las características del motor a reemplazar, así como también las del motor diseñado y su respectiva comparación. Entre medio se detallan los pasos que seguimos para la obtención del motor final, con los prototipos realizados.
- Apartado III: Calculo mecánico. Este es quizás el apartado con mayores cálculos y verificaciones. En el se encontraran la verificación del soldado de las orejas de la carcasa del motor, la determinación de su modo natural de vibración, la verificación del eje a través de elementos finitos y a través del método de Soderberg, la verificación del corte del disco circular para la obtención a través de matrices de embutido de las tapas del motor, la verificación de la vida de los rodamientos tanto delantero como trasero y el análisis del desgaste entre escobillas y colector.
- Apartado IV: Líneas de Procesos. Aquí se puede apreciar como es que se genera el producto terminado, comenzando por la manufactura de las piezas que se realizan en la fabrica y las maquinas y matrices que para ello se utilizan, todo detallado en la llamada Línea de Producción Mecánica. Luego estas piezas y las restantes, que ingresan a través de la compra a proveedores externos, se canalizan en la llamada Línea de Armado que a su vez tiene sus líneas internas. Por ultimo, ya teniendo el motor terminado se procede al ingreso en la Línea de Ensayo en la cual se detallan los ensayos que se le realizan a los motores para su final aprobación.
- Apartado V: Aplicación de la Norma ISO 9001:2000. En esta parte lo que se muestra es la aplicación del punto 7.4, que hace referencia a Compras, de las normas ISO 9001:2000 a la empresa con la que trabajamos. Además de la redacción de los distintos procedimientos y registros que creemos son necesarios para satisfacer ese punto de la norma, se realizan, la evaluación de todos los proveedores que se necesitan para conseguir los materiales para la producción del motor, donde existen en algunos casos varios proveedores para un mismo insumo. Además se realizan ejemplos de los restantes registros.
- Apartado VI: Análisis de costos e impacto social. Aquí se detalla el costo del motor dividiendo a este en el costo de materiales, costo de mano de obra y costos generales. También se realiza un análisis de la utilidad que brinda a la empresa, teniendo en cuenta la proyección de ventas realizada en el apartado I en la parte de estudio de mercado. Luego se detalla el impacto social y se enuncia lo referido al impacto ambiental.
- Apartado VII: Planos dimensionales. En todo el trabajo se hace referencia a planos con un cierto código, estos se encuentran en este apartado. Son todos los planos dimensionales necesarios para la fabricación de las piezas, como así también los inevitables para entender detalles de las verificaciones y cálculos realizados.

APARTADO I

Estudio de Mercado

Estudio de Mercado

El electro ventilador del que realizamos el diseño es el de un automóvil que se encuentra muy difundido en el mercado y el cual ha tenido record de ventas para la marca a mediados de la década del 90.

Además se utiliza como taxi en nuestra ciudad y también en la ciudad de Buenos Aires por lo tanto tenemos un amplio mercado que cubrir.

En la ciudad de Buenos Aires existen aproximadamente 40000 licencias de taxis y en nuestra ciudad unas 2500, por lo tanto sería una buena estimación tomar un 5% de dichas licencias otorgadas como la cantidad de automóviles que llevan el electroventilador diseñado. Lo cual nos daría un total de 2125 vehículos del modelo que buscamos.

Además debemos a estos sumarles la cantidad de automóviles que son particulares. Por lo tanto una estimación de la cantidad de vehículos del modelo correspondiente a nuestro diseño podría ser de 4000 en todo el país.

Se ha consultado a talleres que cambian el electroventilador de los taxis en nuestra ciudad y nos han comentado que todos los años los taxis del modelo de vehículo al cual pertenece el electroventilador diseñado, cambian su electroventilador ya que se les quema por el funcionamiento casi continuo en la época de verano.

Si esto lo trasladamos a lo que puede pasar en la ciudad de Buenos Aires, llegamos a la conclusión de que por año se podrán vender unos 1500 electroventiladores de este tipo.

Además debemos tener en cuenta que cualquier choque que ocurra de frente automáticamente el electroventilador se ve dañado, por lo tanto debemos entender que la estimación antes mencionada es relativamente baja. Esto se consuma además si en nuestro caso ofrecemos un motor con mejores características de los que se pueden encontrar en el mercado.

Para finalizar debemos tener en cuenta que al aplicar este diseño la empresa que esta interesada cuenta con las herramientas necesarias para su realización por lo cual se ve que el proyecto es factible.

APARTADO II

Calculo Eléctrico y Magnético

Análisis del circuito magnético

Ecuaciones fundamentales

El punto de partida es la ley de Maxwell que dice que en un circuito magnético la integral lineal de la intensidad de campo es cero.

$$\oint H \, dl = 0$$

Es decir que la fuerza magnetomotriz (f.m.m.) en el entrehierro es igual pero opuesta a la del imán.

$$H_M \cdot L_M = - H_g \cdot L_g \quad (1)$$

Donde H_M y H_g son las intensidades de campo del imán y en el entrehierro en [A/m] y L_M y L_g las respectivas longitudes en [m].

En la práctica, un factor q es agregado para compensar la pérdida de f.m.m. causadas por la reluctancia adicional en los imanes de hierro dulce y sus planos de transición.

$$H_M \cdot L_M = - q \cdot H_g \cdot L_g \quad (2)$$

Este factor q tiene un valor de 1.05 a 1.25. Si el hierro dulce está aún lejos de la saturación, el valor bajo es generalmente adecuado.

El flujo total ϕ_{total} [Wb] en un circuito magnético estático es siempre constante. Puede ser dividido en dos partes, el flujo útil en el entrehierro, ϕ_g , y el flujo de dispersión ϕ_s .

El factor de dispersión se define como:

$$p = \frac{\phi_{total}}{\phi_g}$$

Por lo tanto

$$\phi_{total} = p \cdot \phi_g = p \cdot B_g \cdot A_g = B_M \cdot A_M \quad (3)$$

Donde A_g y A_M en [m²] son las secciones transversales del entrehierro y del imán. B_g en [T] es la inducción en el entrehierro; B_M en [T] es la inducción promedio en el plano neutro del imán.

El factor de dispersión es un factor decisivo para calcular circuitos magnéticos. Los valores prácticos se hallan entre 1.2 y 12, dependiendo del diseño geométrico y de las dimensiones del imán, las piezas polares y el entrehierro.

La conexión entre la intensidad de campo e inducción en el imán y la del entrehierro, esta dada por las ecuaciones (2) y (3).

Para nuestro calculo necesitamos además conocer la relación entre la intensidad de campo e inducción en el entrehierro y en el imán.

En el entrehierro la inducción es siempre proporcional al campo como se establece en la siguiente ecuación

$$B_g = \mu_0 \cdot H_g$$

La relación entre B y H en el imán esta dada por la curva de desmagnetización del material del imán permanente a ser usado.

$$B_M = f(H_M) \quad (4)$$

Para la mayoría de los materiales esta curva es publicada por los fabricantes.

Con la ayuda de estos datos un circuito magnético puede ser diseñado. En primer lugar deben estimarse los valores para p y q.

Volumen del imán y punto optimo de trabajo

Es evidente de las ecuaciones (2) y (3) que un alto valor de H del material magnético conduce a un imán corto y que un alto valor de B da una pequeña sección transversal del imán. El ferroxdure, que tiene una alta fuerza coercitiva y una remanencia comparativamente baja, en general conducirá a imanes cortos de una sección transversal grande.

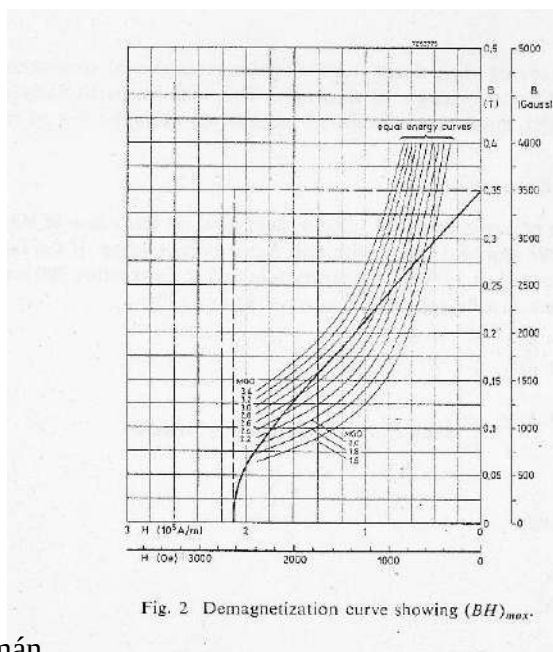
A partir de las ecuaciones (2) y (3) obtenemos:

$$q \cdot p \cdot \frac{B_g^2}{\mu_0} \cdot A_g \cdot L_g = B_M \cdot H_M \cdot A_M \cdot L_M \quad (5)$$

De lo cual puede verse que para una dada inducción en un entrehierro de dimensiones dadas, el volumen del imán $A_M \cdot L_M$ está en proporción inversa al producto $B_M \cdot H_M$. Es por lo tanto apropiado trabajar en esa parte de la curva B H donde el producto (B H) es máximo. Esto se emplea en las llamadas aplicaciones estáticas en las que el punto de trabajo no es modificado durante el funcionamiento por fluctuaciones de temperaturas importantes.

Los valores de (B H) máx. se indican en las tablas del material. Cuando se dibuja un conjunto de hipérbolas para (B H) = constante en el segundo cuadrante la curva de desmagnetización solo toca a la de $B \cdot H = (B H) \text{ máx.} = \text{constante}$.

Las coordenadas de este punto dan los valores de B_d y H_d correspondientes a esta (B H) máx.



Dimensiones del imán

Si los requisitos del entrehierro son conocidos y los factores de dispersión p y q han sido estimados, las ecuaciones (2), (3) y (4) todavía contienen cuatro incógnitas, B_M , H_M , A_M y L_M . Esto significa que estamos en libertad de fijar una. De acuerdo a la sección anterior $H_M = H_d$ es generalmente elegido ya que preferimos que el sistema trabaje en el punto (B, H) máx. De la curva de desmagnetización del material preferido del imán podemos entonces también leer B_d . De las ecuaciones (2) y (3) podemos deducir:

$$L_M = \frac{q \cdot B_g \cdot L_g}{\mu_0 \cdot H_M}$$

y

$$A_M = \frac{p \cdot B_g \cdot A_g}{R_L}$$
(6) Y (7)

Línea de carga

Cuando se divide la ecuación (3) por la (4) encontramos

$$\frac{B_M}{\mu_0 \cdot H_M} = \frac{p \cdot B_g \cdot A_g \cdot L_M}{q \cdot \mu_0 \cdot H_g \cdot L_g \cdot A_M} = \mu_0 \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{A_g}{L_g} \cdot \frac{L_M}{A_M}$$
(8)

En otras palabras, el cociente entre la inducción y la intensidad de campo depende solo de las dimensiones del imán y del entrehierro, (aparte de p y q), es decir, de la geometría del circuito magnético.

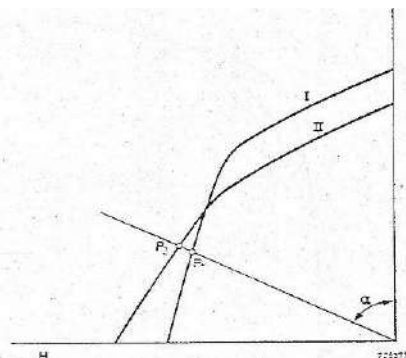
Es independiente de la calidad del imán o de inducción en el entrehierro.

En la curva de desmagnetización (figura 3) el cociente B/H está indicado por una línea recta que forma un ángulo α con el eje B , de modo que $\cotg \alpha = B/H$. Esta línea de carga está definida por la geometría del circuito magnético. Intercepta a la curva de desmagnetización en el punto de trabajo P .

El objetivo es diseñar, para aplicaciones estáticas simples, de modo de tener P coincidente con el punto (B, H) máx. de la curva BH . Cuando este es el caso para un material específico del imán, casi seguramente no será así para un material diferente. En la figura 3 se ha dibujado una segunda curva de desmagnetización que intercepta a la línea de carga en P' .

Aunque el material 2 puede tener un valor de (B, H) máx. mas alto, esto no tiene ninguna ventaja en este caso particular, dado que el producto real $B'_M \cdot H'_M$ es menor que $B_M \cdot H_M$.

Esto significa que para cada material del imán el circuito tiene que ser rediseñado para sacar mayor provecho de las propiedades del material.



Energía en el circuito magnético

Fig. 3. Load line of a magnetic circuit. Though material I has a higher $(BH)_{max}$ value than material II, the induction B at the working point is lower for material I.

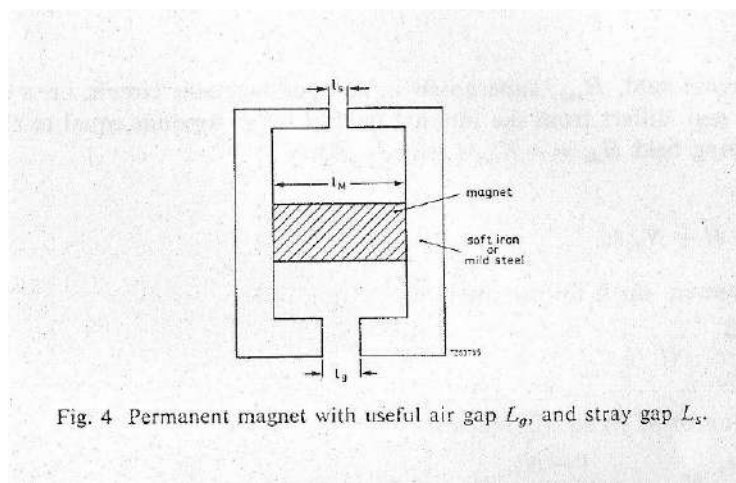
Supongamos un circuito con un entrehierro en el cual todo el flujo de dispersión está representado por un segundo entrehierro, figura 4.

El flujo total a través del imán ϕ_M será entonces dividido en dos partes.
 El flujo útil del entrehierro ϕ_g y el flujo de dispersión ϕ_s
 Podemos entonces escribir:

$$\begin{aligned} \phi_M &= \phi_g + \phi_s \\ 0 & \\ B_M \cdot A_M &= B_g \cdot A_g + B_s \cdot A_s \end{aligned} \quad (9) \text{ y } (10)$$

Cuando no hay reluctancia en el acero suave, ($\mu=1$), la intensidad de campo en el imán es igual a las intensidades de campo en ambos entrehierros:

$$- H_M \cdot L_M = H_g \cdot L_g + H_s \cdot L_s \quad (11)$$



A partir de las de las ecuaciones 10 y 11 se llega a:

$$- B_M \cdot H_M \cdot V_M = B_g \cdot H_g \cdot V_g + B_s \cdot H_s \cdot V_s \quad (12)$$

El término de la izquierda representa la energía (doble), del imán, el término de la derecha es la suma (doble) de las energías útil y la energía de dispersión. La suma de todas las energías es cero, lo que significa que ninguna energía sale del sistema.

Esto es valido independientemente del punto de trabajo del imán.

Cambio del punto de trabajo por campos externos y variaciones en el entrehierro

Estabilización

Los campos magnéticos externos o las variaciones en el ancho del entrehierro cambiaran la posición del punto de trabajo en la curva B H.

Los primeros producen un desplazamiento paralelo de la línea de carga, mientras que lo último produce una variación en el ángulo α , formado con el eje B.

El campo externo, H_{ext} , superpuesto en un circuito magnético abierto, es decir, un circuito con entrehierro, difiere del campo interno H en una cantidad igual a la del campo desmagnetizante $H_{de} = N_{de} \cdot M$, donde M es el momento magnético inducido por unidad de volumen. Se denomina intensidad de magnetización, es una propiedad del material. También se lo puede definir como el aporte que representa el material al campo magnético.

Por lo tanto

$$H_{ext} = H + N_{de} \cdot M \quad (13)$$

donde

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H \quad (14)$$

La eliminación de M en la ecuación (14) conduce a

$$B = \frac{\mu_0}{N_{de}} \cdot H_{ext} - \mu_0 \cdot \frac{1 - N_{de}}{N_{de}} \cdot H \quad (15)$$

Esto significa que el campo externo H_{ext} produce un cambio paralelo de la línea de carga. Como estamos trabajando en el segundo cuadrante el valor de H es siempre negativo. Si H_{ext} esta en la misma dirección (también negativa) el resultado será una reducción de la inducción B y consecuentemente de la intensidad de campo en el entrehierro.

La distancia sobre la cual la línea de carga variara a lo largo del eje H, puede ser calculadas de la ecuación 15 poniendo $B = 0$

$$H_B = 0 = \frac{H_{ext}}{1 - N_{de}} \quad (16)$$

Esto muestra que la variación será mayor para valores altos de N_{de} y así principalmente depende de la forma geométrica del imán (y del circuito).

El nuevo punto de trabajo es el punto de intersección de la curva de desmagnetización y la línea de carga cambiada paralelamente. Esto es valido solo si el campo externo debilita a la inducción. Cuando tiende a aumentar la intensidad de campo en el entrehierro, el punto de trabajo se encuentra de este modo solo sí el área de trabajo esta en la parte recta de la curva de desmagnetización. De no ser así, se obtendrá un punto de trabajo mas bajo.

En la figura 5 el punto de trabajo P, es cambiado a P2 por la influencia de un campo externo.

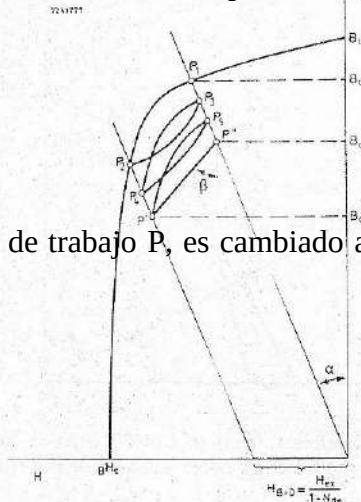


Fig. 5 Shift of load line by an external field. Repeated switching on and off of this field results in stabilization of the working point.

Cuando se saca este campo, el punto de trabajo no sigue la curva de desmagnetización de vuelta a P1, sino que llega a un punto P3 sobre la línea de carga, algo por debajo de P1. Cuando este campo es aplicado y sacado nuevamente, P4 y P5 son los puntos de trabajo nuevos respectivamente.

Después de unas cuantas repeticiones de este procedimiento, se alcanza la estabilización. El punto de trabajo se mueve ahora a lo largo de una línea P' P''. Solo un campo externo incrementado daría puntos de trabajo más bajos. La pendiente de la línea P' P'' es paralela a la parte superior de la curva de desmagnetización. Con ferroxdure la cotangente del ángulo formado con el eje B, la permeabilidad de retroceso μ_{ret} , es aproximadamente 1.05. El mismo razonamiento vale si la variación del punto de trabajo no es causada por un campo externo, sino por una variación en la longitud del entrehierro. En este caso, no tenemos un desplazamiento paralelo de la línea de carga, sino una variación del ángulo α formado entre la línea de carga y el eje B. Los resultados son los mismos: la estabilización es lograda, el punto de trabajo varía entre P' y P'', y la inducción entre B'm y B''m, figura 6.

De la figura 5 y 6 puede verse que los puntos P1 y P2 están sobre ambos lados de la "rodilla" de la curva de desmagnetización. Esto produce las diferencias finales Bm y Bm'. Cuando sin embargo, P1 y P2 están ambas en la parte recta (lado derecho) de la curva, P' coincidirá con P1 y no se notara ninguna reducción de flujo irreversible. P' y P'' pueden considerarse que se hallan sobre una curva de desmagnetización secundaria que tiene la "rodilla" a la izquierda de P''.

Resulta claro ahora que en ambos casos conviene tener una construcción donde el imán no trabaje en el punto (BH)máx., sino algo mas alto sobre la curva de desmagnetización, donde los campos externos temporarios en el entrehierro no reducen permanentemente el flujo útil.

Cuando por alguna razón esto no es posible, la estabilización se lleva a cabo frecuentemente siguiendo el procedimiento señalado anteriormente. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se recomienda muy especialmente que los imanes sean siempre magnetizados en sus circuitos, puesto que la magnetización fuera del circuito (entrehierro mayor) conducirá a un punto de trabajo mas bajo.

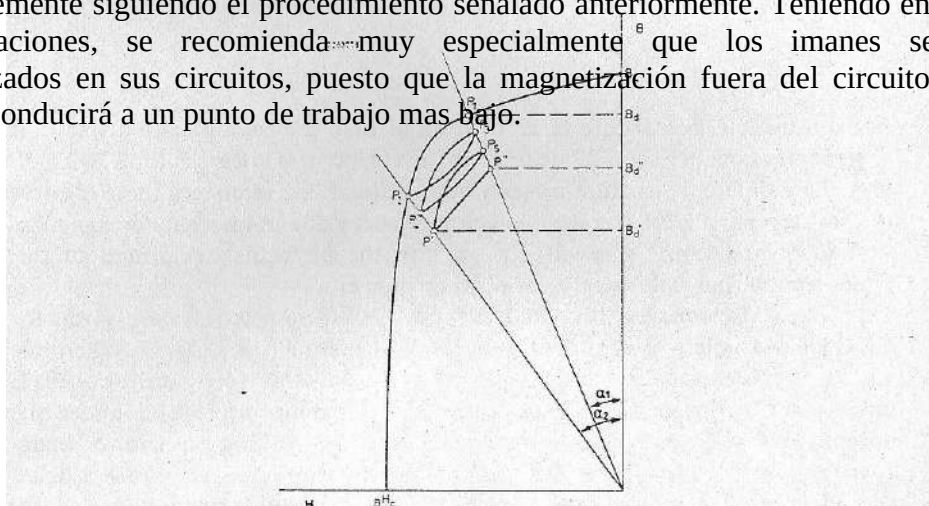


Fig. 6. Shift of load line by changes in the air gap. Stabilization is finally reached in work point P'.

Esto vale para ferroxdure anisótropo (y para imanes de aleación); para ferroxdure isotrópico donde la curva BH es una línea recta hasta el eje H, esto no es crítico ya que el punto de trabajo se moverá aproximadamente a lo largo de la curva BH.

Las variaciones de temperatura también alteraran la posición del punto de trabajo.

Variación de la temperatura en un circuito magnético

El comportamiento del ferroxdure cuando es sometido a cambios de temperatura es bastante complicado, dado que aquí encontramos dos coeficientes distintos de temperatura, además, variaciones magnéticas irreversibles pueden ocurrir. El coeficiente de temperatura de la remanencia es -0.2% por grado Celsius: B_r cae al elevarse la temperatura.

El de la coercitividad es 0.5% por grado, lo que significa que al elevarse la temperatura H_c aumenta. La figura 7 muestra un conjunto de curvas a tres temperaturas diferentes, -30 , 20 y 70°C para dos tipos de ferroxdure. Pude verse de estas cifras que tenemos que considerar tres circuitos magnéticos diferentes:

1. Un circuito con una línea de carga a, que intercepta a todas las curvas en la parte recta superior;
2. Un circuito con una línea de carga b, que intercepta a todas las curvas en la parte empinada inferior;
3. Un circuito que tiene una línea de carga c, que intercepta a todas las curvas en algún lugar de la rodilla.

Los tres casos serán tratados separadamente. El primer caso es el más fácil: todos los efectos de temperatura en esta área son reversibles. Un aumento de temperatura produce una caída en la inducción y una caída de temperatura produce un aumento en la inducción. La variación puede calcularse de:

$$\Delta B = B \cdot T \cdot C_{Br} \cdot \Delta T \quad (17)$$

donde B es la inducción en el imán o en el entrehierro y $T \cdot C_{Br}$ el coeficiente de temperatura (negativo), que para temperaturas entre -30 y 100°C , puede ponerse a -0.2% por grado Celsius. De la figura 7 puede verse que este caso es siempre aplicable al ferroxdure isotrópico, dado que aquí todas las curvas BH son líneas rectas paralelas hasta el eje H.

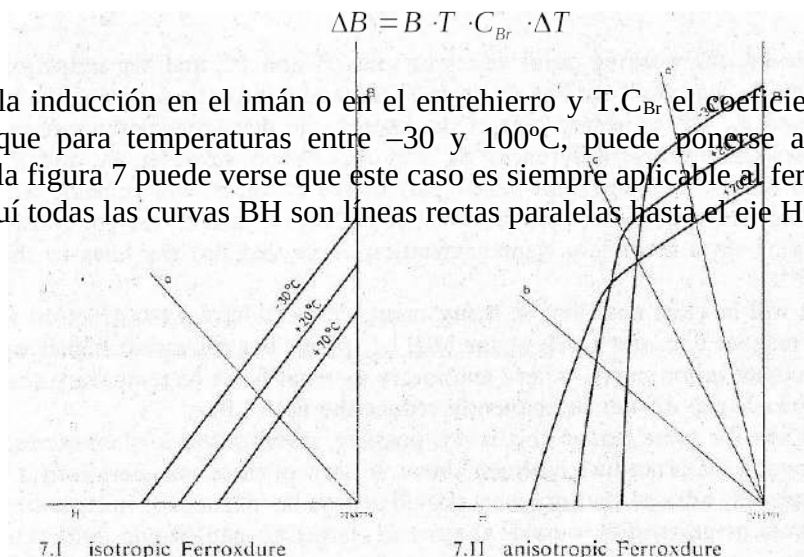


Fig. 7. Demagnetization curves of Ferroxdure at various temperatures; see text.

Para ferroxdure anisótropo la ecuación 17 es válida solamente para circuitos con un pequeño entrehierro (ángulo α menor de 23°C para FXD 300 o 43°C para FXD 330).

Una situación bastante diferente surge cuando la línea de carga intercepta a la curva BH en la parte empinada. Aquí ocurren cambios irreversibles debidos a la desmagnetización interna (despolarización).

En la figura 8 dos curvas, para 20°C y -30°C respectivamente, son para FXD 300. Supongamos un sistema que esta trabajando en el punto P1 a 20°C . Cuando este sistema es enfriado a -30°C , el punto de trabajo cambiara a P2 sobre la curva -30°C . Debido a la desmagnetización interna a esta temperatura y bajo el ángulo de carga específico α el sistema ahora actúa como si trabajase en una curva BH imaginaria inferior (línea de trazos en la figura 8). Cuando la temperatura se eleva nuevamente la parte plana de esta curva se desplaza debido a los coeficientes de temperatura negativos. El resultado parece paradójico: una elevación de temperatura produce una caída más del punto de trabajo hasta que se alcanza P3, sobre la línea de trazos.

El trayecto P2-P3, sin embargo, es reversible: si la temperatura cae nuevamente, el punto de trabajo retornara a P2. Esto se muestra gráficamente en la figura 8. Por supuesto, todo esto es sin magnetización intermedia del sistema; si se lleva a cabo la restauración a 20°C , el punto P1 será inmediatamente alcanzado otra vez.

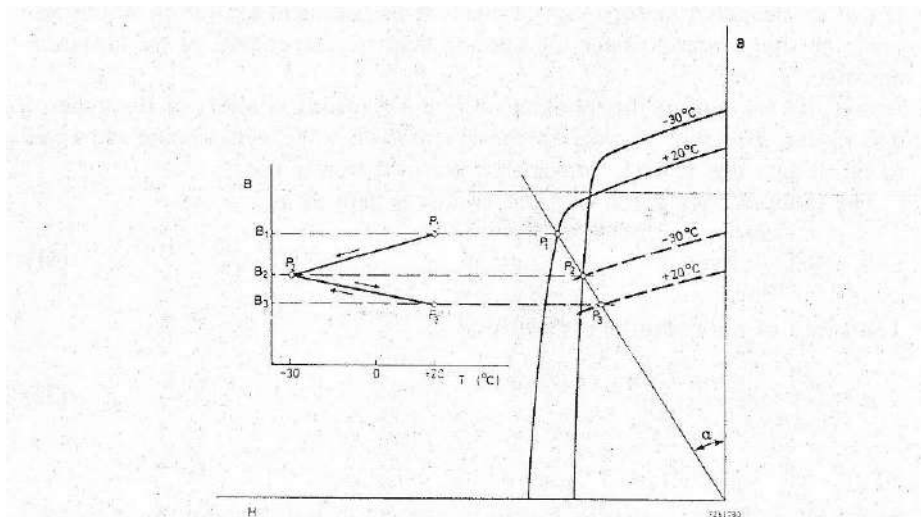


Fig. 8 Influence of temperature variations on a system working below the knee of the demagnetization curve. The first cooling from $+20^\circ\text{C}$ to -30°C causes a drop in induction from B_1 to B_2 . A subsequent rise to $+20^\circ\text{C}$ further decreases the induction to B_3 . The system is now stable between P_2 and P_3 for any temperature between $+20^\circ\text{C}$ and -30°C .

La tercera posibilidad es el caso cuando la línea de carga intercepta a la curva en la “rodilla” o un poco más arriba, es decir, aproximadamente en el punto $(BH)_{\text{máx}}$. figura 9. Aquí una elevación y un descenso de temperatura producirán una caída en la inducción. La primera es reversible, el segundo no lo es. Nuevamente una elevación de temperatura precedida por un descenso produce una caída más de la inducción que es reversible como se explico antes.

De todas estas consideraciones que para no sufrir una pérdida irreversible de flujo producida por fluctuaciones en la temperatura, un sistema magnético debe ser diseñado como para trabajar bien en la parte superior de la sección plana de la curva BH.

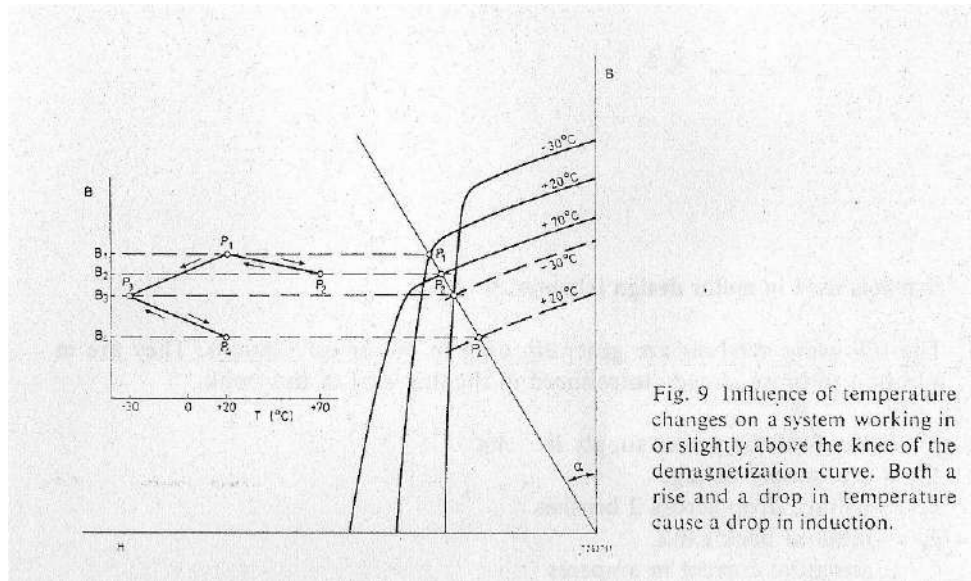


Fig. 9 Influence of temperature changes on a system working in or slightly above the knee of the demagnetization curve. Both a rise and a drop in temperature cause a drop in induction.

La tabla I da para diversos tipos de ferroxdure los valores máximos de $\text{tg } \alpha$ que son permitidos para garantizar que no ocurrirán cambios irreversibles por encima de las temperaturas indicadas.

Esta tabla es válida si la escala de los gráficos es tal que 1 división = 1 oerster o, cuando se usa el SI, 1 división = 10^{-4} [T] = 79.6 [A/m].

Si la escala del gráfico es 1 división = 10^{-4} [T] = 100 [A/m], los valores de $\text{tg } \alpha$ deben multiplicarse por un factor de 0.796 ($= 1/10^6 \mu_0$).

Tabla I

FDX	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C	-30°C
260	5.26	3.64	2.63	2.06	1.64	1.33
270	8.10	4.84	3.37	2.52	1.96	1.55
280	1.54	1.29	1.09	0.94	0.82	0.71
300	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24
330	1.32	1.13	0.97	0.84	0.73	0.63
360	0.49	0.45	0.40	0.56	0.32	0.29
370	1.25	1.07	0.92	0.80	0.70	0.60

Símbolos usados en el diseño de motores

- ◆ E = f.e.m. de la fuente de alimentación en [V].
- ◆ Es = tensión de la fuente de corriente continua en [V].
- ◆ Eb = caída de tensión entre dos escobillas en [V].

- ◆ E_i = f.e.m. inducida en [V].
- ◆ I_a = corriente de armadura en [A].
- ◆ M = cupla ejercida por el motor en [Nm].
- ◆ R_a = resistencia d la armadura en [Ω].
- ◆ R_b = resistencia de escobilla entre dos escobillas en [Ω].
- ◆ a = numero de circuitos paralelos.
- ◆ n = numero de revoluciones por segundo en [rpm].
- ◆ P = numero de polos.
- ◆ z = numero de conductores.
- ◆ ϕ = flujo en [Wb].
- ◆ η_e = factor de rendimiento eléctrico.
- ◆ η_m = factor de rendimiento mecánico.
- ◆ N_e = potencia eléctrica en [W].

Motores de corriente continua con imanes permanentes

Generalidades

Es evidente que los motores con excitación de campo de imán permanente son necesariamente los motores derivación, dado que el campo aplicado es independiente de la corriente de armadura.

La f.e.m. inducida de un motor de corriente continua se define como

$$E_i = n \cdot \Phi \cdot \frac{z \cdot P}{a} \quad [V] \quad (18)$$

La velocidad de un motor de corriente esta dada por

$$n = \frac{E_i}{\Phi \cdot \frac{z \cdot P}{a}} = \frac{E_s - I_a \cdot R_m}{\Phi \cdot \frac{z \cdot P}{a}} \quad [rpm] \quad (19)$$

donde $R_m = R_a + R_b =$ resistencia total de armadura y escobillas en $[\Omega]$. Dado que

$$E_s = E_i + I_a \cdot R_b + I_a \cdot R_a \quad [V] \quad (20)$$

La potencia total consumida ($E_s \cdot I_a$) por el motor puede dividirse en dos partes, $E_i \cdot I_a$ e $I_a \cdot R_m$. La última parte representa las pérdidas óhmicas en la armadura y escobillas y, consecuentemente, $E_i \cdot I_a$ representa la potencia eléctrica suministrada por el motor, incluyendo las pérdidas por rozamiento y corrientes parásitas. Por lo tanto,

$$N_e = E_i \cdot I_a = n \cdot \Phi \cdot I_a \cdot \frac{z \cdot P}{a} \quad (21)$$

$N_e = \text{potencia en } [W]$

Para obtener la cupla, N_e debe dividirse por la velocidad angular $2 \cdot \pi \cdot n$, obteniéndose,

$$M = \frac{I_a \cdot \Phi \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot \frac{z \cdot P}{a} = \frac{I_a \cdot \Phi}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{z \cdot P}{a} \quad [Nm] \quad (22)$$

El rendimiento eléctrico puede expresarse como

$$\eta_e = \frac{E_i}{E_s} \quad (23)$$

El rendimiento mecánico η_m depende de las pérdidas de rozamiento (cojinetes y escobillas) y de las térmicas en las chapas laminadas de la armadura. El producto $\eta_e \cdot \eta_m = \eta_T$ es el rendimiento total.

Generalmente, la aplicación particular determinara la velocidad y cupla del motor y la tensión de alimentación. El circuito magnético del motor debe por lo tanto estar diseñado para producir el valor de flujo en el entrehierro necesario para la velocidad y cupla requeridas.

Los imanes de los motores

El flujo requerido puede obtenerse usando imanes ferroxdure en lugar de los ortodoxos arrollamientos de campo. Los imanes pueden estar en la forma de un anillo o de dos o más segmentos. La magnetización puede ser radial o diametral.

Los anillos magnetizados radialmente pueden solamente ser hechos de material isotropico; los anillos de ferroxdure magnetizados diametralmente pueden hacerse de ferroxdure isotropico o anisotrópico.

El valor del flujo en las fórmulas 18 a 23 depende de la calidad del imán, del entrehierro y del área de la superficie del segmento del imán. Para un segmento magnetizado radialmente el área A se calcula como:

$$A_{rad} = L_s \cdot r_i \cdot \beta \quad [m^2] \quad (24)$$

donde

- ◆ L_s = longitud axial en [m];
- ◆ r_i = radio interno en [m];
- ◆ β = ángulo de los segmentos en radianes.

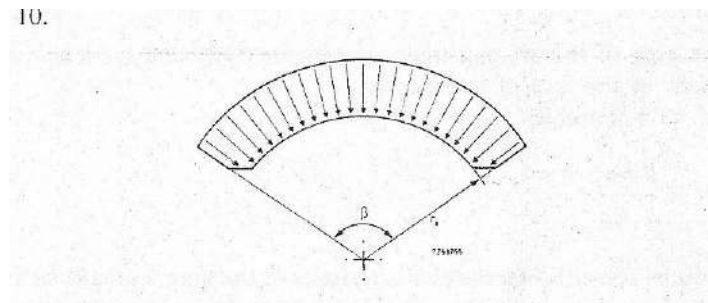


Fig. 10 Radially magnetized segment. Useful area is $A_{rad} = L_s r_i \beta$.

Para un segmento magnetizado diametralmente, el área debe tomarse como

$$A_{dia} = 2 \cdot L_s \cdot r_i \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad [m^2] \quad (25)$$

(para $\beta < 40^\circ$ (24) \cong (25) dentro del 2 %) dado que aquí la cuerda del segmento determina el flujo útil.

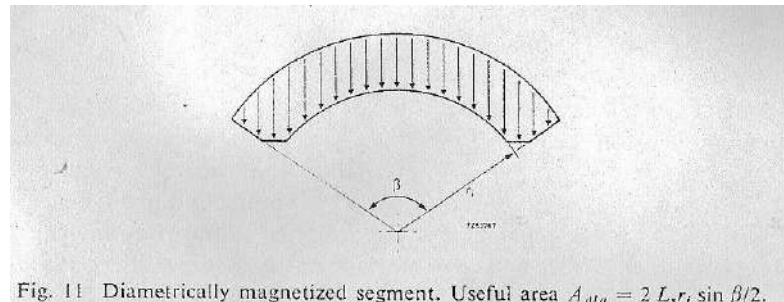


Fig. 11 Diametrically magnetized segment. Useful area $A_{dia} = 2 L_s r_i \sin \beta/2$.

Dado que el flujo por segmento es:

$$\Phi = B_M \cdot A \quad [Wb]$$

La primer cosa que hay que hacer es determinar la inducción B_M en el punto de trabajo del imán. La ecuación 8 da:

$$\frac{B_M}{H_M} = \mu_0 \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{A_g}{L_g} \cdot \frac{L_M}{A_M} \quad [H/m] \quad (8)$$

Como el flujo total por polo del imán es

$$\Phi = B_M \cdot A \text{ [Wb]}$$

reemplazando en las ecuaciones 24 y 25 se obtiene:

$$\Phi = B_M \cdot L_s \cdot r_i \cdot \beta \text{ [Wb]} \quad (26)$$

para segmentos magnetizados radialmente, y

$$\Phi = B_M \cdot 2 \cdot L_s \cdot r_i \cdot \sin \frac{\beta}{2} \text{ [Wb]} \quad (27)$$

para segmentos magnetizados diametralmente.

La longitud del imán L_M en el motor real es el espesor radial del imán, nominalmente $(r_0 - r_i)$ donde r_0 y r_i son los radios externos e internos del segmento. La longitud del entrehierro L_g es nominalmente la diferencia entre el radio interno del segmento y el radio de la armadura más cualquier entrehierro entre la superficie exterior del segmento y el alojamiento del estator producido por diferencias en el perfil.

En la práctica todas estas dimensiones tendrán tolerancias de fabricación y deben darse tolerancias para tales consideraciones prácticas como la excentricidad de la armadura y los radios de los segmentos.

Cuando se calcula el flujo, otro punto debe tenerse en cuenta. Usualmente conviene hacer las longitudes axiales de los imanes levemente mayores que la longitud axial de la armadura para obtener un flujo incrementado.

La figura 12 da un gráfico del aumento proporcional del flujo en función de L_s/L_a (L_s = longitud axial del imán, L_a = longitud axial de la armadura) para varios valores de D_a/L_a (D_a = diámetro de la armadura).

Si el imán es 10 % más largo que la armadura, casi el total del flujo pasara por la armadura, en otras palabras $\Delta\phi/\phi$ en la figura 12 es 10 %.

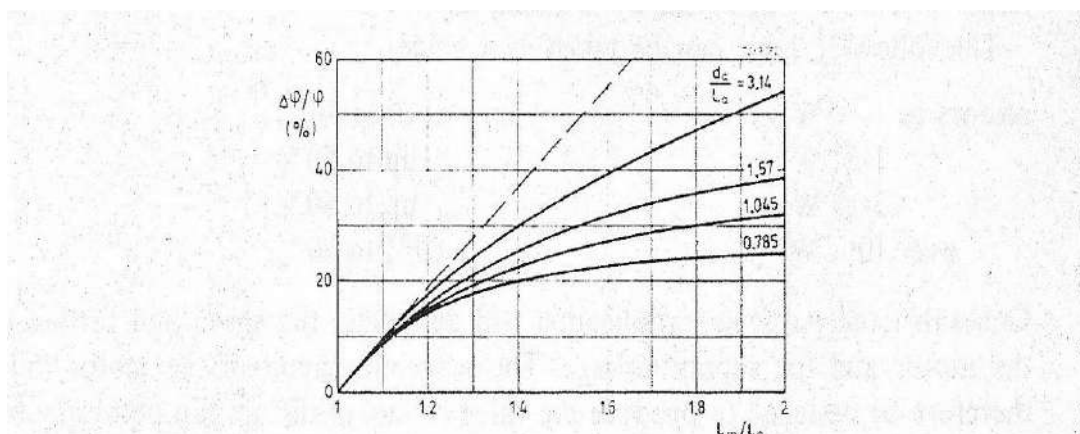


Fig. 12 Increase in useful flux plotted against ratio of magnet to armature length with ratio of armature diameter to length as parameter, L_g is constant.

Puede verse también de la figura 12 que el aumento en flujo útil es mayor para los valores más altos del cociente entre diámetro de armadura y longitud.

Así, esta técnica de diseñar motores con el imán del estator mas largo que la armadura es mejor empleada en armaduras “chatas” (armaduras en las que la longitud axial es menor que el diámetro).

Carcasa del estator

Dado que el retorno del flujo magnético es a través de la carcasa del estator que forma el cuerpo externo del motor, el espesor de pared de esta debe ser tal que no se produzca saturación. Para asegurar que las pérdidas magnéticas se mantienen dentro de límites razonables es necesario mantener la densidad de flujo en la trayectoria de retorno a menos de 1.5 tesla. Esto significa que el área transversal mínima de la trayectoria de retorno esta dada por:

$$A_{rp} = \frac{\Phi}{1.5 \cdot P} \text{ [m}^2 \text{]}$$

Donde P = al numero de polos del motor.

Tomando L_s en [m] como la longitud axial del imán se obtiene un espesor de pared de la carcasa de:

$$T_w = \frac{\Phi}{L_s \cdot 1.5 \cdot P} \text{ [m]} \quad (28)$$

Diseño de un motor a imán permanente

Los parámetros indicados por los símbolos de la pagina 11 no están en absolutos completos.

Hay aun más puntos para considerar cuando se diseña un motor. El número de alambres calculado debe acomodarse en el número posible o dispensable de ranuras: el “factor de relleno” debe ser menor de 0.3. La disipación de calor también tiene que ser considerada. Si el calor generado en los arrollamientos de la armadura no puede ser conducido y extraído a través de la superficie de armadura, la aislación del motor se deteriorará por excesivo calentamiento. Un tercer punto es la sensibilidad a bajas y altas temperaturas ambientes; a veces la cupla se especifica a -30°C .

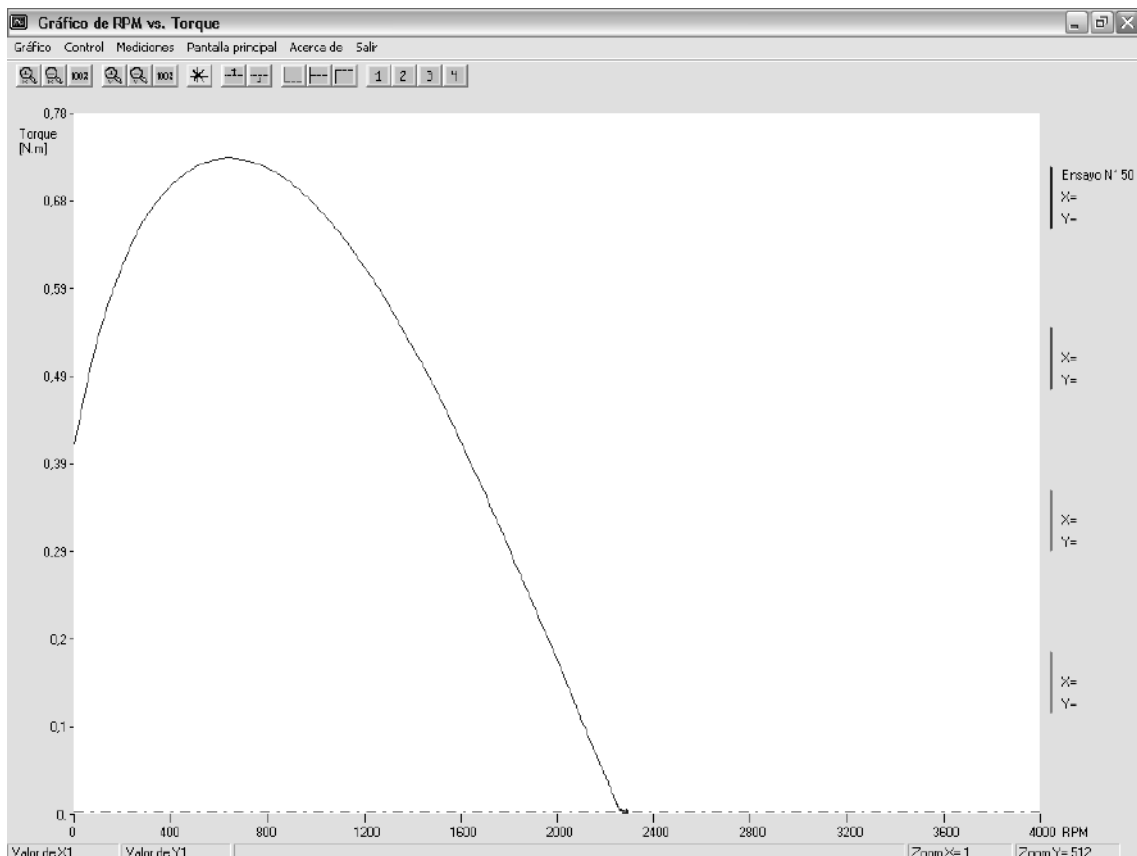
Para poder diseñar el motor óptimo tenemos que elaborar una planilla de cálculo a la que se le suministrarán todas las variables. Algunos parámetros estarán especificados exactamente, tales como la tensión, cupla, diámetro, velocidad, mientras que de otros se darán solamente los límites.

Antes de comenzar a detallar el cálculo del motor debemos explicar como fue que obtuvimos los valores de las variables tales como E_b , p , q , cantidad de ranuras y L_s .

Para comenzar ensayamos el motor original a ser reemplazado, tanto en carga como en un banco de prueba, que es de donde obtuvimos los siguientes datos:

Datos en carga ensayado con la pala original:

- $V = 13.5$ [V]
- $I = 16$ [A]
- $n = 1915$ [rpm]



Vale la pena aclarar que dicha curva no es del todo verdadera ya que el banco de prueba de donde se obtiene no toma los valores reales a $n = 0$ por lo tanto lo que realizamos fue la prolongación de dicha curva con la tangente al punto de velocidad nominal de régimen y así obtener la curva de cupla.

De aquí se obtienen los valores deseados de Torque a $n = 0$ [rpm] (M_0) y Torque a n nominal = 1915 [rpm].

Hasta aquí tenemos todos los datos necesarios para lograr el mismo motor o como buscamos en el análisis posterior mejorarlo en algún aspecto.

La mejora a la que apuntamos es la disminución del consumo del electroventilador en carga, o sea, bajar los 16 [A]. Esto se debe a que los automóviles que lo utilizan trabajan a altas temperaturas y por lo tanto en épocas de calor se encuentran sometidos a un recalentamiento excesivo, con lo cual el electroventilador funciona intermitentemente cada un minuto. Esto no sería un problema por sí solo para el funcionamiento del automóvil, pero si le sumamos que muchos automóviles nafteros utilizan gas natural comprimido (GNC) para su

funcionamiento, en especial los taxistas y remiseros, y además que alguno tenga aire acondicionado, entonces las revoluciones del motor bajan por el alto consumo.

Es aquí donde nos proponemos la mejora que debemos encontrar; el consumo debe bajar.

Al comunicarnos con la gente especializada de la marca que corresponde al automóvil, representantes de la misma en la Argentina, nos comentan que las [rpm] que el electro debe entregar pueden variar entre unas 1800 y 1950 [rpm]. Este es otro dato a tener en cuenta para el cálculo final.

Para la obtención del dato de la resistencia interna de la batería del automóvil, nos comunicamos con los representantes en la Argentina de la marca mas reconocida en el mercado los cuales nos dijeron que esta se puede tomar como 0.01 [Ω].

Una vez que tenemos todos estos datos hacemos el cálculo correspondiente, pero tomando dos de las variables arriba nombradas como constantes conocidas. Estas son la cantidad de ranuras (20 y 28) ya que es el tipo de laminación que se consigue en el mercado sin tener que hacer una gran inversión inicial en la construcción de una matriz para el corte de la misma, y la longitud del imán o también llamado sector cerámico (L_s), que podrá valer 36 ó 25[mm].

Vemos entonces que podremos obtener cuatro motores diferentes a ser:

- Motor 1: 20 ranuras sector chico
- Motor 2: 28 ranuras sector chico
- Motor 3: 20 ranuras sector grande
- Motor 4: 28 ranuras sector grande

A raíz de la posibilidad que tenemos de fabricar como prototipos los mismos vemos que si logramos obtenerlos y luego ensayarlos podremos fijar los valores de E_b , p y q , y además determinar que cantidad de ranuras es la más conveniente y cual es la longitud del imán mas aprovechada por el motor.

Del cálculo correspondiente obtenemos que los bobinados son:

- Motor 1 y Motor 3: 30 espiras de alambre de cobre de diámetro 0.65 [mm].
- Motor 2 y Motor 4: 21 espiras de alambre de cobre de diámetro 0.65[mm].

Luego de su construcción se ensayaron arrojando los siguientes resultados que se comparan en la misma tabla con los del electro original:

Características	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Original
Ranuras y Sector	20 Chico	28 Chico	20 Grande	28 Grande	28 Grande
n [rpm]	1600	1600	1400	1400	1915
Torque [N.m]	0.26	0.18	0.31	0.085	0.235
Consumo []	8	9.2	5.3	6.7	16
Potencia Eléctrica [Watt]	110	110	75	65	127
Potencia Mecanica [Watt]	45	29	46	14	45.8
Eficiencia [%]	39	26	39	25	37.5
Torque a n=0 [N.m]	1.3	1.12	1.57	1.45	1.47

Como se puede apreciar perfectamente de la tabla anterior el motor que más se aproxima a lo que buscamos es el de 20 ranuras sector cerámico grande. Con lo cual de aquí en adelante tomaremos a la cantidad de ranuras y la longitud del imán (L_s) constantes.

Luego de obtener los resultados mostrados realizamos el recalcu de los motores con sus propios datos ahora ya sabidos y así tratamos de obtener los mismos motores o sea de las mismas características. Con esto nos quedan cuatro cálculos de motores en los cuales debemos tener los mismos valores de E_b , p y q .

Al culminar con estos cuatro cálculos transformamos a todas las variables en constantes definidas y ahora sí podemos obtener el motor deseado.

Se requiere un motor con las siguientes especificaciones:

- ◆ $E = 13,5$ [V]
- ◆ $M_0 = 1,497$ [Nm] **cupla de arranque**
- ◆ $M_{30} = 0,377$ [Nm] **cupla a 30 [rps]**
- ◆ $D_a = 0,082$ [m] **diámetro de la armadura**
- ◆ **Ranuras = 20**
- ◆ $L_a = 0,02145$ [m] **Sección transversal ranuras o ancho paquete**
- ◆ $P = 4$ **numero de polos**
- ◆ $a = 4$ **numero de circuitos paralelos**
- ◆ $R_i = 0,01$ [Ω] **resistencia interna de la batería**
- ◆ $E_b = 2,1$ [V] **(0,5-1 [V] x Escobilla / 2-4 [V] x 4 Escobillas) caída de tensión en escobillas**
- ◆ $\eta_{mec} = 0,74$ **rendimiento mecánico a 30 [rps]**
- ◆ $n = 30$ [rev/seg] **equivale a 1800 [rpm]**

Los valores de $z\Phi$ y $R_{total} = (R_i + R_a + R_b)$ pueden calcularse con las ecuaciones 18, 20 y 22.

Sustituyendo en las ecuaciones 18 y 20 se obtiene:

$$E - I_a \cdot R_i = n \cdot \frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi + I_a \cdot R_a + I_a \cdot R_b \text{ [V]}$$

donde

$$I_a = \frac{E - (n \cdot \frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi + E_b)}{R_a + R_i} \text{ [A]} \quad (29)$$

Esto, insertado en la ecuación 22, da:

$$M = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi \cdot \frac{E - (n \cdot \frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi + E_b)}{R_a + R_i} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_a + R_i)} \left\{ (E - E_b) \cdot \frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi - \left(\frac{P}{a} \cdot z \cdot \Phi \right)^2 \cdot n \right\} \text{ [Nm]} \quad (30)$$

A $n = 0$, el coeficiente de rendimiento mecánico será 1. Además, se alimentara el motor con una batería que tiene una resistencia interna de 0.01 [Ω] (dato brindado por Baterías Bosh.) y que la caída de tensión total en las escobillas es de 2.1 [V].

La ecuación 30 luego conduce a:

$$M = \frac{M_0}{\eta_m} = \frac{1.497}{1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_a + R_i)} \cdot [(13.5 - 2.1) \cdot z \cdot \Phi] \text{ [Nm]} \quad (31)$$

$$R_a + R_i = \frac{(13.5 - 2.1) \cdot z \cdot \Phi}{2 \cdot \pi \cdot 1.497} \text{ [\Omega]}$$

A 30 [rps], el η_m es de 0.74. De la ecuación 30 se obtiene:

$$M = \frac{M_{30}}{\eta_m} = \frac{0.377}{0.74} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (R_a + R_i)} \cdot [(13.5 - 2.1) \cdot z \cdot \Phi - 30 \cdot (z \cdot \Phi)^2] \text{ [Nm]} \quad (32)$$

Reemplazando la ecuación 31 en la 32 encontramos:

$$z \cdot \Phi = 0.251 \quad [\text{Wb} \cdot \text{numero de conductores}]$$

y consecuentemente:

$$R_a = 0.304 \quad [\Omega]$$

La corriente a 30 [rps] puede ahora calcularse con la formula:

$$E - I_a \cdot R_i = E_b + I_a \cdot R_a + E_i$$

donde

$$I_a = \frac{E - (E_i + E_b)}{R_a + R_i} = 12.36 \quad [\text{A}]$$

El rendimiento eléctrico será:

$$\eta_e = \frac{E_i}{E - I_a \cdot R_i} = 0.6$$

dando un rendimiento total de:

$$\eta_{total} = \eta_m \cdot \eta_e = 0.42$$

Para el diseño se utilizará una carcasa de diámetro interno ($D_{\text{int. carcasa}}$) de 97.6 [mm] y como imán se elegirá un segmento ferroxidure 280 de las siguientes características:

- ◆ $R_{\text{int.}} = 41.45$ [mm]
- ◆ $R_{\text{ext.}} = 48.15$ [mm]
- ◆ $L_s = 36$ [mm] longitud axial del segmento
- ◆ $\beta = 67^\circ$
- ◆ $L_m = 0.0067$ [m] espesor del segmento.

A partir de los datos señalados podemos obtener el espesor del entrehierro como:

$$L_g = \frac{D_{\text{int. carcasa}}}{2} - L_m - \frac{Da}{2} = 0.0011 \quad [m]$$

Podemos ahora calcular el flujo producido por unidad de longitud axial. Este flujo puede encontrarse fácilmente dado que estamos trabajando en la parte lineal de la curva de desmagnetización.

Como $L_s/L_a = 1.68$ y $Da/L_a = 3.82$ de la figura 12 obtenemos un aumento de flujo del 50%.

$$\Phi = B_M \cdot A_M \cdot 1.5 \quad [\text{Wb/cm}] \text{ de longitud.}$$

B_M , la inducción en el imán en el punto de trabajo puede determinarse con la ecuación:

$$\frac{B_M}{H_M} = \mu_0 \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{L_M}{L_g} \cdot \frac{A_g}{A_M} = 4.30 \cdot E^{-5} \quad [\text{Hy}/\text{m}]$$

donde:

- ◆ $p = 10$ factor de dispersión;
- ◆ $q = 1.05$ factor que compensa las perdidas del imán;
- ◆ $A_M = L_s \cdot R_{\text{int}} \cdot \beta = 1.74 E^{-3} [\text{m}^2]$ área axial del imán;
- ◆ $A_g = L_a \cdot \frac{D_a}{2} \cdot \beta = 1.03 E^{-3} [\text{m}^2]$ área axial del entrehierro.
- ◆ $\mu_0 = 1.26 E^{-6} [\text{Hy}/\text{m}]$ permeabilidad del vacío.

A partir del valor de B_M/H_M podemos obtener el valor del ángulo α que forma la línea de carga con el eje B.

$$\alpha = \arctg \left(\frac{1}{\frac{B_M}{H_M}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 13.10^\circ$$

Esto representa una carga estática del imán, que puede ser graficada en las curvas de desmagnetización de FX 280, ver figura 14;

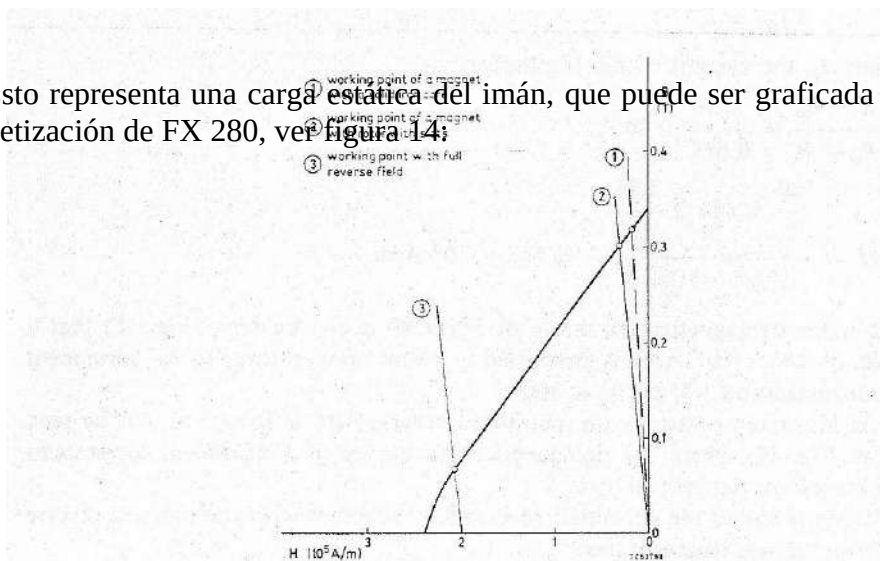


Fig. 14 Demagnetization curve of ferroxdure 280 with
 1. static load line for system with a solid iron core;
 2. static load line for actual motor with slotted armature,
 3. permitted reverse field at room temperature.

De este gráfico podemos ahora leer el punto de trabajo que es de 0.26 tesla.

Se ha encontrado empíricamente que cuando no tenemos un núcleo sólido de hierro, sino uno ranurado, como es el caso aquí, debe esperarse una disminución del 5% de B_M . Por lo tanto, el valor de B_M real será $0.95 \times 0.26 = 0.247$ tesla. La línea de carga que pertenece a este B_M se muestra también en la figura 14.

El flujo puede ahora calcularse:

$$\Phi = B_{Mreal} \cdot R_{int} \cdot \beta \cdot 1.5 = 1.8 \cdot E^{-4} \text{ [Wb/cm]}$$

Del valor de $z \cdot \phi = 0.251$ encontrado anteriormente podemos calcular el número de conductores en función de la longitud axial de la armadura:

La (cm)	Fi (Wb)	z (nº de conductores)
0,25	4,49E-05	5583,38
0,5	8,98E-05	2791,69
0,75	1,35E-04	1861,13
1	1,80E-04	1395,84
1,25	2,24E-04	1116,68
1,5	2,69E-04	930,56
1,75	3,14E-04	797,63
2	3,59E-04	697,92
2,25	4,04E-04	620,38
2,5	4,49E-04	558,34
2,75	4,94E-04	507,58
3	5,39E-04	465,28
3,25	5,84E-04	429,49
3,5	6,29E-04	398,81
3,75	6,73E-04	372,23
4	7,18E-04	348,96
4,25	7,63E-04	328,43
4,5	8,08E-04	310,19
4,75	8,53E-04	293,86
5	8,98E-04	279,17
5,25	9,43E-04	265,88

Estos valores han sido graficados en la figura 15.

Una densidad de corriente permisible S_A para alambre de cobre es aproximadamente 14 A/mm². La sección transversal del cobre requerida es entonces:

$$S_{cu} = \frac{I_a}{a \cdot S_A} = 0.22 \text{ [mm}^2\text{]}$$

A partir de la sección podemos obtener el diámetro del alambre de cobre:

$$\phi_{cu} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{cu}}{\pi}} = 0.53 \text{ [mm]}$$

Un tamaño de alambre comercialmente disponible es de 0.55 [mm], con una sección $S = 0.24 \text{ [mm}^2\text{]}$.

El valor de la resistencia eléctrica por metro es:

$$R_o = \frac{\rho}{S} = 7.11E^{-4} \text{ [\Omega/cm]}$$

donde $\rho = 1.69E^{-5} \text{ [\Omega.mm]}$ (resistividad del cobre).

El valor de z puede ahora calcularse a partir de R_a . La formula es:

$$R_a = \frac{\text{longitud por conductor} \cdot z \cdot R_o}{a^2}$$

La longitud de un conductor se toma como la suma de la longitud de la armadura y el diámetro de la armadura:

$$R_a = \frac{(L_a + D_a) \cdot z \cdot Ro}{a^2}$$

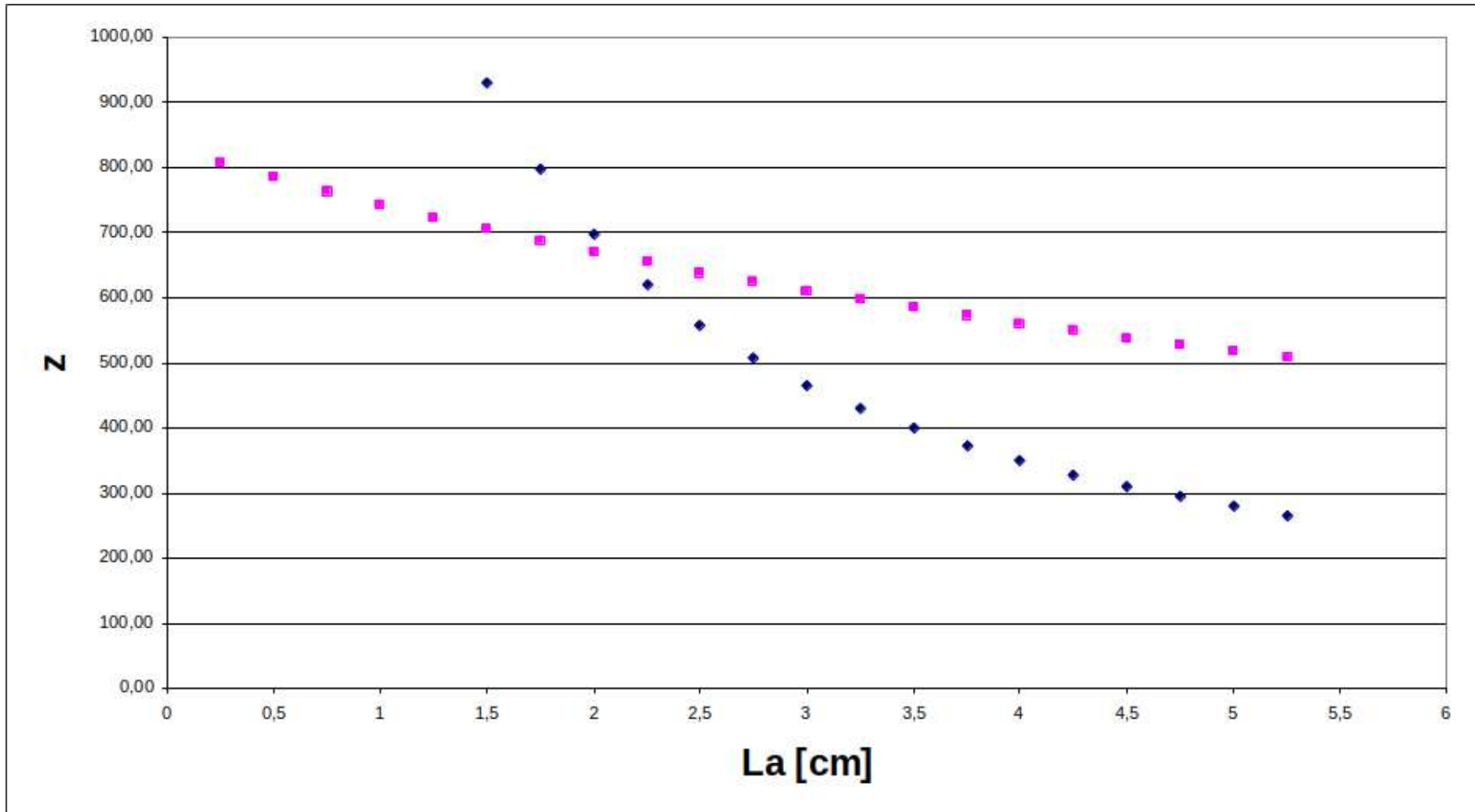
$$z = \frac{R_a \cdot a^2}{Ro \cdot (L_a + D_a)}$$

$$z = \frac{0.304 \cdot 16}{7.11E^{-4} \cdot (L_a + 0.082)}$$

Al igual que en el caso anterior se obtuvieron para los distintos valores de L_a , los valores de z .

La (cm)	z (nº de conductors)
0,25	808,75
0,5	785,51
0,75	763,56
1	742,81
1,25	723,16
1,5	704,53
1,75	686,82
2	669,99
2,25	653,96
2,5	638,68
2,75	624,10
3	610,17
3,25	596,85
3,5	584,09
3,75	571,87
4	560,16
4,25	548,91
4,5	538,10
4,75	527,71
5	517,72
5,25	508,10

Estos valores fueron también graficados en la figura 15.



Es evidente que el punto de intersección de las curvas será la mejor formula de compromiso. Por lo tanto una armadura de 21.45 [mm] de longitud con un número de conductores de 659.30, de los cuales se adoptó 660 conductores, es decir 165 vueltas. Para 20 ranuras esto significa $165/20 = 16.5$ vueltas, adoptándose 17 vueltas por ranura con lo cual nos queda $17 \times 20 \times 2 = 680$ conductores.

- ◆ $z = 680$ conductores
- ◆ 20 ranuras
- ◆ 20 bobinas de 17 vueltas cada una.

Cabe señalar que el valor de L_a obtenido del grafico, se logro a partir de una serie de iteraciones para llegar a los resultados obtenidos.

Calculo del factor de relleno

El área de la sección transversal total de estos alambres es de:

$$A_{\text{sección total de conductores por ranura}} = \frac{z}{20} \cdot S_{\text{sección del cobre}} = 8.078 \text{ [mm}^2\text{]}$$

El área de la ranura es:

$$A_{\text{área de la ranura}} = 59.25 \text{ [mm}^2\text{]}$$

El factor de relleno es:

$$f = \frac{8.078}{59.25} = 0.14$$

que es un factor muy aceptable.

Calculo de las perdidas eléctricas

Las perdidas eléctricas en la armadura son:

$$P_e = I_a^2 \cdot R_a = 46.43 \text{ [W]}$$

que han de ser disipadas a través de la superficie de enfriamiento de la armadura. Esta tiene un área de:

$$A_{\text{armadura}} = \pi \cdot D_a \cdot L_a = 0.006 \text{ [m}^2\text{]}$$

En la practica la transferencia de calor especifico es de $46.43 \text{ [W]} / 0.006 \text{ [m}^2\text{]} = 8403.23 \text{ [W/m}^2\text{]}$, un valor muy permisible en vista de la elevación de temperatura del motor.

Campo inverso inducido en el motor

El campo inverso inducido en el motor puede ser calculado con la formula:

$$H_i = \frac{I_0 \cdot z \cdot \beta}{2 \cdot (L_M + L_g)}$$

donde I_0 , la corriente dentro del motor para $n = 0$ es:

$$I_0 = \frac{E - E_b}{R_a + R_j} = 36.33[A]$$

luego

$$H_i = 71510 [A/m]$$

De la curva de desmagnetización de FXD 280 puede verse (figura 16) que un campo de $186 \text{ E}^3 [A/m]$ es permitido a temperatura ambiente, por lo tanto ninguna desmagnetización permanente se producirá al comienzo.

A temperaturas inferiores, el campo inverso permitido es menor, como puede verse en la figura 16, donde las curvas de desmagnetización del FXD 280 a temperatura menor son parcialmente mostradas.

La tabla siguiente muestra el campo inverso permitido junto con campo inverso inducido a varias temperaturas.

temperatura °C	campo inverso permitido A/m	campo inverso inducido A/m
20	186000	112000
10	174000	115000
0	162000	120000
-10	150000	125000
-20	138000	130500
-30	127000	136500

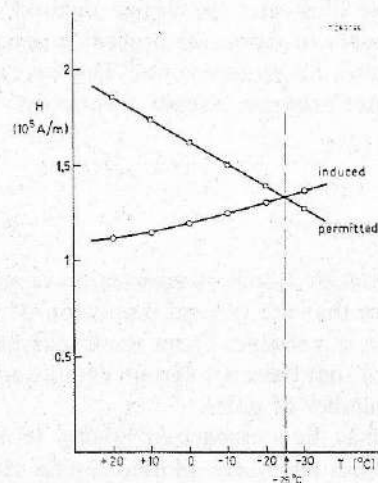
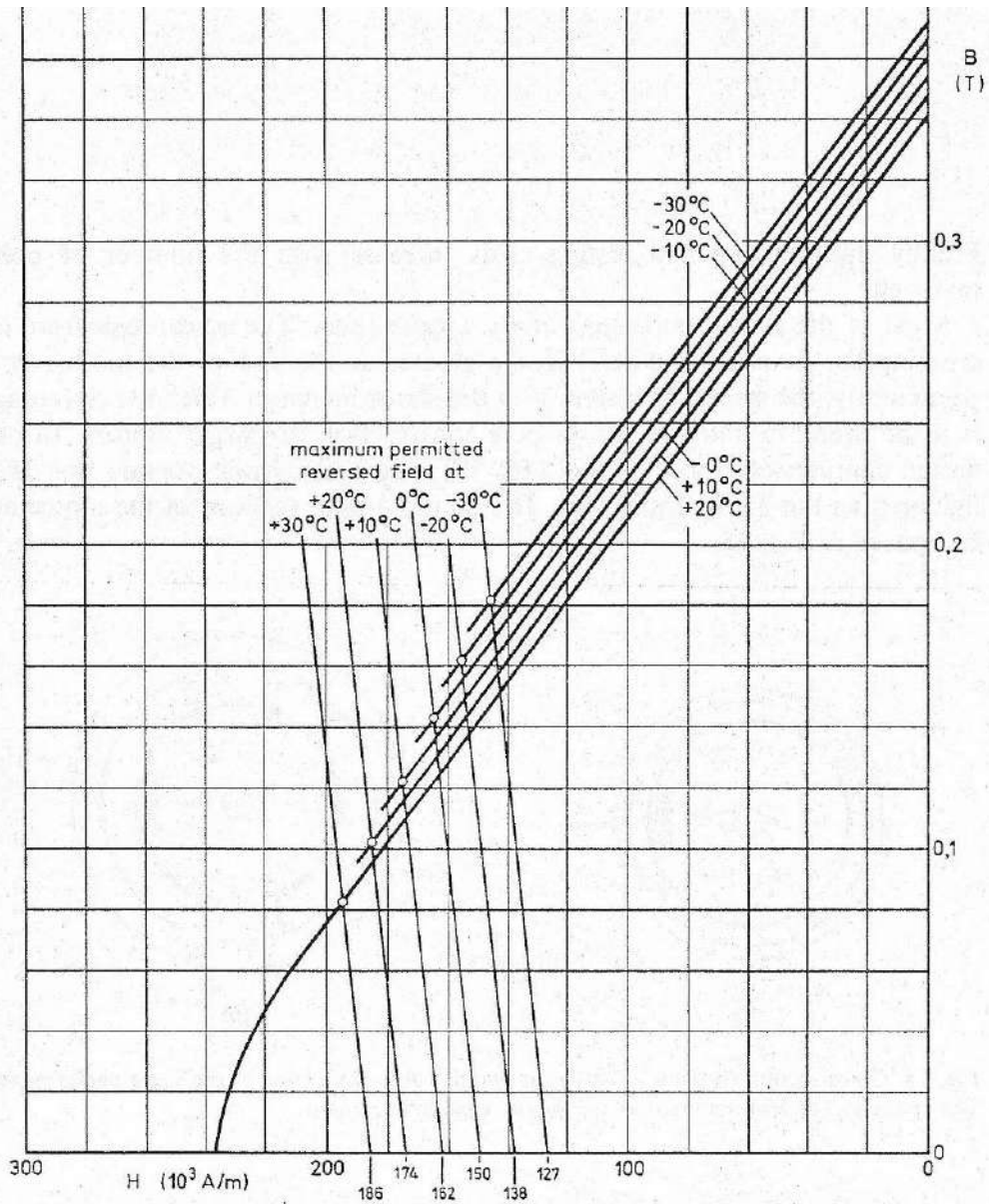


Fig. 17 Permitted and induced reverse fields plotted as a function of temperature. The motor is stable down to -25°C .

Los campos inversos permitidos e inducidos están graficados en la figura 17 en función de la temperatura. La intersección de las dos curvas está a -25 °C, lo que significa que el motor será estable hasta esa temperatura.

Calculo del espesor mínimo de la carcasa

Dado que el flujo de retorno a través de la armadura pasa a través de la carcasa, el espesor de esta debiera ser tal que no se produzca ninguna saturación. El espesor mínimo esta dado por:

$$T_w = \frac{\Phi}{L_s \cdot P \cdot 1.5} = 0.0011 [m]$$

Donde:

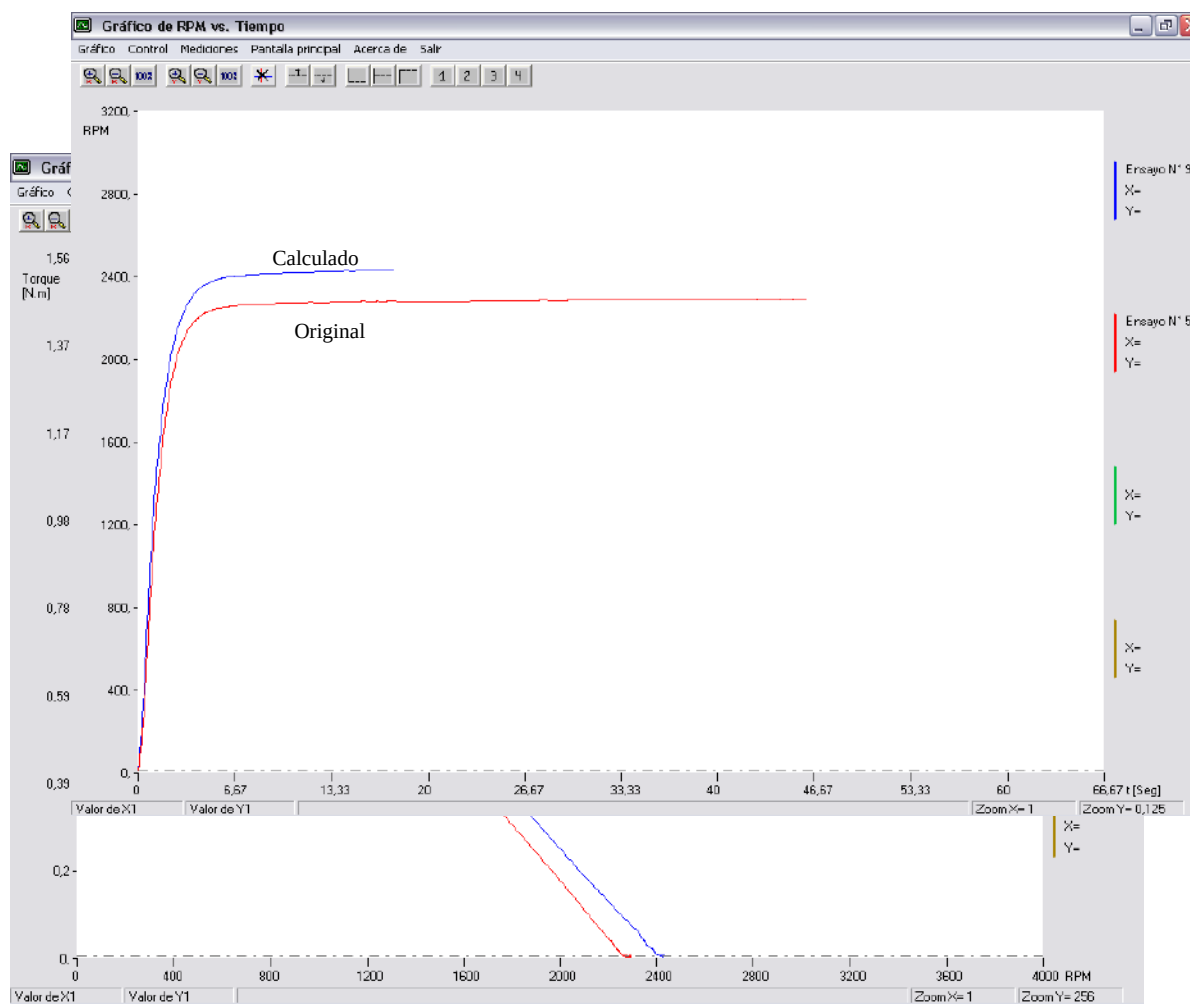
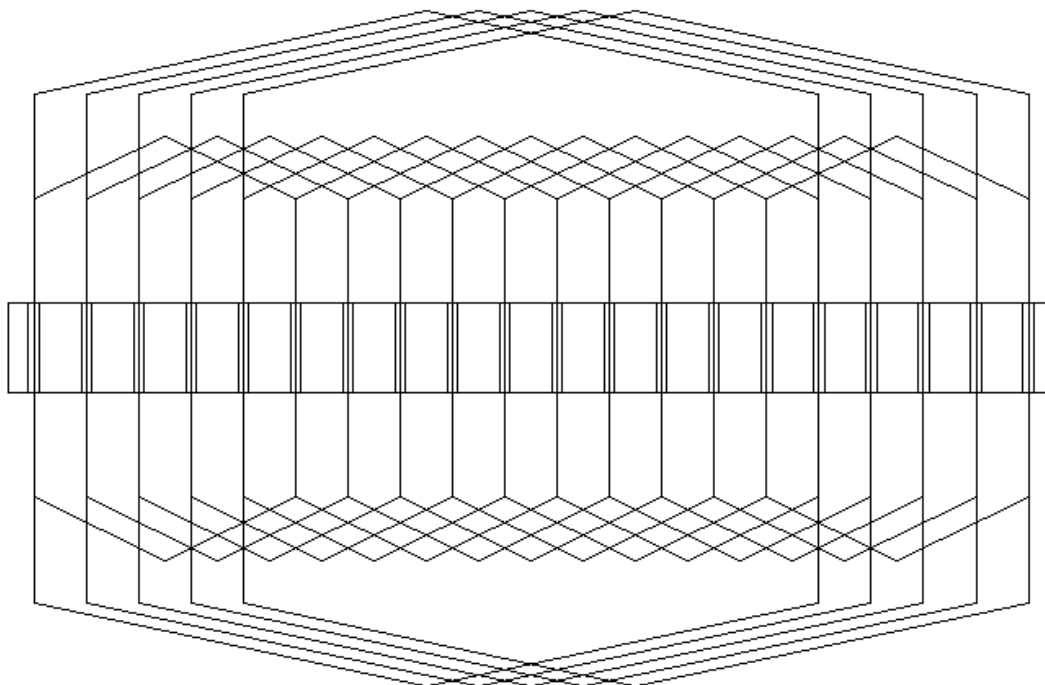
- ◆ $\Phi = \frac{z \cdot \Phi}{z} = 0,000379816 [Wb]$
- ◆ $L_{carcasa} = 0.0592 [m]$ (longitud de la carcasa)

Verifica por ser menor al espesor nominal de la carcasa que es de 2 [mm]

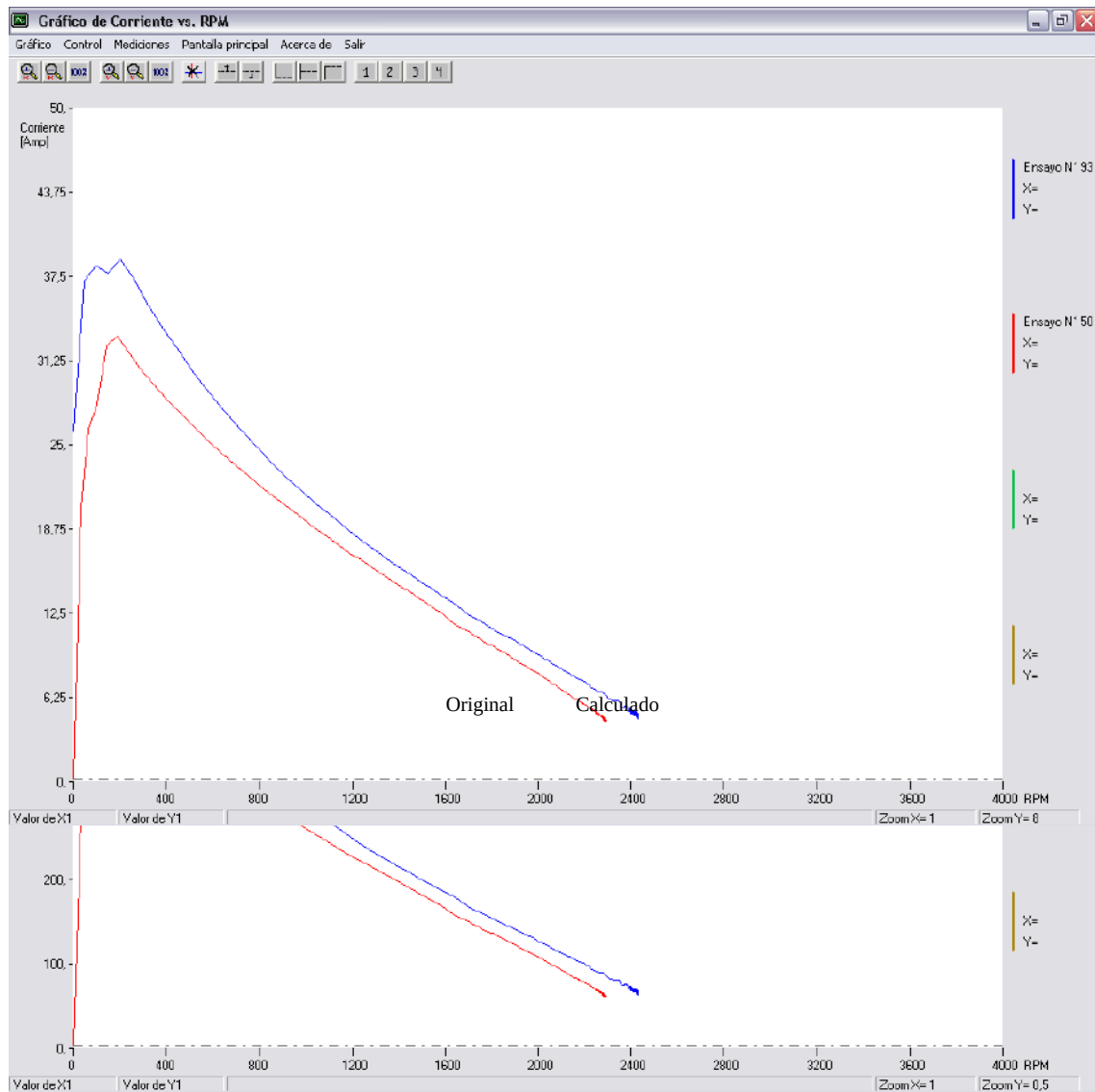
Ensayos comparativos entre el electroventilador original y el diseñado

Luego de haber culminado con el cálculo correspondiente y sus respectivas verificaciones realizamos los ensayos para poder comparar las características del motor obtenido con las del original.

Para ello se utilizo el siguiente esquema de bobinado.

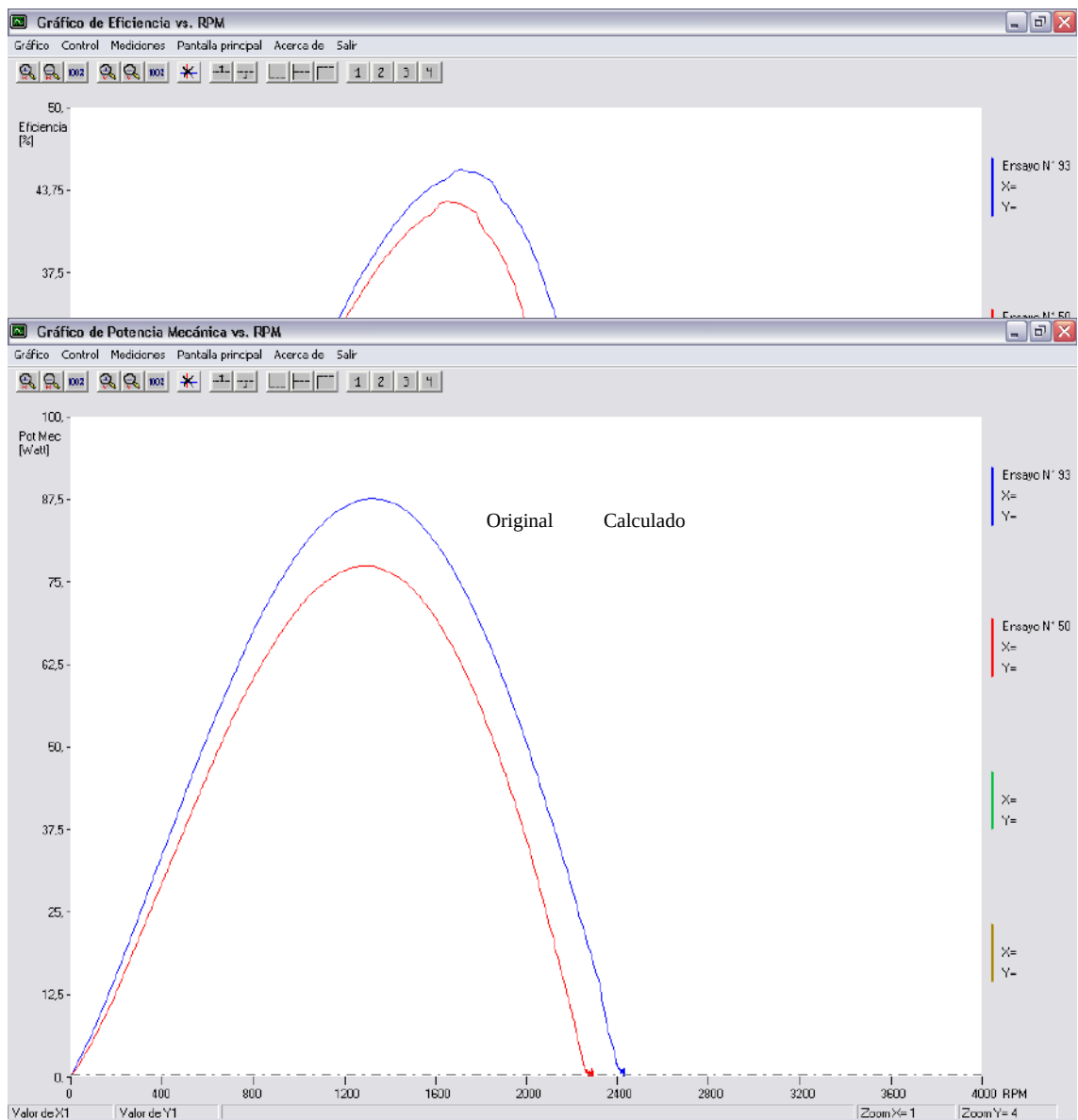


Original Calculado



Original

Calculado



Original Calculado

Pasamos a detallar en la siguiente tabla los valores de las características de cada uno:

Características	Calculado	Original
Ranuras y Sector	20 Grande	28 Grande
n [rpm]	1800	1915
Torque [N.m]	0.377	0.235
Consumo [A]	12.3	16
Potencia Eléctrica [Watt]	166.05	216
Potencia Mecanica [Watt]	87.5	45.8
Eficiencia [%]	44.07	37.5
Torque a n=0 [N.m]	1.497	1.47

Como podemos ver se ha logrado una baja sustancial del consumo del electroventilador tal como nos habíamos propuesto, sin caer por debajo del límite marcado de rpm mínimas.

Además el motor calculado tiene un mayor torque en el arranque así como también en régimen permanente.

APARTADO III

Calculo Mecánico

Análisis de los esfuerzos

El motor esta sometido a varios esfuerzos, los cuales pueden dividirse en estáticos y dinámicos.

Los primeros son aquellos debidos al peso tanto de la pala del electro ventilador como así también al del paquete o rotor del mismo y el momento torsor inicial a vencer. A partir de ahora los llamaremos P_p , P y T . A su vez los valores que los mismos toman son:

$$P_p = 5.2 \text{ [N]}$$

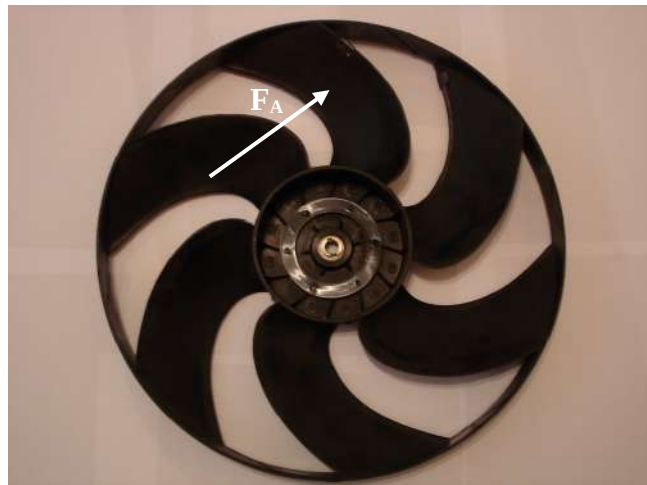
$$P = 8.5 \text{ [N]}$$

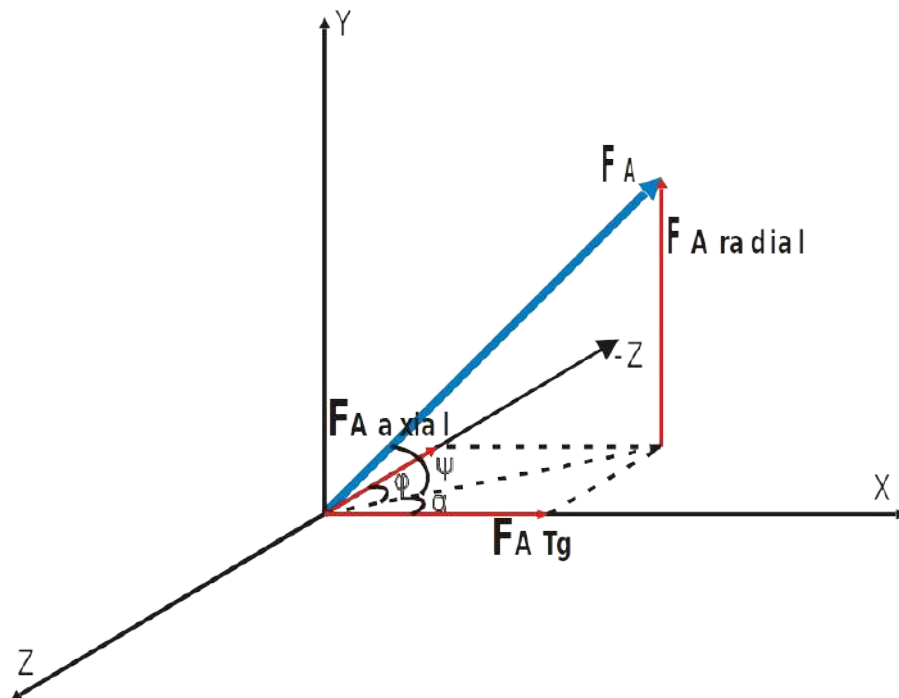
$$T = 1.497 \text{ [Nm]}$$

El momento torsor inicial es el que se obtiene de la curva de Torque vs Rpm del apartado del calculo eléctrico de la pagina N° 34.

Los esfuerzos dinámicos se producen por el movimiento de la pala del electro ventilador, o sea, se genera una fuerza centrípeta y una fuerza que representa la oposición del aire a ser desplazado del lugar que ocupa. Estos dos esfuerzos se generan en cada alabe y se calculan para cada uno de ellos. Además se podría tener en cuenta la fuerza que genera el aire que choca contra la paleta al estar el automóvil en movimiento que en nuestro caso ayuda al movimiento de la pala. Pero al encontrarse el electro ventilador detrás del radiador de agua del motor y del radiador del aire acondicionado, su velocidad disminuye, por lo tanto lo despreciamos.

A continuación se presenta una imagen de la pala que corresponde al modelo del electro ventilador calculado.





En dicha imagen se puede apreciar que los alabes son simétricos radialmente, o sea que las fuerzas centrípetas en cada uno de ellos se anula con la del opuesto. Por lo tanto de aquí en más calcularemos solo los esfuerzos que el aire le provoca a la paleta al girar la misma.

Para ello hemos hecho algunas consideraciones, a ser, dicho esfuerzo es el que corresponde al peso del aire que ocupa el lugar entre alabes contiguos. Para determinarlo se halla el volumen de aire, el cual es de aproximadamente:

$$V_{\text{Aire}} = 5.95 \times 10^{-4} \text{ [m}^3\text{]}$$

Ahora debemos determinar dicho peso, para lo cual necesitamos la densidad del mismo. Como se sabe ella varía con la temperatura de forma inversa, con lo cual, aunque el motor funcione normalmente en condiciones donde el aire se encuentra a 90°C el caso más desfavorable sería que arrancara a temperatura ambiente, por lo tanto el valor de densidad y consecuentemente el del peso son:

$$\delta_{\text{amb}} = 1 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$P_{\text{Aire}} = 5.95 \times 10^{-3} \text{ [N]}$$

Con lo cual la fuerza que genera sobre la pala dicho peso es:

$$F_A = P_{\text{Aire}} = 5.95 \times 10^{-3} \text{ [N]}$$

Descomponiendo dicha fuerza en las direcciones que nos interesan para poder apreciar los esfuerzos generados por las mismas tenemos:

- $F_{\text{Axial}} = F_A \cdot \cos \alpha \cdot \cos \psi'$
- $F_{\text{Atg}} = F_A \cdot \cos \varphi \cdot \cos \psi'$
- $F_{\text{Aradial}} = F_A \cdot \cos \psi'$

Donde los ángulos correspondientes fueron hallados en forma estimada y valen:

$$\alpha = 23.5$$

$$\psi = 25.84$$

$$\varphi = 66.5$$

por lo tanto,

- $F_{\text{Axial}} = 4.91 \cdot 10^{-3} \text{ [N]}$
- $F_{\text{Atg}} = 2.13 \cdot 10^{-3} \text{ [N]}$
- $F_{\text{Aradial}} = 5.35 \cdot 10^{-3} \text{ [N]}$

Por la geometría de la paleta que se puede apreciar en la foto que se encuentra en la página anterior, se ve que las F_{Aradial} se anulan entre los alabes y F_{Atg} también se anulan como fuerzas pero transmiten un momento torsor antagónico al giro del motor que vale:

$$M_{F_{\text{Atg}}} \text{ [Nm]} = F_A \text{ [N]} \cdot d \text{ [m]} \cdot n_d$$

Siendo, n_d , el numero de pares de alabes = 3
 d , distancia de la fuerza al centro de giro = 0.19 [m]

$$M_{F_{\text{Atg}}} = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ [Nm]}$$

Finalmente el esfuerzo axial que se transmite al eje debido a F_{Axial} es igual a esta fuerza multiplicada por los seis alabes que tiene la paleta, por lo tanto el mismo es de 0.03 [N].

Luego de haber obtenido los valores de todos los esfuerzos que participan en este análisis, llegamos a la conclusión de que los esfuerzos dinámicos no son comparables con los estáticos y por lo tanto los despreciamos. Es por ello que de aquí en adelante se denominan esfuerzos a los esfuerzos estáticos.

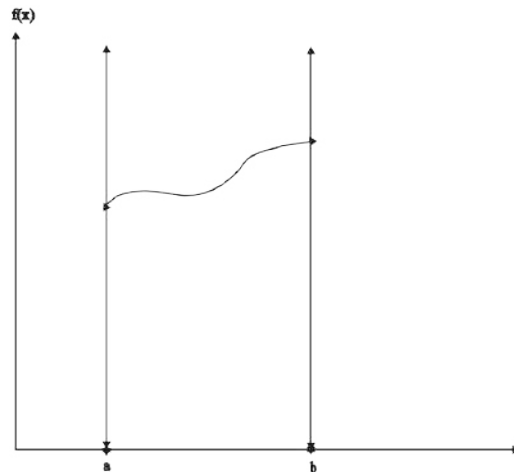
Elementos Finitos

Introducción

Desde el punto de vista estricto, la mayor parte de las estructuras deberían clasificarse dentro de lo que se denomina sistemas estructurales continuos con infinitos grados de libertad y, por tanto, para conocer su comportamiento frente a cargas exteriores debería ser necesario integrar las correspondientes ecuaciones diferenciales de equilibrio. Sin embargo, este tipo de análisis es con frecuencia difícil, o imposible, debido a la geometría de la estructura, la naturaleza de las condiciones de contorno, la distribución de las propiedades mecánicas de los materiales, el tipo de cargas, etc., y en la práctica es necesario utilizar métodos más simplificados que permitan analizar la estructura de manera aproximada. El método de los elementos finitos es uno de los procedimientos que existen para aproximar el comportamiento de una estructura con infinitos grados de libertad por el de otra, con aproximadamente las mismas propiedades físicas y geométricas, pero con un número finito de grados de libertad, cuyas ecuaciones de equilibrio pueden expresarse por un sistema algebraico de ecuaciones simultáneas con un número limitado de incógnitas.

Para entender mejor el significado de los elementos finitos basaremos esta introducción al mismo aplicado a casos de sistemas unidimensionales.

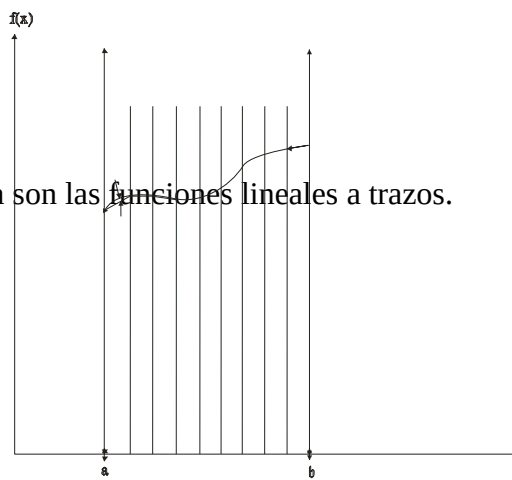
Como mencionamos anteriormente se trata de hallar una función $f(x)$ que represente algún comportamiento físico buscado.



Para ello se define una base y se buscan los resultados como combinación lineal de la misma.

Cuando el espacio es infinito lo que se hace es definir un subespacio de dimensión finita.

La base más común son las funciones lineales a trazos.



verdadera

aproximada

Cada uno de estos segmentos en el cual esta dividido el intervalo se llaman elementos.

Un pilar fundamental en el cual se asienta el método de elementos finitos es el Principio de los Trabajos Virtuales (PTV) el cual enuncia.

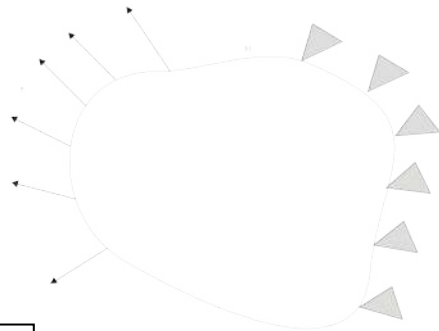
“ Un cuerpo esta en equilibrio bajo la acción de un sistema de fuerzas exteriores si al imponer al mismo unos desplazamientos arbitrarios (virtuales) compatibles con las condiciones de los apoyos, el trabajo realizado por las fuerzas exteriores sobre los desplazamientos virtuales es igual al trabajo que realizan las tensiones en el cuerpo sobre las deformaciones producidas por los desplazamientos virtuales ”

Trabajo externo sobre un cuerpo sujeto a fuerzas de volumen f y de superficie t

$$\delta W_E = \int_V f \cdot \delta u \cdot dv + \int_S t \cdot \delta u \cdot ds$$

Trabajo interno almacenado (Energía Elástica)

$$\delta W_I = \int_V \sigma_{ij} \cdot \delta \varepsilon_{ij} \cdot dv$$



$$\delta W_I = \delta W_E$$

Para un entendimiento mas claro de cómo aplicar el modelo de elementos finitos, lo aplicaremos a un sistema de barra bajo la acción de esfuerzos axiales y dividiremos la barra en un solo elemento.



Ecuación constitutiva:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{du}{dx}$$

Planteamos para este caso el PTV

δ Energía Elástica = δ Trabajo de las fuerzas aplicadas

$$\int \sigma \cdot \delta \varepsilon \cdot dv = \int_0^l B \cdot \delta u \cdot dl + \sum_{i=1}^p X_i \cdot \delta u_i$$

$$\int_0^l \sigma \cdot \delta \varepsilon \cdot A \cdot dl = \int_0^l B \cdot \delta u \cdot dl + X_1 \cdot \delta u_1 + X_2 \cdot \delta u_2$$

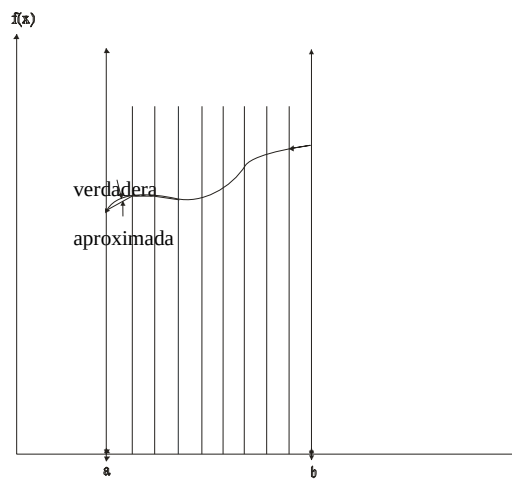
$\int_0^l E \cdot \frac{du}{dx} \cdot A \cdot \frac{d\delta u}{dx} \cdot dl = \int_0^l B \cdot \delta u \cdot dl + X_1 \cdot \delta u_1 + X_2 \cdot \delta u_2$ ecuación que gobierna los desplazamientos para todo δu

¿Cuál es la incógnita que debemos averiguar?

La incógnita a averiguar a $u(x) = f(x)$

¿Cómo procedemos para hallar $u(x)$?

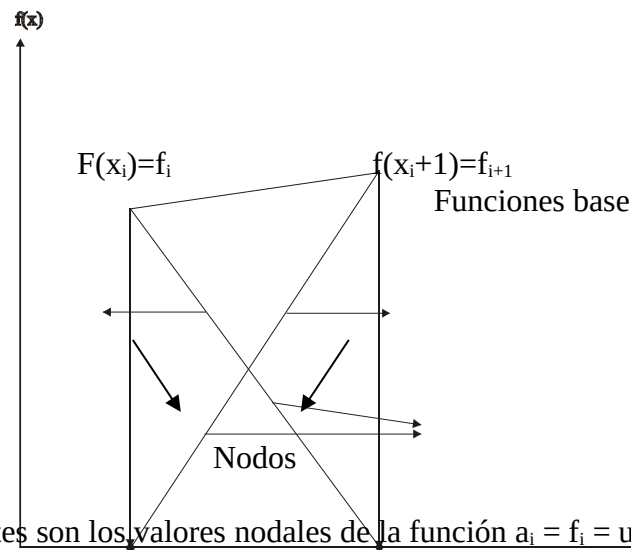
El modo en que se procede es aproximar a $u(x)$ como combinación lineal de funciones prefijadas.



Para ello utilizamos como antes lo mencionamos la aproximación lineal a trazos.

$$f(x) \cong \bar{f}(x) = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot a_i$$

¿Quién es la base y quien son los coeficientes a_i ?

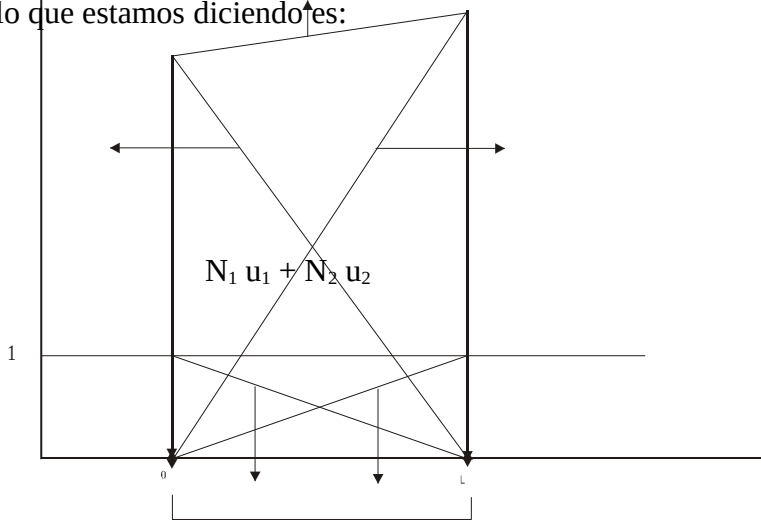


Los coeficientes son los valores nodales de la función $a_i = f_i = u_i$
 A las funciones base se las suele llamar funciones de forma y se suele usar la letra N en vez de ϕ

La función aproximante, entonces, se escribe:

$$\bar{f}(x) = \sum_{i=1}^n N_i \cdot u_i$$

Gráficamente lo que estamos diciendo es:



$$N_1 u_1$$

$$N_2 u_2$$

$$N_1 \quad N_2$$

Elemento

$$u = N_1 \cdot u_1 + N_2 \cdot u_2$$

¿Cómo se expresa analíticamente todo lo expresado gráficamente?

$$N_1 = \frac{-x}{l} + 1$$

$$N_2 = \frac{x}{l}$$

$$\frac{dN_1}{dx} = -1/l$$

$$\frac{dN_2}{dx} = 1/l$$

Una vez que tenemos definido quien es N_1 y N_2 , volvemos al PTV

$$\int_0^l E \cdot \frac{du}{dx} \cdot A \cdot \frac{d\delta u}{dx} \cdot dl = \int_0^l B \cdot \delta u \cdot dl + X_1 \cdot \delta u_1 + X_2 \cdot \delta u_2$$

donde como sabemos:

$$u(x) = N_1 \cdot u_1 + N_2 \cdot u_2$$

$$\frac{du}{dx} = \frac{dN_1}{dx} \cdot u_1 + \frac{dN_2}{dx} \cdot u_2$$

$$\delta u(x) = N_1 \cdot \delta u_1 + N_2 \cdot \delta u_2$$

Reemplazando todo esto en el PTV nos queda:

$$\int_0^l E \cdot A \left[\frac{dN_1}{dx} \cdot u_1 + \frac{dN_2}{dx} \cdot u_2 \right] \cdot \left[\frac{dN_1}{dx} \cdot \delta u_1 + \frac{dN_2}{dx} \cdot \delta u_2 \right] \cdot dx = \int_0^l B \cdot [N_1 \cdot u_1 + N_2 \cdot u_2] \cdot dx + X_1 \cdot \delta u_1 + X_2 \cdot \delta u_2$$

valido para todo δu_1 y δu_2

agrupando nos queda:



valido para todo δu_1 y δu_2

Como podemos observar nos queda entre llaves {expresión}* δu_1 + {expresión}* δu_2 ; para que esto sea para todo δu_1 y δu_2 , la única posibilidad es que las dos expresiones entre llaves sean cero.

Entonces debe ser:

$$\int_0^L E \cdot A \left[\frac{dN_1}{dx} \cdot u_1 + \frac{dN_2}{dx} \cdot u_2 \right] \cdot \left[\frac{dN_1}{dx} \right] \cdot dx - \int_0^L [N_1] \cdot dx - X_1 = 0$$

$$\int_0^L E \cdot A \left[\frac{dN_1}{dx} \cdot u_1 + \frac{dN_2}{dx} \cdot u_2 \right] \cdot \left[\frac{dN_2}{dx} \right] \cdot dx - \int_0^L [N_2] \cdot dx - X_2 = 0$$

Por lo tanto resolviendo estas dos ecuaciones con dos incógnitas u_1 y u_2 , teniendo en cuenta las condiciones de contorno, podemos obtener el valor de u aproximado

$$u(x) = N_1 \cdot u_1 + N_2 \cdot u_2$$

Y de allí saber el valor de las tensiones

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{du}{dx}$$

Verificación de soldaduras de las orejas de la carcasa y modos de vibración del motor

Objetivos:

- Verificación de la soldadura de las orejas de la carcasa
- Verificación de los modos de vibración del motor

Introducción:

Estas verificaciones se realizarán trabajando sobre la carcasa del motor. La misma es como se muestra en el apéndice, plano N° 011-520, con sus dimensiones correspondientes.

- ◆ Verificación de la soldadura de las orejas: Este cálculo se hará a partir de la reproducción de los esfuerzos a los que se ve sometida la carcasa: peso del arrollamiento del motor, peso de la paleta, el torque del mismo; para verificar a través de un análisis de tensiones equivalentes (Vos Mises) si la soldadura con que se unen las orejas a la carcasa, soporta estos esfuerzos.
- ◆ Verificación de los modos de vibración del motor: Este cálculo se hará a partir de todas las masas involucradas en el problema, con el objetivo de observar las frecuencias naturales de vibración del mismo y compararlas con la frecuencia de giro del motor, observando que tan lejos estamos de la resonancia.

Verificación de la soldadura

Aclaraciones y cálculos teóricos:

Cabe aclarar que en este trabajo no se hará un desarrollo teórico para anticipar el comportamiento físico, o para obtener valores teóricos de las tensiones, sino que dada la complejidad del modelo para obtener estos resultados, se utiliza la herramienta del método de elementos finitos, para que a partir de los datos obtenidos se los pueda analizar, y así verificar si la soldadura soporta los esfuerzos o no.

En la plano N° 042-520 del apartado de planos dimensionales se observa el plano de la carcasa con los esfuerzos a la que esta sometida. Para poder realizar el análisis se hará como primer paso trasladar el peso del arrollamiento y de la paleta, con sus correspondientes momentos, a la tapa delantera de la carcasa que es allí donde apoya el eje que tiene contenido el arrollamiento y la paleta, como se observa en el plano N° 043-520. Trasladamos estos esfuerzos solo a la tapa delantera ya que es el peor de los casos, donde las orejas soportan mayores

esfuerzos porque son mayores los momentos, que si se trasladara los mismos hacia la tapa delantera y trasera como es en la realidad.

A partir de esto se obtienen los siguientes esfuerzos sobre la carcasa:

- **P**: peso del arrollamiento = 8.5 [Nw]
- **Pp**: peso de la paleta = 5.2 [Nw]
- **T**: torque del motor = 0.377 [Nwm]
- **n**: vueltas del motor = 1800 [rpm]
- **d1**: distancia de la tapa al punto donde actúa el peso del arrollamiento = 0.02148 [m].
- **d2**: distancia de la tapa al punto donde actúa el peso de la paleta = 0.0176 [m].
- **Mpx**: momento generado por trasladar el peso del arrollamiento a la tapa = $P \cdot d1 = 0.182$ [Nwm].
- **Mppx**: momento generado por trasladar el peso de la paleta a la tapa = $Pp \cdot d2 = 0.089$ [Nwm]

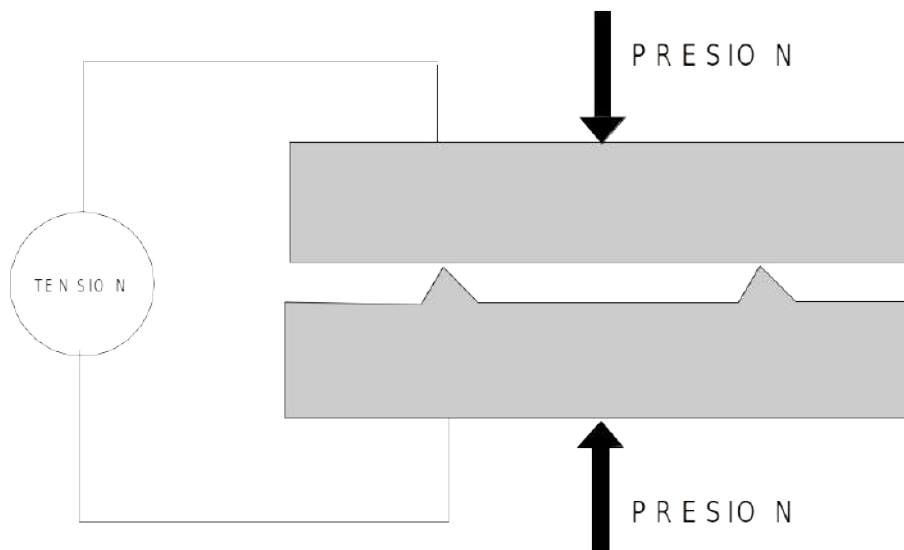
Características del material de la carcasa:

El material de la carcasa como así también el de las orejas es de acero 1010 cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

- $\sigma_r = 700$ Mpa (Tensión de rotura)
- $\sigma_f = 450$ Mpa (Tensión de fluencia)
- $E = 2.1 \cdot 10^{10}$ Pa (modulo de Young)
- $\rho = 7884$ Kg/m³ (densidad)

Tipo de soldadura y como se verifica la misma

La soldadura utilizada para la unión de la oreja con la carcasa, se denomina soldadura por proyección. Para realizar esta soldadura se disponen los materiales a unir como se muestra en la figura.



Al material de abajo se le dejan unas muescas triangulares pertenecientes al mismo material, y lo que se logra, a partir de la presión aplicada y a la corriente eléctrica, es que haya en la punta de contacto entre la muesca y el material de arriba una gran densidad de corriente. Esta gran densidad provoca un calentamiento tal que las muescas se funden y se produce la unión soldada entre ambos, pudiendo tener tantas muescas como uno desee. Una vez realizada la unión, los materiales soldados se ven de la siguiente manera.



Como la soldadura se realiza con mismo material, según las normas proporcionadas por el Ingeniero Raúl de la División Soldadura de esta facultad, la misma soporta la tensión de rotura del conjunto, en nuestro caso acero 1010, dado que la rotura nunca se produce en la soldadura, sino en las inmediaciones de la misma, a la tensión de rotura del conjunto.

A partir de los datos obtenidos lo que realizaremos es a partir de un modelo de elementos finitos verificar que la tensión a la que se ve sometida la soldadura no supera la tensión de rotura del acero 1010.

Descripción del modelo de elemento finito:

Para realizar el modelo se realizaron las siguientes simplificaciones, dado que el programa tiene un número limitado de puntos geométricos, y las siguientes aclaraciones:

- ◆ Las orejas presentan en la parte superior un agujero por donde pasan los tornillos que sujetan el motor al armazón que va unido al chasis. Debido a esta limitación de puntos se realizará la oreja llena y se la empotrará en los puntos 1 y 2 (plano N° 041-520), respectivamente para cada oreja.

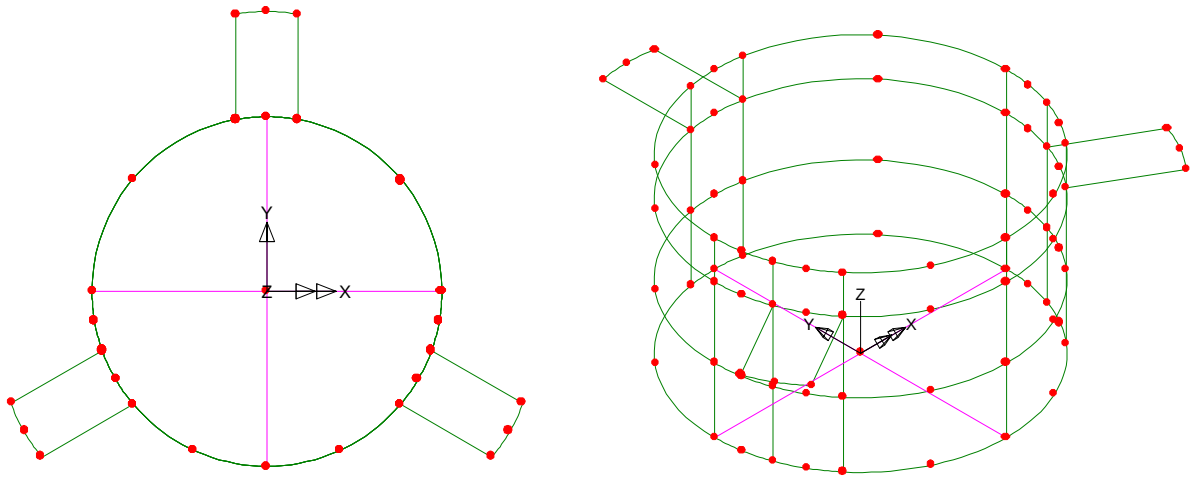
Dada esta simplificación, sabemos que este agujero que no tenemos en cuenta, nos trae una mayor concentración de tensiones, donde su peso por no haberla tenido en cuenta se evaluará con los resultados obtenidos.

- ◆ Este motor presenta la superficie de contacto, que es la unión entre la oreja y la carcasa, (plano N° 041-520) soldada a la carcasa solo en tres puntos de esta superficie.

Para poder realizar el modelo se considera que toda la superficie está en contacto a través de la soldadura con la carcasa.

- ◆ Para modelar la tapa de la carcasa se utilizaron dos vigas en cruz del mismo acero que la misma, donde en el punto de unión se colocarán las cargas y los momentos correspondientes.

Para realizar el modelo de elementos finitos primero se dibujo en 3D la carcasa con las orejas. Este se realizó a partir de la extrudación de superficies, que mediante los distintos espesores que se le dieron a cada una de las mismas, se obtuvo el modelo de la carcasa.



Una vez dibujado la carcasa se procedió a dibujar las vigas que simularan la tapa, quedando el modelo como se aprecia en la figura.

Cabe aclarar que este mismo modelo se utilizara luego para la segunda verificación de los modos naturales de vibración con algunas modificaciones que serán aclaradas.

Elementos utilizados

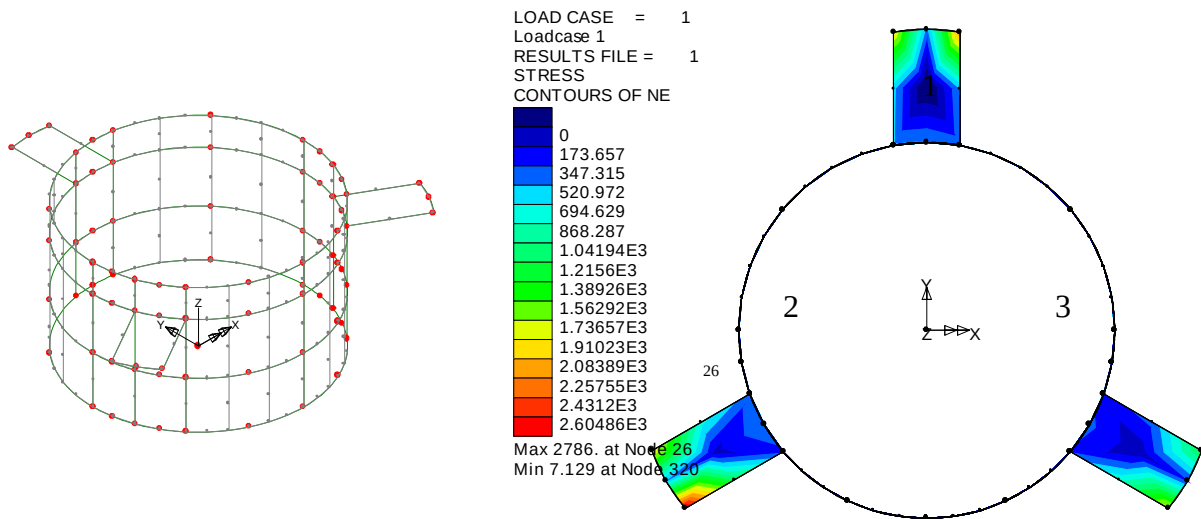
Para la carcasa y las orejas se utilizaron elementos de cáscara del tipo Semiloof Curved Thin Shell Elements (Elemento de cáscara delgada curva). Estos elementos son de cuatro lados y cuadráticos (TSL6, QSL8) y nos permiten obtener como salida los valores de las tensiones en: σ_x , σ_y , σ_{xy} , σ_{max} , σ_{min} , σ_e (tensión equivalente de Von Mises).

Para las vigas se utilizaron elementos del tipo 3D Kirchhoff Thin Beam (Elemento de viga delgada en 3D). Estos elementos son cuadráticos (BS3, BS4).

Discretización del modelo

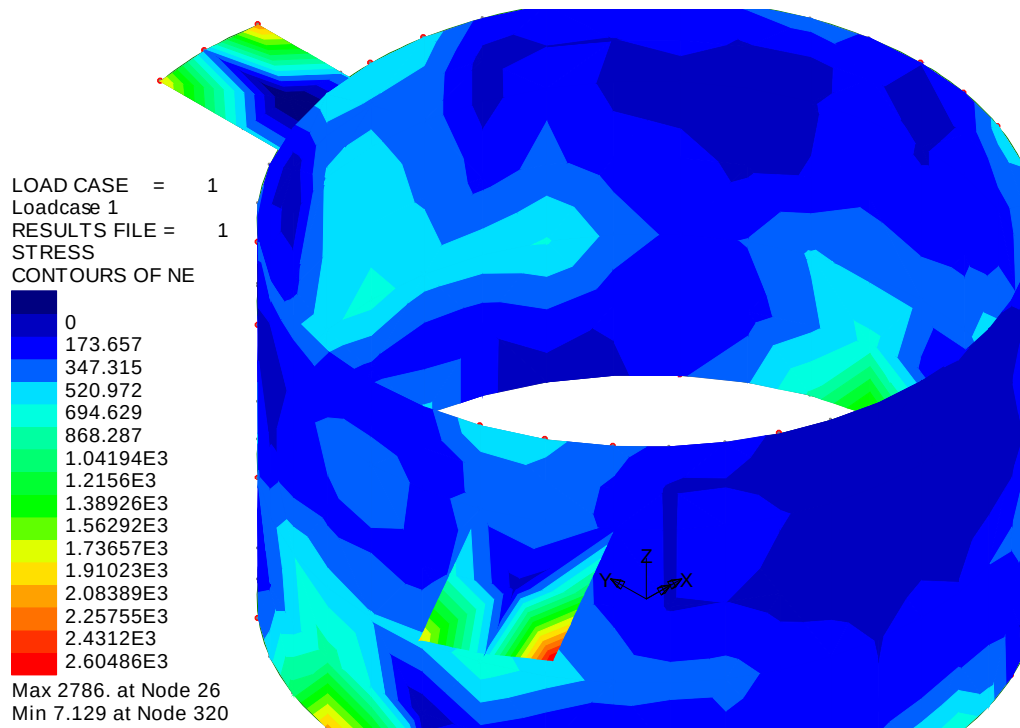
La malla de la carcasa y de las orejas se realizó en dos etapas. Como a priori no sabíamos cuál de las tres orejas era la más solicitada, se procedió a realizar una primer malla aproximada para detectar cual de las tres orejas era la más solicitada.

La primera malla se observa a continuación obteniendo los siguientes resultados para tensiones equivalentes de Von Mises:



La oreja mas solicitada es la oreja número 3, y el punto mas solicitado es el superior, nodo 26 como indica la flecha en la figura.

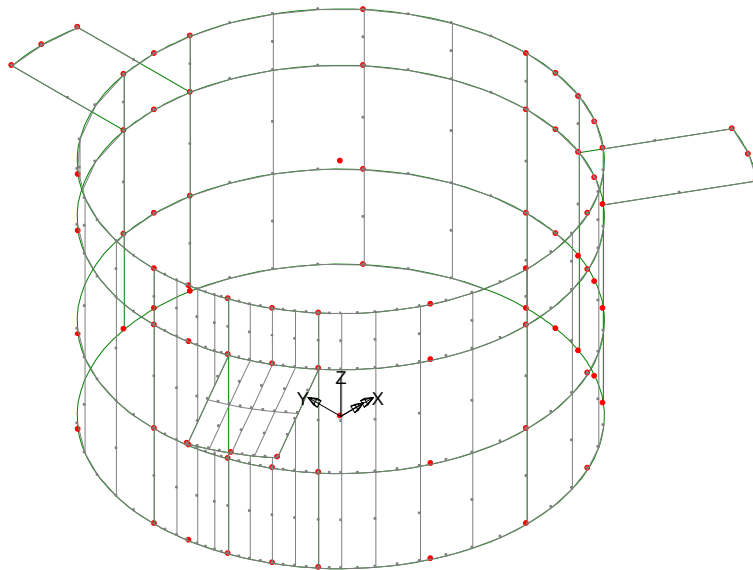
En la figura de abajo obtenemos una ampliación para poder ver los resultados.



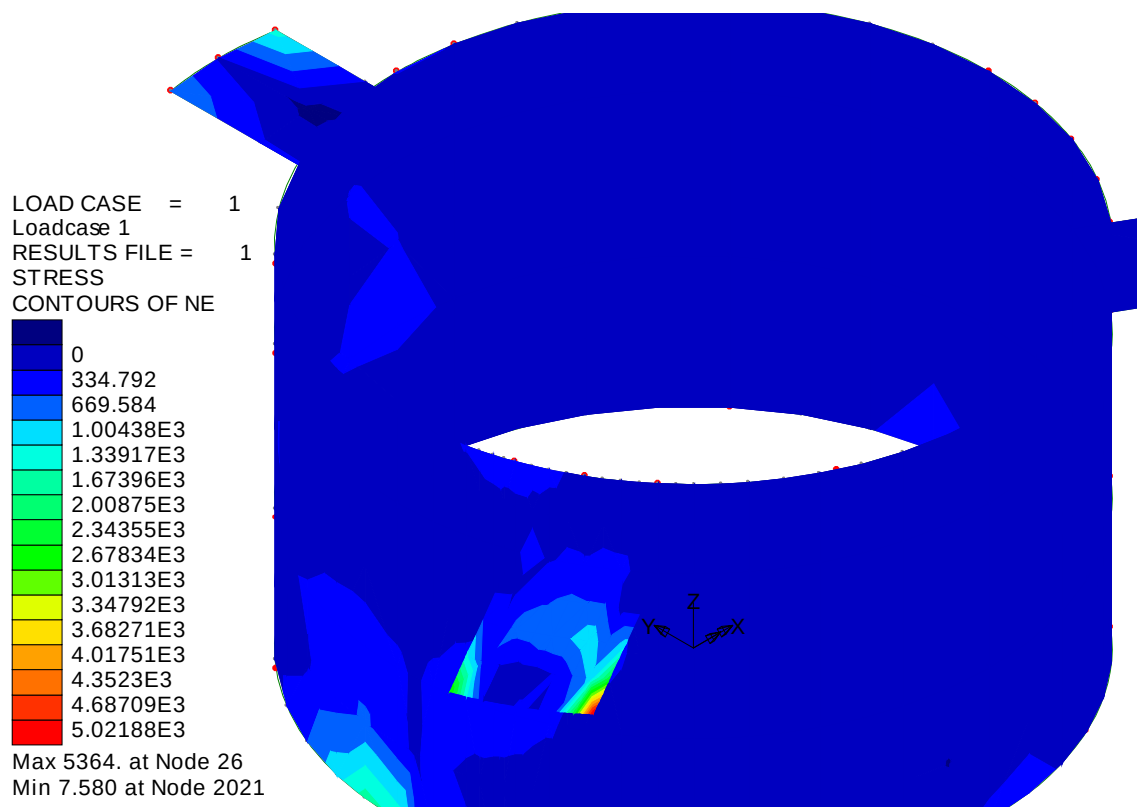
Vemos que el valor de tensión σ_e es igual a 2786 Nw/m² en el nodo 26 que ya fue señalado anteriormente.

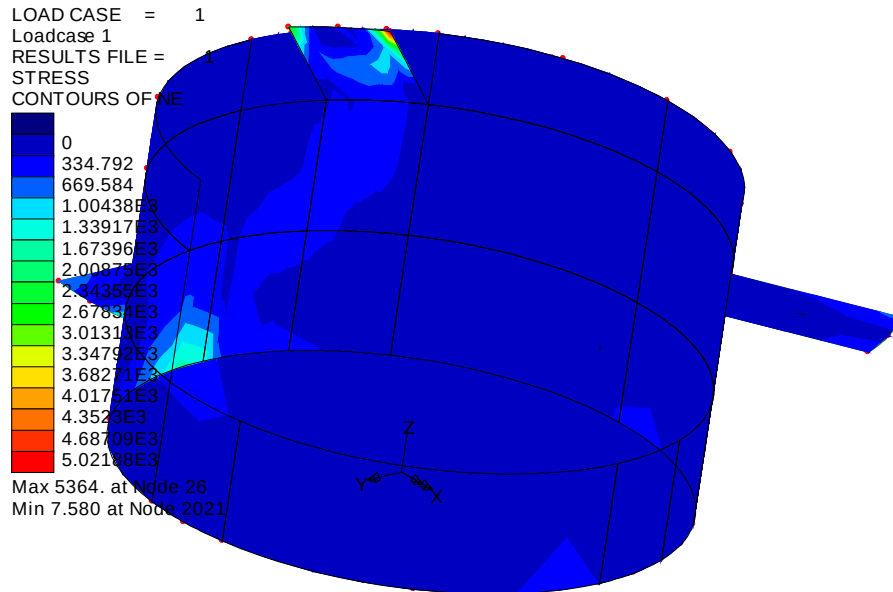
Ahora que sabemos cual oreja es la más solicitada comenzamos a mejorar la malla, discretizándola con elementos más pequeños hacia esa oreja, con el fin de obtener un resultado más preciso de las tensiones equivalentes. Esta nueva malla se fue armando hasta que nos encontramos con la limitación de la cantidad de nodos, por lo tanto la malla siguiente es la

permitida por el programa cuidando la transición de los elementos más grandes a los elementos más chicos.

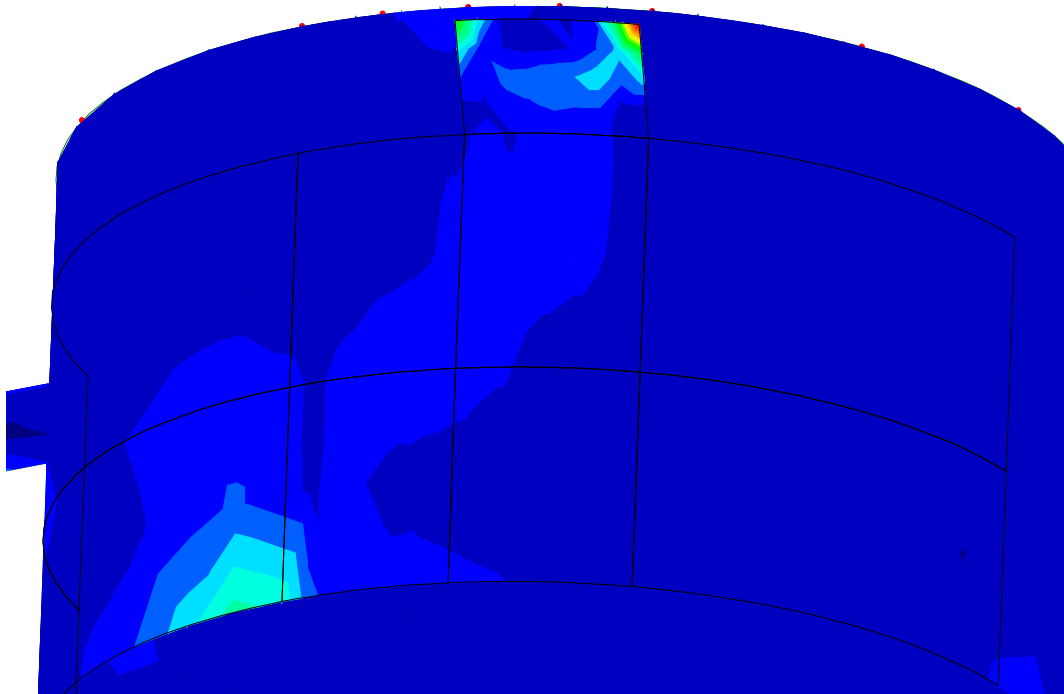


Con esta nueva malla se volvieron a calcular las tensiones equivalentes de Von Mises y se comenzó a verificar estos valores de tensiones en la soldadura de la oreja, que como se dijo anteriormente se verificará en toda la superficie de contacto y en el contorno de la misma. Los resultados con la nueva y definitiva malla, dada la limitación del número de nodos, son los siguientes:





Utilizando la tabla de distribución de tensiones anterior y para poder ver mejor los resultados haremos una ampliación de la zona a estudiar (superficie de contacto).



Resultados y Conclusiones

Como puede observarse en la escala de tensiones, la tensión máxima que es en el nodo 26 ya señalado anteriormente aumentó al valor de 5364 Nw/m^2 ; este aumento de la tensión máxima en este nodo con respecto al valor en la primer malla se debe a una mejor discretizacion de la

misma en la zona de interés. Si esta malla se pudiera discretizar aún mas este valor lo haríamos cada vez más exacto, disminuyendo el error cometido y nos acercáramos mas al valor real de tensiones.

Haciendo una observación de las tensiones en la zona de la soldadura, se observa que hay dos zonas bien diferenciadas donde las tensiones llegan a los $1004,38 \text{ Nw/m}^2$.

Este valor de tensiones como puede observarse son muy bajos, si se comparan con la tensión de rotura del acero. A primera vista uno podría decir que el modelo planteado no funciona bien y que los resultados no son buenos o los esperados, pero si uno analiza los esfuerzos a los que esta sometida la carcasa, en magnitudes, y que esos esfuerzos no recaen sobre una sola oreja sino que se reparte entre las tres, no en magnitudes iguales como vimos, y haciendo consultas a Ingenieros de la Facultad como Aníbal Marques podemos concluir que el modelo funciona bien y que estos valores de tensiones, teniendo en cuenta las simplificaciones hechas, están muy por debajo de la tensión de rotura del acero.

Otra consideración a tener en cuenta es que este modelo se ha hecho con cargas estáticas, y al verse sometido por el giro del motor se generan cargas cíclicas entrando en consideración la rotura por fatiga. Sin embargo podemos decir que al ser las tensiones tan bajas no llegaríamos a tener rotura por fatiga.

Habiendo hecho este análisis cumplimos el objetivo de verificar que la soldadura de proyección con que están soldadas las orejas soporta holgadamente los esfuerzos del motor.

Verificación de los modos de vibración del motor

Aclaraciones y cálculos teóricos:

Cabe aclarar que en parte al igual que para el punto anterior no se hará un desarrollo teórico para anticipar el comportamiento físico, o para obtener valores teóricos de los modos de vibración, sino que dada la complejidad del modelo para obtener estos resultados se utiliza la herramienta del método de elementos finitos, para que a partir de los datos obtenidos se pueda verificaran los modos de vibración.

Esta verificación consiste en comparar los cinco primeros modos de vibración del motor en HZ y compararlos con la frecuencia de giro del motor.

Como primer paso se procede a calcular la frecuencia de giro del motor sabiendo que este gira a 1800 RPM.

$$f_m = 1800 \text{ RPM} / 60 \text{ seg} = 30 \text{ HZ}$$

Descripción del modelo de elemento finito:

Para realizar el modelo se realizaron las siguientes simplificaciones, dado que el programa tiene un número limitado de puntos geométricos, y las siguientes aclaraciones:

- ◆ Las orejas presentan en la parte superior un agujero por donde pasan los tornillos que sujetan el motor al armazón que va unido al chasis. Debido a esta limitación de puntos se realizará la oreja llena y se la empotrará en los puntos 1 y 2 (plano N° 041-520), respectivamente para cada oreja.

En este caso esta simplificación no nos representa un error en los resultados finales ya que aquí lo que más nos interesa es la cantidad de masa puesta en juego y como está distribuida.

- ◆ Este motor presenta la superficie de contacto, que es la unión entre la oreja y la carcasa, (plano N° 041-520) soldada a la carcasa solo en tres puntos de esta superficie. Para poder realizar el modelo se considera que toda la superficie esta en contacto a través de la soldadura con la carcasa.
- ◆ Para modelar la tapa de la carcasa se utilizaron dos vigas en cruz del mismo acero que la carcasa.
- ◆ Para representar la masa del arrollamiento de cobre se realizó con una viga en la dirección interior a la carcasa (perpendicular a la tapa) respetando que la densidad del material de la viga por el volumen de la misma nos dé la masa real del arrollamiento.
- ◆ Para representar la masa de la paleta se realizó con una viga en la dirección exterior a la carcasa (perpendicular a la tapa) respetando que la densidad del material de la viga por el volumen de la misma nos de la masa real de la paleta.

Como se había aclarado anteriormente el modelo de elementos finitos es el mismo que se utilizó para la verificación de las tensiones, con el agregado de las vigas del arrollamiento y de la paleta.

Elementos utilizados

Para la carcasa y las orejas se utilizaron elementos de cáscara del tipo Semiloof Curved Thin Shell Elements (Elemento de cáscara delgada curva). Estos elementos son de cuatro lados y cuadráticos (TSL6, QSL8).

Para las vigas del arrollamiento, paleta, y la que simulan las tapas se utilizaron elementos del tipo 3D Kirchhoff Thin Beam (Elemento de viga delgada en 3D). Estos elementos son cuadráticos (BS3, BS4).

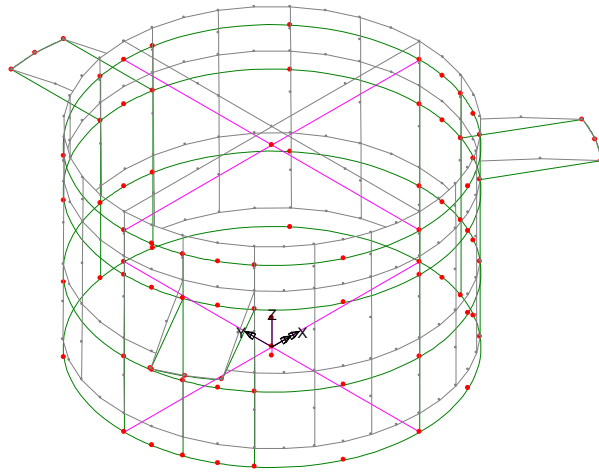
Discretización del modelo

Para realizar el modelo de frecuencia se utilizó la primera malla del modelo de verificación de tensiones, no así la última ya que no nos interesa centrarnos en una zona determinada, sino que la malla quede lo más regular posible en todo el modelo

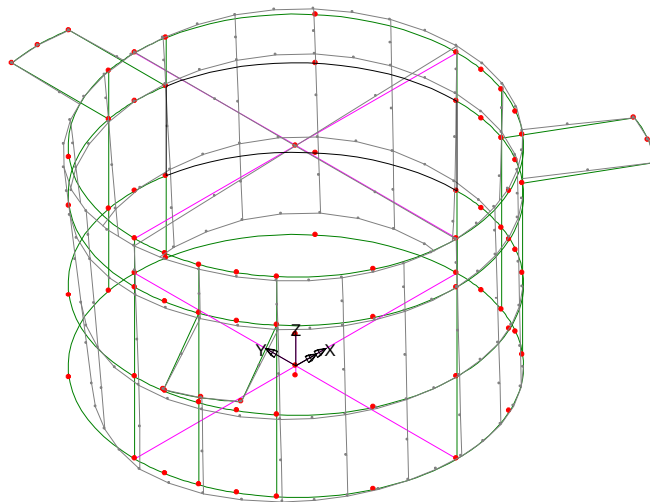
Resultados y Conclusiones

Una vez obtenido el modelo de elementos finitos a partir de la ejecución del mismo se obtuvo los primeros cinco modos de vibración. Los resultados son los siguientes.

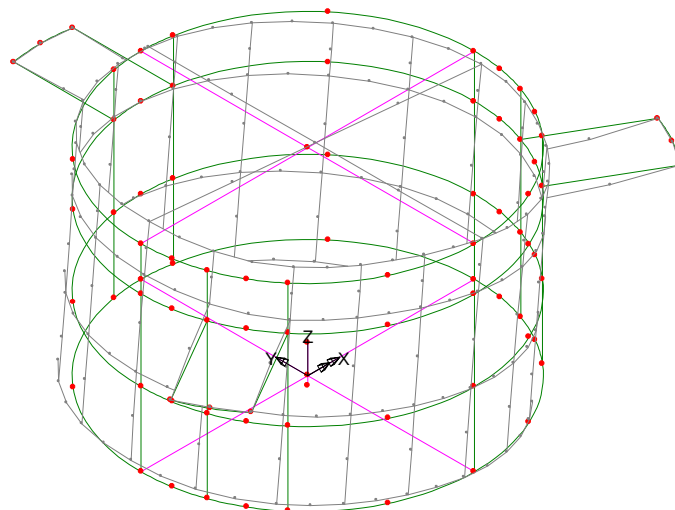
MOD0 1



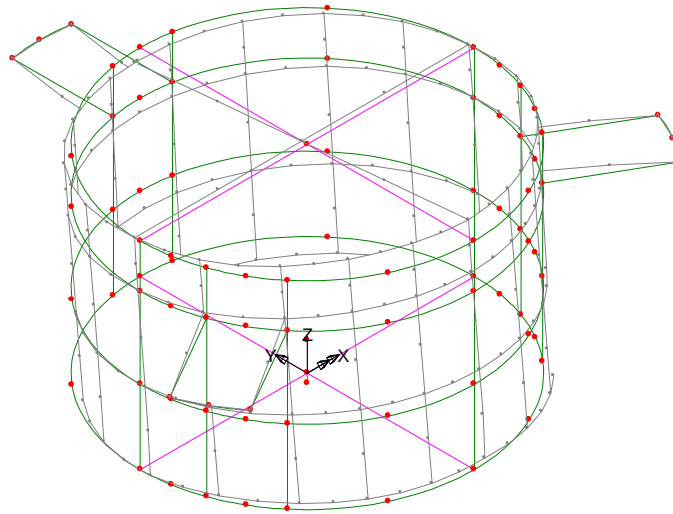
MOD0 2



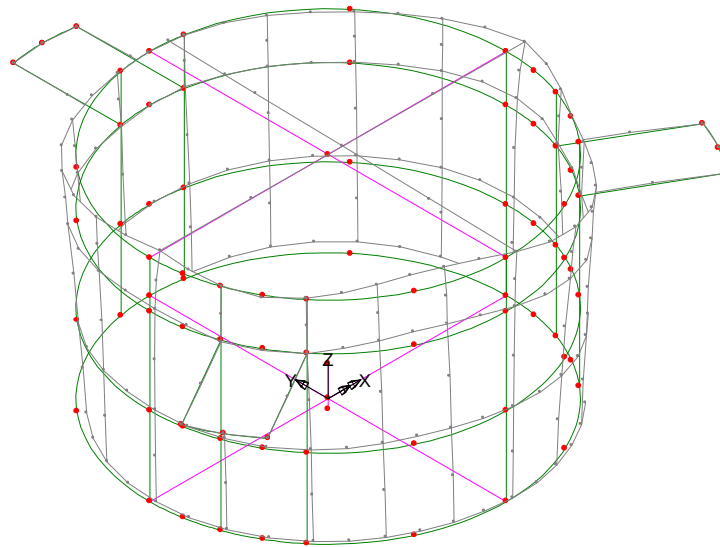
MOD0 3



MODO 4



MODO 5



MODO	AUTOVALORES	FRECUENCIA	NORMA DE ERROR
1	51521.7	36.1256	0.999782
2	109924.	52.7675	0.999760
3	0.130830E+07	182.043	0.972747
4	0.133635E+07	183.984	0.994632
5	0.311060E+07	280.700	1.00880

De estos cinco valores de frecuencia solo nos importa el primero, el segundo y el tercero, pero más el primero. Los demás resultados no son importantes debido a su alto valor.

Al observar los tres primeros modos de vibración verificamos a través de la malla deformada que no sean modos en donde la carcasa se mantiene sin movimiento y lo que vibre sean las masas del arrollamiento y de la paleta. Esto no es así ya que ninguno de los tres primeros modos corresponde a este caso.

Una vez verificado esto tomamos el primer modo pues es el que más se acerca a la frecuencia de vibración del motor.

El valor de $f_m / f = 30 / 36.12 = 0.83$, no se encuentra muy alejado de la unidad, que como sabemos, cuando el cociente es igual a 1 entramos en resonancia.

Para juzgar este resultado se puede realizar de dos maneras:

- Primero: Habría que tener las curvas de f_m / f vs. amplitud de oscilación para este tipo de motor y verificar si este cociente de frecuencias esta dentro de lo permitido. En la primera etapa este no es el objetivo, sino obtener los valores de frecuencia y compararlos con el del motor para verificar que no estamos en resonancia y que a la velocidad de giro del motor no pasamos por ningún valor de frecuencia que haga vibrar el motor cada vez que el electro arranca y corta.
- Segundo: Para el primer valor de frecuencia de 36.12 Hz equivaldría a una velocidad de giro del motor de 2167 vueltas, lo que para un motor de estas características esta es una velocidad a la que no podría llegar y por lo tanto no entraría en resonancia.

Considerando todo lo citado anteriormente queda cumplido el objetivo número dos.

Verificación del diseño del eje a través de elementos finitos y del método de Soderberg

Objetivos:

- Verificación de tensiones a través del método de cálculo por elementos finitos en el eje de un motor de corriente continua el cual funciona como electro ventilador de automóvil.
- Verificación del dimensionado del mismo a través de la obtención de los diámetros mínimos de las secciones críticas por el método de Soderberg.

Introducción:

Lo que se quiere lograr con este análisis es la verificación de los esfuerzos sobre el eje y su respectivo cálculo a través del método de Soderberg para también verificar de esta manera que el eje está diseñado de la manera correcta.

Para la verificación de las tensiones sobre el mismo se utilizó el método de elementos finitos.

La tensión que se debe tener en cuenta como límite es la tensión admisible a la fatiga. El por qué de tomar el límite a la fatiga y no el límite a la fluencia se debe a que el eje se encuentra sometido a un momento flector variable debido a los pesos tanto de la pala como del motor o paquete y al estar el mismo en constante giro, el esfuerzo por flexión es sucesivo e inverso.

Se tomará como tensión admisible a la fatiga del material (Acero 1045) la siguiente:

$$\sigma_{\text{adm fatiga}} = 32000 \text{ [psi]} = 220 \text{ [MPa]}.$$

Verificación del eje a través de elementos finitos

El porqué de utilizar Elementos Finitos para la verificación del eje viene dado ya que dicha pieza presenta singularidades especiales a decir, ranura para seeger, cambios de diámetro, y agujero para espina elástica. Por lo tanto si no se hiciera dicho análisis a través de este método, podríamos despreciar los efectos causados por dichas singularidades o bien aproximarlos indebidamente.

El plano de la pieza se adjunta en el apartado de planos dimensionales como plano N° 014-520.

Allí se pueden apreciar todas las dimensiones del mismo en milímetros.

El análisis constará en verificar los esfuerzos debidos a tres cargas las cuales son: el peso de la pala (5.2 [N]), el peso del paquete (8.5 [N]) y el momento torsor que viene dado por la cupla máxima que se produce en el arranque del motor (1.497 [Nm]) la cual puede apreciarse en el apartado del cálculo eléctrico y magnético en la curva de cupla vs. [rpm].

Para realizar dicho análisis se utiliza el programa ABAQUS de elementos finitos.

Los pasos realizados y las consideraciones tomadas en cada caso se detallan a continuación.

Comenzamos dibujando el eje en el Autocad y generando allí mismo un sólido de revolución y cuyas medidas corresponden a metros y no milímetros como los planos hasta aquí mostrados. Esto se debe a que el ABAQUS no me pide que especifique las dimensiones que voy

a utilizar, por lo tanto debo ser coherente con el ingreso de todos los datos del problema para que las respuestas dadas por el programa puedan ser interpretadas correctamente. Es por esto que he decidido trabajar con metros, Newton, y por lo tanto con Pascales. Es importante en este paso que la pieza quede definida en su totalidad como un sólido porque de lo contrario el ABAQUS no lo importará. Una vez terminado el plano se debe exportar como archivo .sat para que luego pueda ser importado por el programa de elementos finitos.

Ahora comenzamos a trabajar con el programa ABAQUS primero importado el plano del eje en tres dimensiones y en metros del archivo guardado .sat como parte (part: denominación en el programa). Y como el dibujo esta definido en metros el factor de escala que se nos solicita es 1.

Ahora se deben establecer algunas particiones sobre la figura a analizar para poder luego representar con mayor veracidad los fenómenos que se presentan en la realidad.

Antes de comenzar con la descripción de las propiedades que se le asigna al material debe quedar bien claro como haremos para representar los esfuerzos reales en nuestro modelo de elementos finitos.

Los esfuerzos sobre el eje son como ya dijimos, el peso del paquete, el peso de la pala y el torque o cupla. Para representar los pesos en el modelo calculamos el volumen en el cual estos están situados y a dichos volúmenes les colocamos distintas densidades. Además el torque está representado por una fuerza de rotación situada en la misma zona que el peso de la pala.

Falta aclarar como se toman los vínculos. Las solicitaciones de ambos rodamientos se sitúan en una línea media de sus apoyos sobre el eje y se restringen en la dirección radial de un eje de coordenadas cilíndricas creado para tal efecto. Además debemos restringir en la zona del seguro el esfuerzo axial y el giro en la zona correspondiente al peso del paquete para poder representar fielmente la acción de la cupla inicial.

Todas la zonas y secciones de las que venimos hablando se encuentran en el plano N° 015-520 del apartado de planos dimensionales.

Entonces ahora el eje nos quedó dividido en tres tipos de secciones que en realidad corresponden a un mismo material, el Acero 1045, material obviamente con el que se realizará el eje, y cuya tensión admisible a la fatiga es de 220 [MPa], que es la que compararemos con los resultados obtenidos del programa.

Cabe la pena aclarar que el ABAQUS entregará como resultados las tensiones en Pa [N/m²].

Como sabemos el acero 1045 es un material elástico y se tomará como tal para su análisis con su módulo de Young de 2.1E+10 y un módulo de Poisson de 0.3. Estos son los datos comunes para las tres secciones, pero habrá dos de ellas en las cuales debemos definir distintas densidades para obtener, como ya fue explicado, los pesos correspondientes a la pala y al paquete. Pasamos a detallar la obtención de dichas densidades:

Pala:

$$m_{PALA} = 0.52 \quad [Kg]$$

$$V_{PALA} = 8.443 \cdot 10^{-7} \quad [m^3]$$

$$\delta_{PALA} = 615894.8 \quad \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

Paquete:

$$m_{PAQUETE} = 0.85 \quad [Kg]$$

$$V_{PAQUETE} = 1.0782 \cdot 10^{-6} \quad [m^3]$$

$$\delta_{PAQUETE} = 788350.9 \quad \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

Una vez cargadas dichas densidades tendremos las tres secciones:

Sección	Modulo Young	Coef de Poisson	Densidad [Kg/m ³]
Común	2.1E+10	0.3	NO SE CARGA
Pala	2.1E+10	0.3	615895
Paquete	2.1E+10	0.3	788351

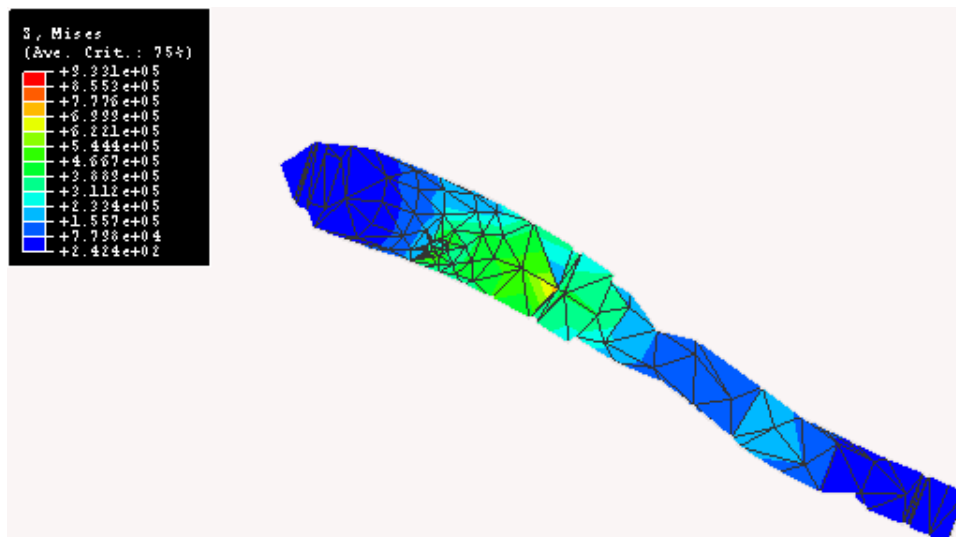
Ahora se les asigna estas tres secciones a las partes correspondientes del eje y con ello tenemos cargadas todas las características del material y además tenemos definidas las cargas de los pesos de la pala y el paquete de una forma correcta. Esto asegura que no sucederá lo que ocurriría si se colocara una carga puntual, creando de esta manera un punto (donde esta aplicada la carga) de alta tensión y con ello opacaría los efectos verdaderos de la combinación de esfuerzos.

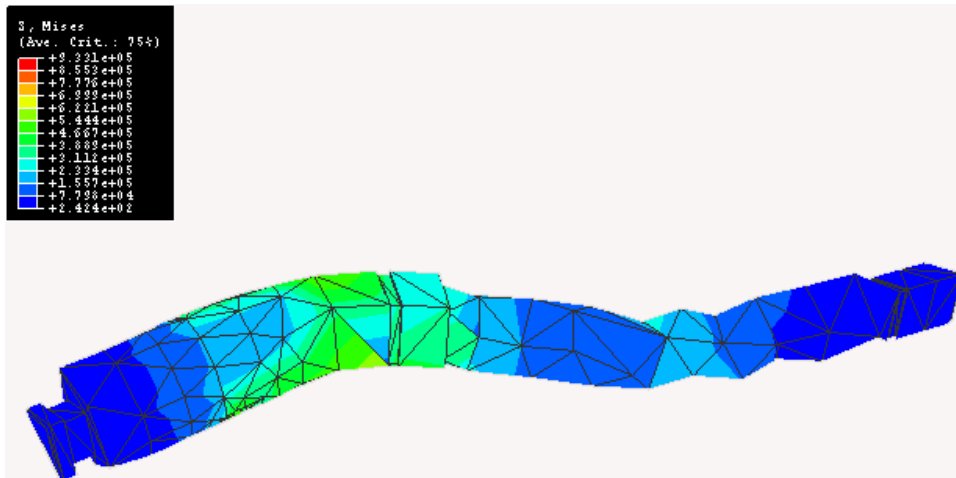
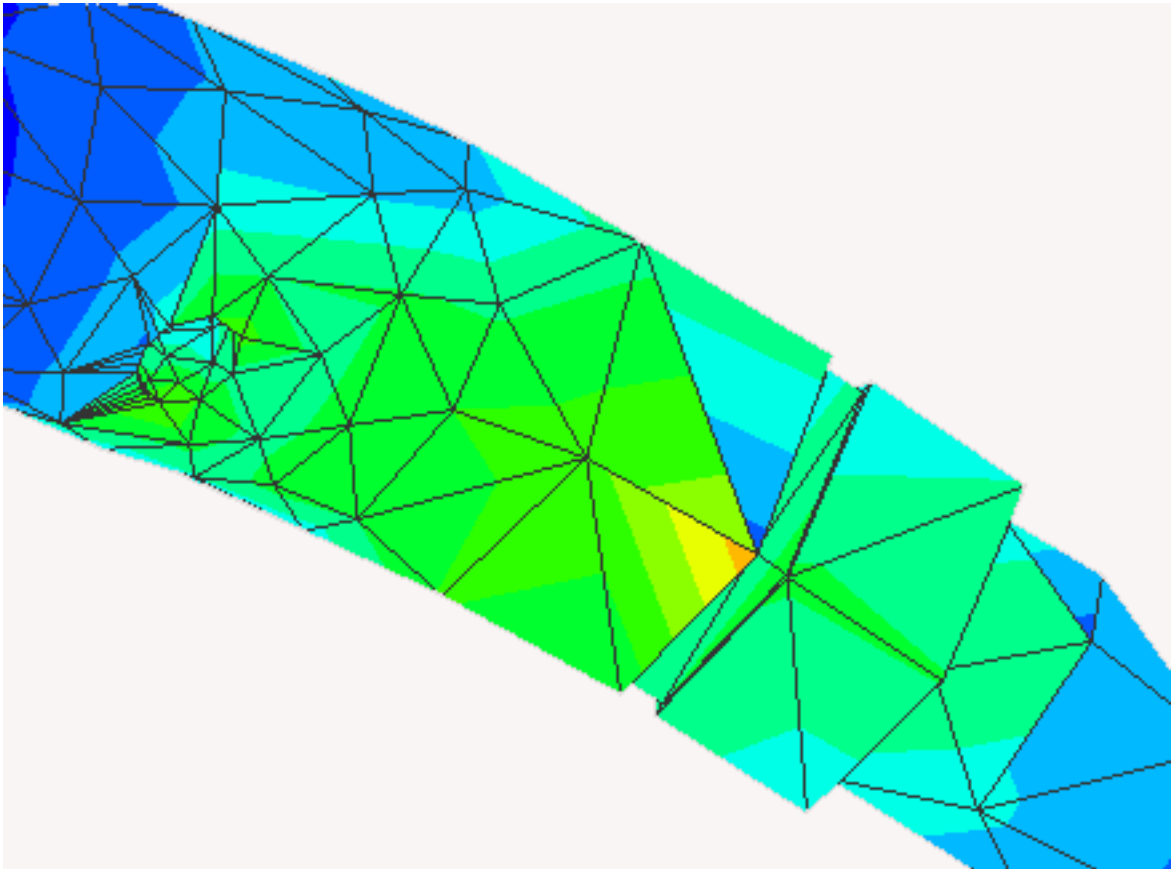
Una vez definidos ya los tres esfuerzos y todos los vínculos pasaremos a construir la malla correspondiente para poder realizar el análisis.

Como la pieza se establece en 3 dimensiones necesitaremos utilizar elementos con tales características para la realización del mapeado de la misma. Los elementos que tenemos en el programa de este tipo son Tetraedros, ya que los otros tipos existentes no responden a la forma de la pieza y el mismo programa los deshabilita.

La mejor opción de qué tetraedros utilizar sería cuadráticos ya que la pieza es cilíndrica y este tipo de elementos podría copiar en mejor forma la misma. Con la versión que manejamos del programa nos encontramos con un límite en la cantidad de nodos posibles de 1000 y es por ello que al superar este valor con elementos cuadráticos con la menor distribución posible debemos si o si utilizar elementos tetraedros lineales. Esto va a llevar a cometer errores en las mediciones obtenidas, pero siempre y cuando estemos alejados de la tensión admisible a la fatiga lo suficiente podremos decir que este error es despreciable. Esto es lo que sucede en esta primer parte del trabajo, ya que al querer verificar los esfuerzos veremos que los mismos son pequeños en comparación a los admisibles.

Ahora solo nos queda plantear las soluciones de las tensiones para las cargas antes mencionadas debidas al peso tanto de la pala como del motor o paquete y al momento torsor aplicado.





Discusión de resultados

Como se puede observar en la tabla de resultados de las tensiones en el eje, la máxima tensión obtenida es de **0.9331 [MPa]** con lo cual y comparándola con la tensión admisible a la fatiga propuesta del material que es de **220 [MPa]**, está más que claro que el eje está sobredimensionado.

Los resultados los podemos considerar como buenos ya que esto lo habíamos predicho, porque las solicitaciones sobre este eje eran chicas.

El hecho principal es que aunque el eje se encuentra sobredimensionado no se puede bajar su diámetro ya que este viene dado en las características del electro original de la marca correspondiente.

Conclusión

Luego de haber realizado el análisis de los resultados y compararlos con la tensión admisible a la fatiga del material, llegamos a la conclusión de que las dimensiones del eje son exageradas en relación con los esfuerzos a los que se encuentra sometido.

Cálculo de las secciones críticas por el Método de Soderberg

Método de Soderberg

Este método de cálculo se utiliza para determinar las dimensiones de cualquier elemento de máquina, que debe soportar una tensión constante o alternativa.

Sobre nuestro eje actúa un momento torsor y un momento flector variable debido a los pesos del motor o paquete y de la pala, girando a una velocidad ω . Por lo tanto el esfuerzo debido a la flexión es sucesivo e inverso conforme gira el árbol.

Vale aclarar ya en el comienzo que en realidad este análisis se va hacia un lado demasiado conservativo, ya que hasta el cálculo final del diámetro lo hace por la teoría de la tensión de corte máxima que es más conservadora que Von Mises.

El análisis parte de la realización del Diagrama de Soderberg, el cual define una línea de esfuerzo seguro, la cual establece el límite de tensión tanto variable como constante que puede soportar el eje. Por lo tanto el punto sobre dicha línea será el de aprovechamiento máximo del material.

La línea de esfuerzo seguro se establece con dos valores:

$$\sigma_{variable} = \frac{\sigma_{WC}}{s}$$

$$\sigma_{cte} = \frac{\sigma_f}{s}$$

donde:

- s: factor de seguridad. Se toma $s = 2$ ya que no existen fuerzas de impacto asociadas.
- σ_f : tensión de fluencia del material. En nuestro caso será la tensión de fluencia del acero 1045 que es 425 [MP] a ó 4335 [Kg/cm²].

- σ_{WC} : tensión de Whooler corregida, la cual es la tensión que definirá o tendrá asociadas todas las singularidades del eje.

$$\sigma_{WC} = \sigma_w \cdot \frac{K_s \cdot C_s \cdot C_c}{K_f}$$

donde:

- σ_w : tensión de Whooler. Se define como:

$$\sigma_w = 0.5 \sigma_{rot} \quad \text{si } \sigma_{rot} \leq 14000 \text{ [Kg/cm}^2 \text{]} \text{ ó}$$

$$\sigma_w = 7000 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{si } \sigma_{rot} > 14000 \text{ [Kg/cm}^2 \text{]}$$

En nuestro caso la $\sigma_w = 0.5 \sigma_{rot} = 350 \text{ [MPa]} = 3570 \text{ [Kg/cm}^2 \text{]}$

- K_s : factor de superficie lo que equivale a significar los defectos del material en la superficie . Se define como:

$$K_s = 9.3 (\sigma_{rot})^{-0.33} + 0.255 \text{ donde } \sigma_{rot} \text{ debe ir en [Kg/cm}^2 \text{]}, \text{ luego } K_s = 0.7525$$

- C_s : factor de tamaño lo que equivale a los defectos del material en el interior. Se define como:

$$C_s = (D/7.6)^{-0.068} \text{ para } D < 50 \text{ [mm]}.$$

Como vemos este factor dependerá del diámetro que por otro lado es el resultado que buscamos, por lo tanto esto nos hace tener que iterar para poder encontrar el resultado.

- C_c : factor de confiabilidad. Se adopta para una confiabilidad deseada de 0.99.

$$C_c = 0.81$$

- K_f : factor físico. Factor que considera las características singulares en la construcción de un eje o árbol.

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

donde,

q : sensibilidad a la entalla. Que para el caso del acero 1045 es de $q = 0.65$.

K_t : factor geométrico o teórico. Este se define en cada sección a analizar ya que depende de las singularidades que se encuentran en dichas secciones.

En nuestro caso tendremos cinco secciones a considerar que se pueden apreciar en el plano N° 016-520 del apartado de planos dimensionales. Como se puede ver allí tendremos que considerar solo cuatro K_t ya que una de las secciones (D) que se analiza es la del momento flector máximo y que no tiene ninguna singularidad.

Sección A: en ella tenemos un agujero para la colocación de la espina elástica por lo tanto el $K_t = 3.5$, pero al tener momento torsor aplicado, para tener en cuenta la disminución del modulo resistente, se debe aumentar el diámetro de cálculo en un 10%.

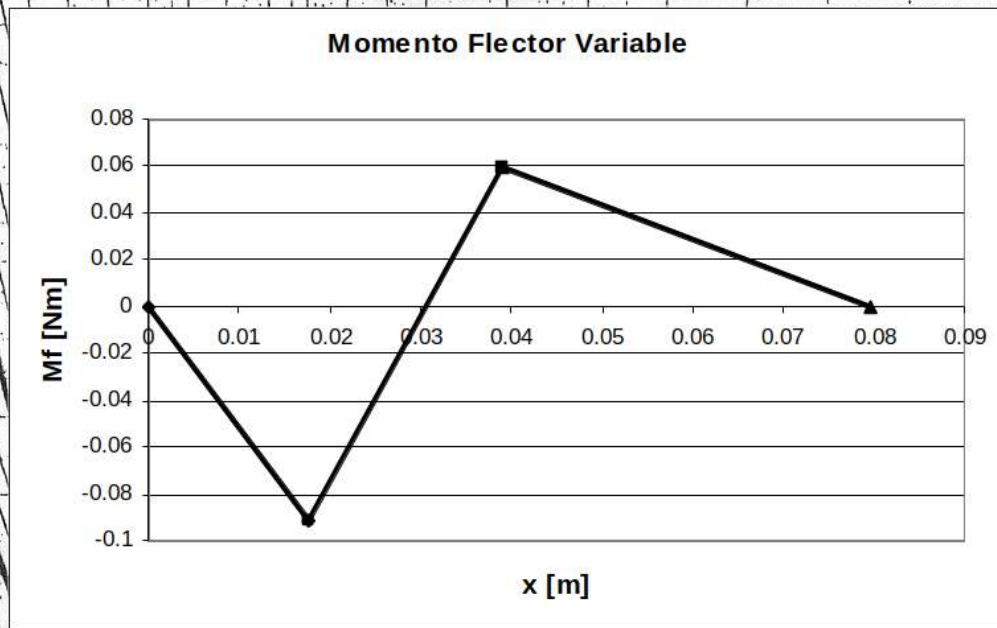
Sección B: para poder realizar el análisis de esta sección se deben calcular los momentos flectores a lo largo de eje, que son los siguientes:

- $M_f = - Pp \cdot x$ cuando $0 \leq x < a$
- $M_f = R_{Ay} \cdot (x - a) - Pp \cdot x$ cuando $a \leq x < a+b$
- $M_f = R_{Ay} \cdot (x - a) - Pp \cdot x - P_i \cdot (x - a - b)$ cuando $a+b \leq x < a+b+c$

donde:

- $P_p = 5.2$ [N], peso de la pala.
- $R_{Ay} = 12.24$ [N], reacción en el rodamiento delantero 6200 que se puede apreciar en el plano N° 015-520 y su cálculo en la pagina 75.
- $P_i = 8.5$ [N], peso del inducido o paquete.
- $a = 0.0176$ [m], distancia desde el lugar de aplicación del peso de la pala al apoyo del rodamiento delantero 6200, que se puede apreciar en el plano N° 015-520.
- $b = 0.02148$ [m], distancia desde el apoyo del rodamiento delantero 6200 al lugar de aplicación del peso del inducido, que se puede apreciar en el plano N° 015-520.
- $c = 0.04062$ m, distancia desde el lugar de aplicación del peso del inducido al apoyo del rodamiento trasero 608, que se puede apreciar en el plano N° 015-520.

Se aprecia a continuación la distribución del momento flector a lo largo del eje:

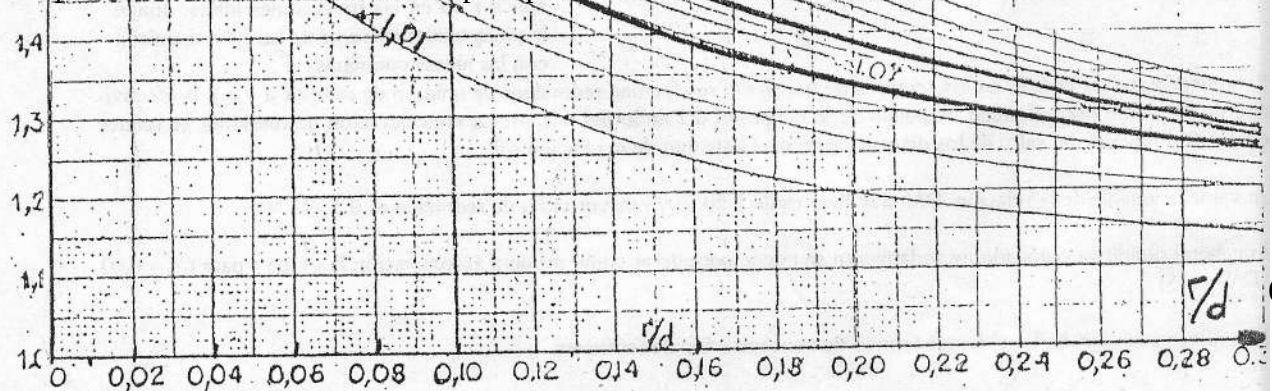


Del gráfico se observa que el momento flector máximo es de $M_{f_{max}} = 0.092$ [Nm] a una distancia de $d = 0.0176$ m = a, y por lo tanto denominamos a esta sección como sección B.

Se puede apreciar en el plano N° 016-520, donde se representaron las secciones que dicha sección no contiene singularidad alguna por lo tanto $K_t = 1$.

Sección C: en ella nos encontramos con una ranura para seeger por lo tanto $K_t = 3$, pero al tener momento torsor aplicado, para tener en cuenta la disminución del modulo resistente, se debe aumentar el diámetro de cálculo en un 6%.

Sección D: en ella tenemos un salto en el diámetro por lo tanto debemos utilizar la grafica que se encuentra a continuación para poder determinar el K_t .



Donde: $D = 9.987$ [mm] (diámetro mayor)
 $d = 7.987$ [mm] (diámetro menor)
 $r = 0.5$ [mm] (radio de acuerdo)

Luego:

$$D/d = 1.25$$

$$r/d = 0.06$$

Finalmente:

$$K_t = 1.9$$

Sección E: en ella nos encontramos con una ranura para seeger por lo tanto $K_t = 3$, pero al tener momento torsor aplicado, para tener en cuenta la disminución del modulo resistente, se debe aumentar el diámetro de calculo en un 6%.

Para finalizar el diámetro de la sección analizada se obtiene de la siguiente forma:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot s}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_t}{\sigma_f}\right)^2 + \left(\frac{M_f}{\sigma_{wc}}\right)^2}}$$

La tabla siguiente nos muestra los distintos diámetros mínimas para el mayor aprovechamiento del material:

Sección	s	Mt [Nm]	σ_f [Pa]	x [m]	Mf [Nm]	σ_{wc} [Pa]	D [m]
A	2	1.497	425 E ⁺⁶	0.006	-0.0312	154.6 E ⁺⁶	0.00457
B	2	1.497	425 E ⁺⁶	0.0176	-0.092	355.5 E ⁺⁶	0.00416
C	2	1.497	425 E ⁺⁶	0.02265	-0.056	96.6E ⁺⁶	0.00442
D	2	1.497	425 E ⁺⁶	0.0278	-0.0197	140.2 E ⁺⁶	0.00416
E	2	1.497	425 E ⁺⁶	0.07577	0.0061	96.6E ⁺⁶	0.00440

Conclusión

Se puede apreciar de la comparación entre los diámetros hallados por el Método de Soderberg y el plano N° 014-520 correspondiente al dimensional del eje diseñado que el mismo se encuentra sobredimensionado. El hecho de proponernos bajar los diámetros a un valor mas cercano a los ya admisibles calculados por Soderberg nos crearía mayores problemas que soluciones. Ya que deberíamos adaptar no solo la laminación para dicho diámetro de eje, sino que deberíamos cambiar los rodamientos y con ello el embutido de las tapas, el reten del rodamiento 608 no nos serviría, etc; con lo cual la baja en el costo de la construcción del eje no se traduce al producto ya que nos alejamos de las medidas estándar del mercado.

Sobre ello también tenemos una opinión personal que esta basada en comentarios hechos con la gente que se dedica a la comercialización de este tipo de motores. Llegamos a la conclusión de que una gran variación de un motor que reemplaza a un original no es vendible ya que la gente no confía en los cambios que se hayan producido si no son abalados por la firma original.

Embutido de las Tapas del Motor

Introducción teórica y generalidades

Mediante este proceso, un recorte plano de chapa se transforma en un cupo hueco tras ser sometido a una deformación plástica bajo un estado complejo de tensiones.

Las aplicaciones de este procedimiento de fabricación abarcan un campo muy extenso, encontrándose su mayor uso en la obtención de recipientes, carcasas, utensilios, envases, etc.

El caso más simple de estudiar es el embutido de una copa cilíndrica, partiendo de un disco circular plano. El trabajo se efectúa en una estampa como la indicada en la figura 1.

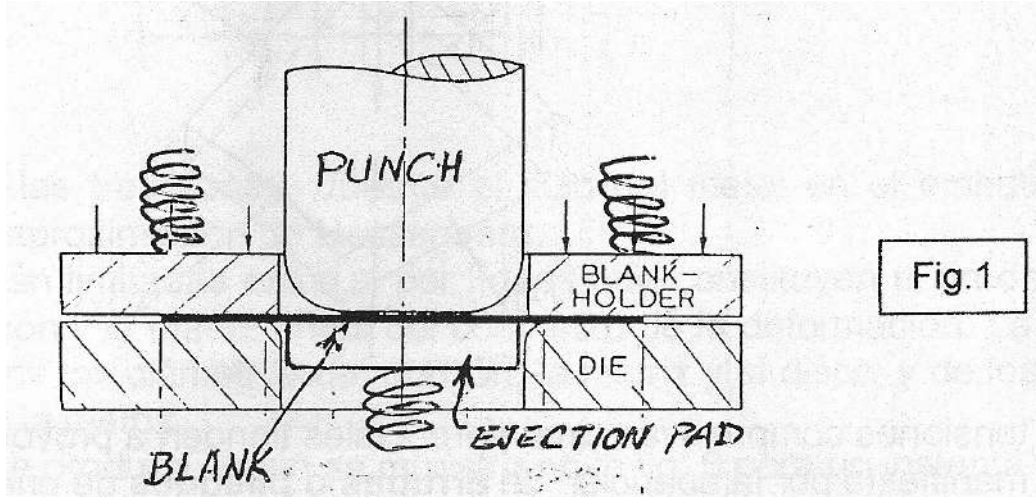


Fig.1

Sobre el disco de chapa apoyado en la matriz, descienden conjuntamente el prensachapa y el punzón. El prensachapa hace el contacto inicial, y seguidamente el punzón hace penetrar a la chapa en el agujero de la matriz, haciéndola fluir entre su plano de apoyo y el prensachapa.

La corona circular entre ambos, denominada “brida de chapa”, va siendo llevada hacia la boca de la matriz, donde pasa a formar parte de la pared cilíndrica de la copa.

La figura 2 permite distinguir dos zonas en el disco de partida: a) Un círculo central de diámetro $\cong d$ que formara parte del fondo de la copa. b) La brida de chapa, que será la constituyente de la pared de la copa.

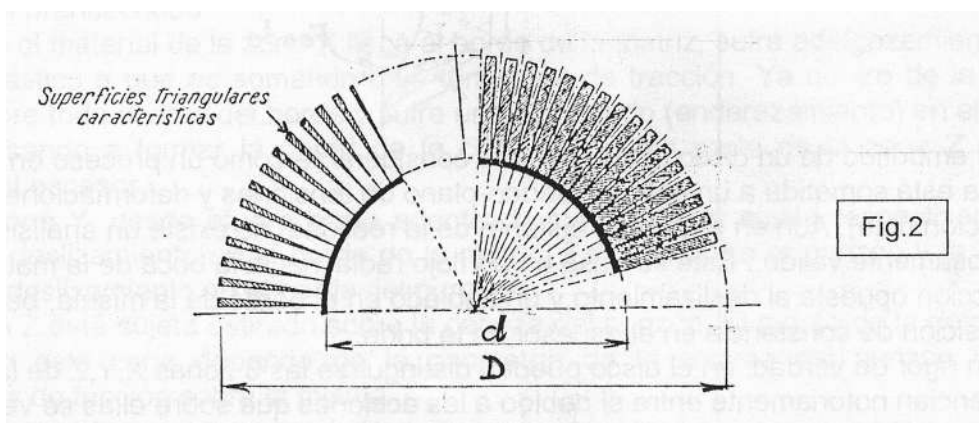
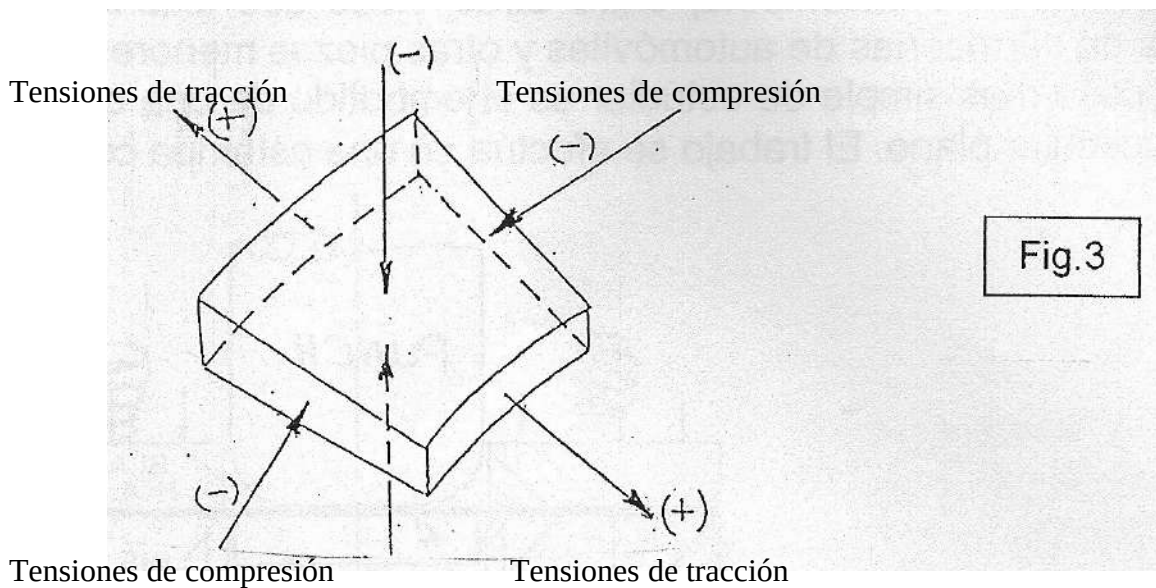


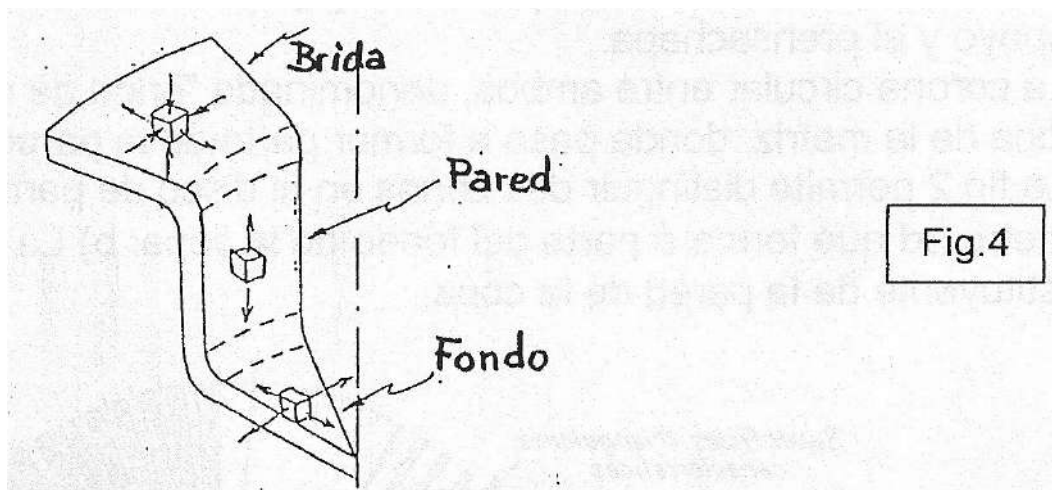
Fig.2

Si se divide la brida en una gran cantidad de pequeños sectores formados alternadamente por rectángulos y triángulos, como el flujo de material hacia la boca de la matriz va ocupando cada vez posiciones de circunferencias de radio menor, puede suponerse que el material de los triángulos al desplazarse hacia arcos mas reducidos tendera a desplazarse hacia los rectángulos adyacentes. Como consecuencia de ello, aparece sobre la chapa una tensión circunferencial

normal al plano que forman el radio y el espesor. Un elemento de chapa ubicado en la brida estará sometido a un estado de tensiones como el que se muestra en la figura 3.



La figura 4 muestra una porción de una copa embutida parcialmente, delimitada por dos planos pasantes por el eje de simetría de la misma. Se pueden ver los estados de tensión a que están sometidos la brida, la pared y el fondo de la copa.



El embutido de un disco circular puede considerarse como un proceso en el que la chapa está sometida a un estado pseudo-plano de tensiones y deformaciones (una dirección nula). Aun en este caso, distante de la realidad, no existe un análisis teórico rigurosamente válido. Este se basa en un flujo radial hacia la boca de la matriz venciendo la fricción opuesta al deslizamiento y un doblado en el borde de la misma, bajo la suposición de constancia en el espesor de la brida.

En rigor de verdad, en el disco pueden distinguirse las 3 zonas X, Y, Z de la figura 5, que se diferencian notoriamente debido a las acciones que sobre ellas se verifican.

La acción del prensachapa se ejecuta aplicando presión por medios neumáticos, hidráulicos o mediante resortes o elastómeros. También puede utilizarse un prensachapa de tipo fijo, separado del plano de la matriz una determinada distancia. Si esa distancia es exactamente el espesor de la chapa, la brida X estará bajo un estado de deformación plana, lo que no impide que

por reacción, el prensachapa fijo ejerza presión sobre la brida. Si esta reacción es suficientemente inferior al límite elástico del material, y a las demás tensiones actuantes, puede considerarse también que el estado de tensiones es plano.

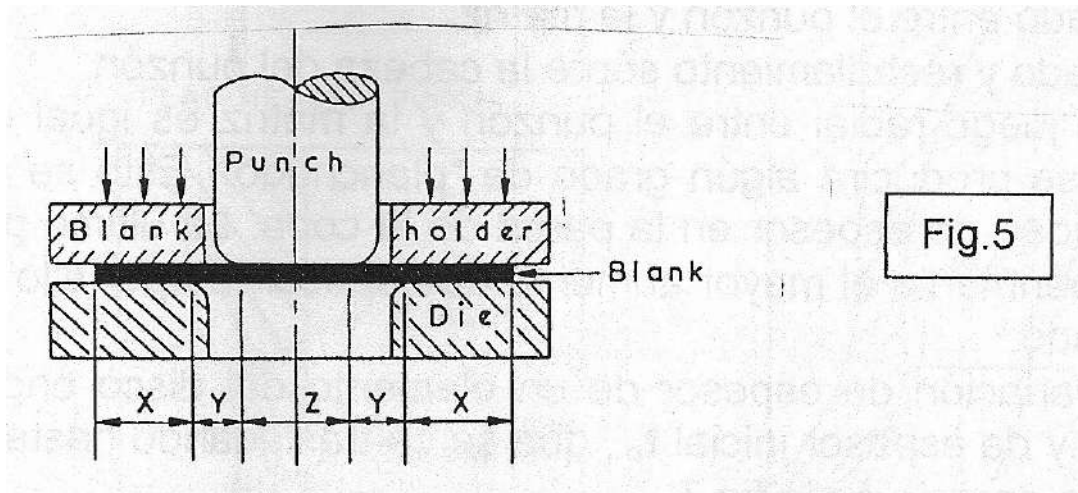


Fig.5

Las acciones sobre las tres zonas, durante el flujo del metal en el embudo, serán descritas siguiendo la aproximación de Hessenberg.

Las zonas X, Y, Z están limitadas entre sí por líneas que constituyen el fin del contacto de la chapa con el punzón y la matriz.

Como la operación se produce según se muestra en la figura 6 para un instante

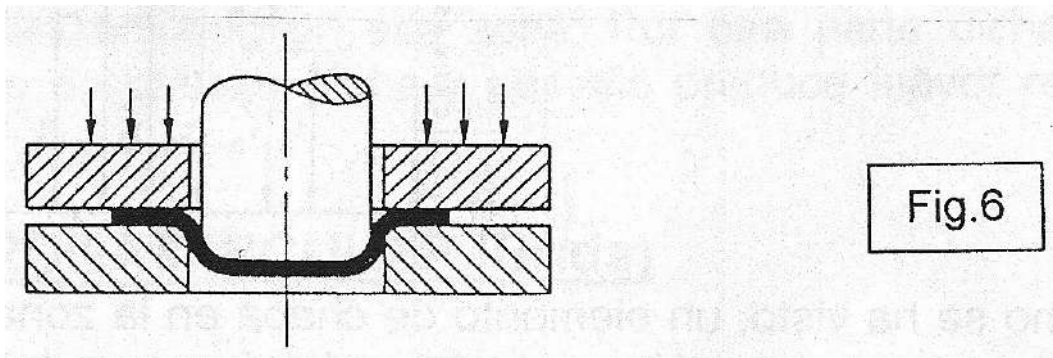


Fig.6

intermedio de la misma, el material de la zona X es progresivamente embutido hacia la boca de la matriz bajo la influencia de una tensión de tracción radial. Tal como se explico, aparecen tensiones circunferenciales de compresión, cuyos efectos se contrarrestan mediante el prensachapa.

Cuando el material de la zona X llega al borde de la matriz, sufre adelgazamiento por el doblado plástico a que es sometido bajo tensiones de tracción. Ya dentro de la zona Y, desliza sobre todo el arco del borde y sufre un desdoblado (enderezamiento) en el final del mismo, pasando a formar la pared de la copa. La última parte de la zona X tiende aumentar el espesor.

En la zona Y, desde fuera hacia adentro el material esta sujeto respectivamente a: Doblado y deslizamiento en el borde de la matriz, estirado entre el punzón y la matriz, y doblado y deslizamiento en el borde del punzón.

La zona Z esta sujeta a estirado sobre la cabeza del punzón. El monto de la deformación plástica en esta zona depende de la geometría de la cabeza del punzón y de las condiciones de fricción de la misma.

Resumiendo, los procesos involucrados son:

- Embutido radial entre matriz y prensachapa con resistencia a la fricción en el contacto.
- Doblado y resbalamiento en el borde de la matriz con resistencia a la fricción en la interfase.
- Estirado entre el punzón y la matriz.
- Desdoblado para formar la pared cilíndrica.
- Doblado y resbalamiento sobre la cabeza del punzón.

Forma y medida del disco inicial

El embutido se aplica para la obtención de piezas huecas, tanto de revolución (simetría axial) como prismática (simetría plana) o de formas asimétricas.

Las dimensiones del recorte plano de la chapa se determinan aproximadamente suponiendo invariable el espesor.

Si se cuenta con un prototipo de la pieza a fabricar, puede pesarse y así calcular el diámetro D del disco circular de partida necesario:

$$G(\text{peso}) = \pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \gamma / 4 \quad [\text{Kgf}] \quad (1)$$

donde:

- γ : peso específico del metal.
- t: espesor de la chapa.

por lo tanto

$$D = 2 \cdot (G / \pi \cdot t \cdot \gamma)^{1/2} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Si se conocen las dimensiones que debe tener la copa y no se cuenta con prototipo, se calcula D igualando superficies:

$$\pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot d^2 \cdot h + \pi \cdot d^2 / 4 \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

Para piezas de revolución no cilíndricas se procede de la misma manera, igualando superficies (suponiendo $t = \text{cte}$) del disco y de la pieza considerando para ello las dimensiones a la altura de la fibra media.

Calculo del diámetro mínimo del disco para el embutido de las tapas del electroventilador

Calculo tapa delantera

Para realizar el calculo se partió de la ecuación 3 ya que al conocer las dimensiones de la tapa, tal como se muestra en el plano N° 033-520 del apartado de planos dimensionales, se obtuvo el valor de la superficie total como suma de cada área individual que va formando parte de la pieza.

Una vez obtenido la suma de todas las superficies, se procedió a obtener el valor del diámetro mínimo del disco del que debemos partir para obtener la pieza buscada, dicho diámetro se calcula como se dijo anteriormente a partir de la ecuación 3 como sigue:

$$\text{Área del disco} = \pi.D^2 / 4 = \Sigma \text{ áreas}$$

$$\pi.D^2 / 4 = 8435.57 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{(8435 \text{ mm}^2 \cdot 4 / \pi)}$$

$D = 103.64 \text{ mm}$

Calculo tapa trasera

Para realizar el calculo se partió de la ecuación 3 ya que al conocer las dimensiones de la tapa, tal como se muestra en el plano N° 034-520 del apartado de planos dimensionales, se obtuvo el valor de la superficie total como suma de cada área individual que va formando parte de la pieza.

Una vez obtenido la suma de todas las superficies, se procedió a obtener el valor del diámetro mínimo del disco del que debemos partir para obtener la pieza buscada, dicho diámetro se calcula como se dijo anteriormente a partir de la ecuación 3 como sigue:

$$\text{Área del disco} = \pi.D^2 / 4 = \Sigma \text{ áreas}$$

$$\pi.D^2 / 4 = 8280.76 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{(8280.76 \text{ mm}^2 \cdot 4 / \pi)}$$

$D = 102.7 \text{ mm}$

Estos valores son los valores mínimos de diámetro con que tenemos que partir para obtener la pieza buscada. El diámetro del disco de chapa con que se esta realizando el embutido es de 110 mm, por dos razones, y una vez realizado el mismo se procede a un recorte para llevar las tapas a los diámetros correspondientes.

Estas dos razones son por los siguientes motivos:

1. La matriz con la que se cuenta para realizar el embutido no posee prensachapa. El hecho de no tener prensachapa se debe a que en comparación la altura de embutido es mucho menor al diámetro del redondo, como así también la relación d/D (diámetro final de la copa/diámetro inicial del disco) es alta, por lo tanto los esfuerzos que se generan (figura 3) son pequeños y es por ello que no se necesita un prensachapa.
2. La chapa que se utiliza para el embutido varia sus propiedades si fue recientemente laminada o si ya tiene algunos meses en taller. Cuanto menos tiempo desde su laminaron haya transcurrido, mas ductilidad posee el disco.

Por lo tanto hay que estar cubierto para que con el redondo que partamos no sea de mucho diámetro y tengamos que desperdiciar en la producción en cadena mucho material, o poco diámetro que luego del embutido las tapas tengan un diámetro final menor que el requerido.

Hablando con personal especializado en el tema que utiliza dicha matriz haciendo el embutido de las tapas, llegamos a la conclusión que un diámetro de 110 mm cubre todos los aspectos involucrados, teniendo un recorte final de 1 a 2.5 mm, lo que es un valor aceptable como desperdicio de material.

Pasamos a mostrar imágenes de las matrices de embutido y de recorte final. Igualmente el proceso completo puede encontrarse en el apartado de Líneas de Procesos en la pagina 89.



Matriz de Corte y Preembutido.



Matriz de Estampado.



Matriz de Recorte Final.

Verificación de los rodamientos utilizados en el electroventilador

Calculo de las reacciones

Antes de realizar el cálculo de los rodamientos obtendremos los valores y direcciones de las fuerzas que estos tienen que soportar, para luego poder realizar el cálculo.

El diagrama del eje del motor con sus esfuerzos es como se muestra el plano N° 015-520 del apéndice general.

donde:

- P_p = Peso de la pala = 0.520 Kg = 5.2 Nw
- P_i = Peso del inducido = 0.850 Kg = 8.5 Nw
- d_1 = distancia de la pala al rodamiento = 0.0176 m
- d_2 = distancia del inducido al rodamiento = 0.02148 m
- d_3 = distancia entre rodamientos = 0.0621m
- R_{Ay} = Reacción en el punto A en la dirección y
- R_{By} = Reacción en el punto B en la dirección y

$$\Sigma F_y = 0 = R_{Ay} + R_{By} - P_p - P_i = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = P_p + P_i = 13.7 \text{ Nw}$$

$$\Sigma M_A = 0 = R_{By} \cdot d_3 + P_p \cdot d_1 - P_i \cdot d_2 = 0$$

$$R_{By} \cdot d_3 = P_p \cdot d_1 - P_i \cdot d_2$$

$$R_{By} = (P_p \cdot d_1 - P_i \cdot d_2) / d_3$$

$$\mathbf{R_{By} = 1.46 \text{ Nw}}$$

$$\mathbf{R_{Ay} = P_p + P_i - R_{By} = 12.24 \text{ Nw}}$$

Por lo tanto R_{Ay} y R_{By} son las fuerzas que deberán soportar los rodamientos y con las cuales se realizara la verificación de los mismos.

Los rodamientos que se utilizan para la fabricación del electroventilador son:

- En el punto A se utiliza un rodamiento modelo 6200
- En el punto B se utiliza un rodamiento 608

Lo que se hará es solo la verificación de estos rodamientos a los esfuerzos del eje, ya que estos no pueden ser modificados, en caso de verificar con un amplio margen de seguridad, dado que para este modelo de electroventilador se encuentra estandarizado estos modelos de rodamientos, en el ámbito de producción nacional e internacional.

Como podemos observar en el cálculo de las reacciones, los rodamientos solo tendrán que soportar carga radial pura, por lo tanto los rodamientos que se utilizan para esta aplicación son los rígidos de bolas de una hilera.

La razón por la que se utilizan estos rodamientos son por las siguientes ventajas mecánicas como económicas.

- Soportan una considerable carga radial
- Soportan una considerable carga axial
- Son de una precisión que si bien no es la máxima alcanzable, se considera acorde al mecanismo.

- Tienen un buen funcionamiento frente a cargas elevadas
- Poseen un bajo rozamiento
- Poseen bajo costo
- Son los mas utilizados

Condiciones de funcionamiento

En cuanto a las cargas aplicadas (axial y radial) a los rodamientos tenemos lo siguiente:

$$R_{Ax} = 0 \text{ Nw}$$

$$R_{Ay} = 12.24 \text{ Nw}$$

$$R_{Bx} = 0 \text{ Nw}$$

$$R_{By} = 1.46 \text{ Nw}$$

Además la velocidad de giro de los rodamientos es:

$$n = 1800 \text{ rpm}$$

Los diámetros de los rodamientos que resultan del diámetro del eje en los puntos A y B son:

$$\phi_A = 10 \text{ mm}$$

$$\phi_B = 8 \text{ mm}$$

Verificación del rodamiento A (6200)

Basándose en el cálculo de carga dinámica es que encontramos para el rodamiento las características necesarias para determinar su vida útil. Estas son las siguientes:

C_0 : capacidad de carga estática, que es la carga de dicha naturaleza que produce sobre el rodamiento una deformación de 1/10000 del diámetro del cuerpo rodante, es función del rodamiento.

C : capacidad de carga dinámica, que es la carga radial pura que no genera en el rodamiento fenómenos de fatiga hasta que se cumplieron 10^6 ciclos, es función del rodamiento y para un 6200 vale 5070 Nw.

Se calcula el siguiente factor, al cual le corresponde un valor umbral e dado por:

$$R_{Ax} / C_0 \Rightarrow e \quad \text{con} \quad R_{Ax} / R_{Ay}$$

Luego, la carga radial equivalente del rodamiento se calcula como sigue:

$$P = X \cdot R_{Ay} + Y \cdot R_{Ax}$$

Donde X e Y dependen del juego de rodamientos elegidos y del umbral e .

Como la carga es de naturaleza puramente radial como se ha dicho anteriormente, la carga P resulta directamente:

$$P = R_{Ay} = 12.24 \text{ Nw}$$

Finalmente la vida del rodamiento se obtiene como:

$$L = (C / P)^p \cdot 10^6 \text{ ciclos} = (5070 \text{ Nw} / 12.24)^3 \cdot 10^6 \text{ ciclos} = 7.1 \text{ E}^{13} \text{ ciclos}$$

Lo que representa una vida útil en horas de:

$$L_h = L / (60 \cdot n) = 658050000 \text{ horas}$$

Verificación del rodamiento B (608)

Análogamente a lo explicado anteriormente, se realizara el cálculo para el otro rodamiento. Este rodamiento es distinto al anterior desde el punto de vista del tamaño.

C_0 : capacidad de carga estática, que es la carga de dicha naturaleza que produce sobre el rodamiento una deformación de 1/10000 del diámetro del cuerpo rodante, es función del rodamiento.

C : capacidad de carga dinámica, que es la carga radial pura que no genera en el rodamiento fenómenos de fatiga hasta que se cumplieron 10^6 ciclos, es función del rodamiento y para un 608 vale 3250 Nw.

Se calcula el siguiente factor, al cual le corresponde un valor umbral e dado por:

$$R_{Bx} / C_0 \Rightarrow e \quad \text{con} \quad R_{Bx} / R_{By}$$

Luego, la carga radial equivalente del rodamiento se calcula como sigue:

$$P = X \cdot R_{By} + Y \cdot R_{Bx}$$

Donde X e Y dependen del juego de rodamientos elegidos y del umbral e .

Como la carga es de naturaleza puramente radial como se ha dicho anteriormente, la carga P resulta directamente:

$$P = R_{Ay} = 1.46 \text{ Nw}$$

Finalmente la vida del rodamiento se obtiene como:

$$L = (C / P)^p \cdot 10^6 \text{ ciclos} = (3250 \text{ Nw} / 1.46)^3 \cdot 10^6 \text{ ciclos} = 1.1 \text{ E}^{16} \text{ ciclos}$$

Lo que representa una vida útil en horas de:

$$L_h = L / (60 \cdot n) = 102130000000 \text{ horas}$$

Conclusión:

Se puede ver que en los dos rodamientos sucede algo similar con respecto a la duración o vida de los mismos. Los valores son extremadamente altos. Esto se debe a que no fueron calculados para un cierto tiempo de vida útil, sino que se tuvieron en cuenta otros factores para su elección. Estos factores pueden ser por ejemplo la dimensión del eje, la dimensión del buje de la pala que afecta a la dimensión del eje, el diámetro de la laminación utilizada en el rotor la cual se encuentra a la venta con dimensiones específicas.

Por lo tanto la vida útil de los rodamientos esta mas que verificada.

Desgaste de escobilla y colector

La maquina de corriente continua tiene una amplia aplicación en la industria ya sea en su aplicación como motor o generador. Siendo tal vez mas conocido su uso como motor, para determinadas aplicaciones donde se requiere mantener la velocidad constante a pesar de la variación de la carga (cupla resistente) o poder variar la velocidad del motor en rangos amplios, el motor de continua se impone frente al de corriente alterna.

Si bien es cierto que hoy en día existen dispositivos de control (variadores de velocidad) que permiten obtener estas mismas características en los motores de corriente alterna (en motores de potencia), esta alternativa tiene un costo muy superior al de la maquina de continua.

Es debido a esto que la maquina de corriente continua se sigue utilizando en la actualidad tanto en aplicaciones industriales como para aplicaciones comerciales (en forma de pequeños

motores serie). Se utilizan mucho en electrodomésticos, juguetes y en la industria automotriz (burros de arranque, limpiaparabrisas, electroventiladores, etc.) naval y aeronáutica.

Desde el punto de vista tribológico en este tipo de maquina existen dos sistemas: cojinete – eje del rotor, escobilla – colector.

El propósito de este informe de investigación es analizar aspectos tribologicos relacionados con el sistema **colector** (siendo el primer cuerpo) – **escobilla** (el segundo cuerpo o de sacrificio) de maquinas de corriente continua.

Los elementos de la maquina eléctrica que se tuvieron en cuenta son:

- **Escobillas:**

Las escobillas que se utilizan en la actualidad son fabricadas de diversos tipos. Pueden establecerse cuatro grupos:

1. De carbón

Estas escobillas están constituidas con materiales tales como: carbón de gas, coke de petróleo o antracita, pulverizado y aglomerado con ligantes como pez, alquitrán o resinas. Un proceso de horneado endurece la mezcla y le incorporan propiedades eléctricas convenientes. Mezclando cantidades variables de grafito natural con carbón compacto, las escobillas resultan con diferentes grados de dureza. Las densidades de corrientes y velocidades periféricas quedan limitadas a valores reducidos, cuando se emplean estos materiales.

2. De grafito natural

Estas escobillas presentan propiedades superiores para densidades de corrientes y velocidades periféricas elevadas. El grafito es uniformemente blando y posee una tendencia natural a adherirse, poseen una vida mas prolongada con respecto a las de carbón y su funcionamiento es extremadamente silencioso. Además debido a su mayor conductividad térmica soportan corrientes más intensas sin sobrecalentamientos. Se fabrican con diversos grados de dureza, de manera de adaptares a cada problema particular.

3. De electrografito

Fueron desarrolladas para satisfacer los requisitos de los proyectos de altas velocidades y elevadas densidades de corrientes. Su composición es carbón casi puro, muy homogéneo y duro, de excelente estabilidad mecánica a altas temperaturas, y presenta un bajo coeficiente de fricción contra una superficie de cobre.

4. De mezclas metálicas

Se preparan a partir de metales pulverizados y grafito molido, tratados a altas presiones. El cobre es el metal que se emplea usualmente, aunque suelen agregarse materiales como estaño, zinc y plomo. Su única aplicación es en maquinas de baja tensión y funcionamiento transitorio (electroventiladores), debido que permiten la formación de arcos eléctricos con el colector (es decir realizan una conmutación defectuosa, efecto que es nocivo para la vida útil de la maquina) y desgastan en

forma severa el colector. Presentan muy baja resistencia de contacto; elevada conductividad térmica lo que significa que con pequeñas superficies pueden mantenerse razonablemente frías aun con elevadas densidades de corrientes. Este tipo de escobillas es la que se utiliza en este motor de estudio.

- **Colectores**

El colector es un conjunto de laminas o delgas de cobre aisladas entre si y a masa, cada una de la cuales esta conectada a dos terminales de bobina. Las delgas deben ser de cobre duro trefilado, de una dureza entre 80 y 100 Brinell, resistencia a la rotura de 30 Kg./mm² y están aisladas entre sí por medio de mica o macanita (para colectores mayores). El aislamiento a masa siempre es de macanita. El espesor de este material debe ser uniforme y rigurosamente exacto pues una diferencia, incluso mínima, de espesor podría ser causa de una sensible variación del diámetro del colector debido al gran número de segmentos.

Colectores confeccionados a partir de oro, plata, acero, aluminio, son utilizados solamente en laboratorios. No son de uso comercial.

Pérdida y calentamiento en el colector

Las causas de perdidas de energía en los colectores y anillos rozantes son dos:

- Perdidas mecánicas debidas al rozamiento de la superficie de los mismos con las escobillas.
- Perdidas eléctricas provocadas por el paso de la corriente.

$$W = W_a + W_e$$

donde W , W_a y W_e , son respectivamente pedidas totales, pérdidas por rozamiento y perdidas eléctricas, todas ella en vatios. Las perdidas eléctricas (W_e) generan fenómenos térmicos y sus valores generalmente pueden obtenerse de los fabricantes de escobillas. Estos tipos de perdidas escapan al objetivo de esta sección del trabajo por lo tanto solo serán mencionaas.

Perdidas por rozamiento (W_a)

Estas perdidas están producidas por el mismo fenómeno mecánico del rozamiento entre metal y escobilla. La presión de las escobillas, de carbón, cobre o material, análoga, sobre el colector o el anillo es la apropiada cuando es de 0.1 a 0.15 Kg./cm² para maquinas normales y de 0.20 a 0.25 Kg/cm² en los motores de tracción en donde las sacudidas y vibraciones obligan a apretar las escobillas con mas fuerzas contra la parte rotativa.

Todo exceso de presión de las escobillas solo provoca un aumento en las perdidas por rozamiento.

- La fuerza total ejercida por las escobillas es $F = P \cdot A$
- La fuerza tangencial vale $F_t = \mu \cdot P \cdot A$
- La potencia perdida en [Kgm/s] es $W_a = F_t \cdot v = \mu \cdot P \cdot A \cdot v$

donde $v = (\pi \cdot n \cdot d) / 60$ siendo:

- n: revoluciones en [rpm]
- d: diámetro del colector o anillo en [m]

La potencia perdida en [W] es igual a $W_a = 9.81 \cdot \mu \cdot P \cdot A \cdot v$

Tomando valores medios de $P = 0.15$ [Kg/cm²] y $0.15 \leq \mu \leq 0.2$ resulta:

$$W_a = (0.2 \text{ a } 0.3) \cdot v \cdot A$$

Esta formula es valida tanto para colectores segmentados como para anillos y puede aplicarse a todos los tipos de escobillas. El coeficiente de 0.2 se adopta para escobillas blandas (grafitadas) y el de 0.3 para escobillas duras.

Fricción y desgaste del par colector – escobilla

El efecto de la corriente eléctrica en la fricción y desgaste en contactos deslizantes de materiales compuestos (escobillas) contra un metal (colector) es considerado. A sido demostrado que este efecto es similar a la lubricación de contactos, para escobillas con alto de contenido de grafito. El efecto mencionado no se observa en las escobillas con alto contenido metálico.

El paso de la corriente eléctrica a través de la zona de fricción tiene influencia significativa en la formación de la capa de transición, en el proceso de fricción, y en el análisis final del par en el comportamiento a la fricción.

El efecto de la corriente eléctrica a la fricción en contactos en deslizamientos

Basándonos en experimentos realizados se sabe que en la región de densidades de corrientes mayores de 50 [A/cm²], actualmente usado en los contactos deslizantes de maquinas eléctricas para diferentes tipos de contactos, tres formas básicas de dependencia entre f (coeficiente de fricción) y j (densidad de corriente) son posibles. Una pequeña reducción en la fricción con un incremento en la carga eléctrica (el antes mencionado efecto de lubricación de la corriente electiva) es característica de las escobillas de electrografito, grafito y carbón. Con un ligante altamente no carbonizado (entre un 20 y 30% del peso de la escobilla) la fricción es reducida a un menor grado, pero hay una marcada reducción en el coeficiente de fricción logrando la densidad de corriente crítica. Para materiales compuestos con un alto contenido de metales (mas del 90% del peso de la escobilla) el efecto de lubricación no es observado. Inversamente, a altas corrientes de cargas hay una tendencia hacia un incremento en el coeficiente de fricción.

En los contactos eléctricos deslizantes la corriente de carga puede ser examinada como un factor adicional de fricción (junto con la velocidad, temperatura, cupla resistente), liderando un cambio en los factores internos de los contactos (rugosidad, liberación de calor en la zona de fricción, propiedades mecánicas y estructurales de las capas cerca de la superficie).

Mecanismo de la acción lubricante de la corriente eléctrica

La fragilidad y el relativo bajo modulo de elasticidad y el limite elástico de los materiales de las escobillas para quienes el efecto de lubricación por corriente eléctrica es observado

(escobillas de carbón, grafito, electrografito, etc.) sugiere que el trabajo de las fuerzas friccionales es gastado en sobreponerse a la interacción intermolecular de los segmentos elásticos de contacto y en la destrucción de la superficie del material por microcutting.

Una marcada reducción en f se observa para altas densidades de corriente ($j > 10^3$ [A/cm²]), valores a que no llega normalmente en la práctica. Cuando la corriente de carga es aumentada la tensión de rotura decrece rápidamente con un simultáneo incremento en el ancho de la huella de fricción y de la temperatura de la zona de contacto. En la región de densidades de corrientes del orden de 10^4 a 10^5 [A/cm²], típicos puntos de contacto individual, los anteriores cambios mencionados son significativos. La temperatura en la zona de contacto excede los 227°C para escobillas de carbón.

Características del comportamiento friccional de los materiales de escobillas con bajas conductividades eléctricas y térmicas.

Estudios microtribométricos teniendo en cuenta la corriente eléctrica, han demostrado que para cada tipo de material de escobilla existe un valor límite de densidad de corriente en los puntos de contacto. Una vez alcanzado la densidad de corriente límite, el ancho de la huella de fricción crece marcadamente, la claridad de la línea externa de la huella desaparece y la fricción se torna inestable. Es claro que el calor liberado por efecto Joule, permite la destrucción del esqueleto conectivo del material de la escobilla en la región adyacente al punto de contacto.

Para las dimensiones de los puntos de contacto, j_{cr} (densidad de corriente crítica) será menor para menores conductividades térmicas y menores estabilidades térmicas del material de la escobilla y para mayores resistencias de contacto.

Como es sabido con corrientes de carga actualmente usadas en máquinas eléctricas para los distintos tipos básicos de escobillas, los cambios de superficies debido al calentamiento por el paso de corriente son reversibles. La temperatura en el punto de contacto no alcanza el valor crítico. Sin embargo, una reducción en la estabilidad térmica o la conductividad térmica y eléctrica del material de la escobilla, el valor crítico de la temperatura en los puntos de contacto será alcanzado a densidades de corrientes menores. Para materiales de escobillas sinterizados con ligante del mismo tipo, el valor de j_{cr} , es menor para el material que contenga mayor cantidad de ligante. Con ligantes altamente no carbonizados (del orden del 20% del peso total) en la escobilla, los valores de j_{cr} en los puntos de contacto disminuye tan significativamente que son alcanzados con corrientes de carga actualmente utilizadas. Es preciso decir que esta circunstancia conlleva a la existencia de anomalías en el comportamiento de características friccionales y eléctricas de los contactos y una reducción en la densidad de corriente permisible para materiales de escobilla con un alto contenido de ligante no carbonizado termoactivo. Dichos materiales pueden ser utilizados en servicio para densidades de corriente relativamente bajas ($2 - 6$ A/cm² para un área de contacto nominal). Con un incremento en la corriente de carga se logra inestabilidad en la operación de las escobillas, un deterioro en la conmutación y un desgaste acelerado del dispositivo. La densidad crítica de corriente depende de la resistencia eléctrica específica del material y de la caída de tensión de contacto (colector – escobilla).

Se puede concluir que para el grupo de materiales utilizados, con densidades de corrientes superiores a la crítica, la temperatura en la mayoría de los puntos de contacto llega a valores suficientes para una destrucción intensiva del ligante. Una destrucción del esqueleto conectivo en micro volúmenes de la capa superficial adyacente a áreas de contacto, permite un debilitamiento del ligante entre partículas de relleno y su remoción fácil, que explica la intensificación del desgaste.

La reducción en la magnitud de la resistencia al esfuerzo de corte del material en la superficie es la causa de la marcada reducción del coeficiente de fricción.

Influencia de la corriente eléctrica en la interacción friccional de materiales de escobillas con altos contenidos metálicos.

Como fue dicho antes el comportamiento de estas escobillas difiere del comportamiento de escobillas de carbón; la disminución del coeficiente de roce dependiente de j no es apreciable en la práctica, y para altas corrientes de carga el coeficiente de fricción se incrementa en muchos casos. Típicamente, la superficie del contra cuerpo (colector) tiene una pequeña cantidad de material transferido de la escobilla. La probabilidad de formación de puntos de contacto del tipo metal – metal durante el deslizamiento es alta. Es obvio en este caso, que la mayor cantidad de la corriente eléctrica transmitida es a través de puntos de contacto metálicos.

Estudios microtribométricos han demostrado que para puntos de contacto metálicos, con densidades de corriente que no exceden $10^3 - 10^4 \text{ A/cm}^2$, no hay cambios en el coeficiente de fricción ni tampoco en sus componentes moleculares. Sin embargo, a mayores corrientes de carga, hay una tendencia hacia un incremento en el coeficiente de roce y en el ancho de la huella.

Cálculos de la temperatura en los puntos de contacto, debido al paso de corriente se realizan usando la fórmula (para escobillas metálicas).

$$\theta = \frac{U_c \cdot I}{\pi \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot a}$$

siendo:

- ◆ U_c : caída de tensión en el punto de contacto
- ◆ I : corriente de carga
- ◆ λ_1 y λ_2 : coeficientes de transferencia de calor de los materiales de contacto.
- ◆ a : radio del punto de contacto

Demuestra que debido a la alta conductividad térmica de los metales y la baja caída de tensión, la temperatura en la zona de fricción es relativamente baja (no mayor a 57°C) y no posibilita un cambio marcado en las propiedades físicas y mecánicas del metal. Con el bien conocido hecho que los electrones libres empujados a través de la estructura cristalina del metal influyen en el movimiento de dislocaciones, y consecuentemente el metal es apto para deformarse plásticamente, fue sugerido que hay una acción directa de la corriente pasando a través de la zona de fricción en la naturaleza de la deformación plástica de las superficies de contacto. Para contactos metálicos deslizantes hay una región de puntos de contacto con corriente de carga ($10^4 - 10^6 \text{ A/cm}^2$) donde la influencia de la corriente eléctrica en fricción facilita la deformación plástica de las superficies, dando permiso en el análisis final a incrementos en el área real de contacto y el coeficiente de fricción. Para mayores incrementos en la corriente de carga (más de 10^6 A/cm^2) la acción térmica de la corriente de carga se intensifica y se convierte dominante, permitiendo una suavización de las capas superficiales, un incremento en el área real de contacto y desgaste. Para densidades de corrientes en los puntos de contacto menores a 10^3 A/cm^2 , el efecto plástico y las acciones térmicas no son significativos.

Factores que conllevan a un desgaste eléctrico en la ausencia de chisporroteo

La causa primaria de la infavorable influencia de la corriente eléctrica en el desgaste de las escobillas, en las primeras investigaciones, era el incremento de la rugosidad y la intensificación de las propiedades abrasivas de la superficie metálica del contra cuerpo. Luego con varias experiencias posteriores, se confirmó esta conclusión. Una alta temperatura de colector, deformación de la estructura cristalina del cobre durante la fricción (causando tensiones

en la estructura cristalina y un incremento de la reactividad), los procesos de la descomposición electrolítica de la humedad absorbida en la zona de fricción y también el desplazamiento direccional de los iones bajo la acción del campo eléctrico, permiten una oxidación significativa en la parte de la huella de desgaste en el colector. El paso de corriente permite que capa oxidada se desprenda, permitiendo la nueva oxidación de la capa descubierta. El resultado es un incremento de la rugosidad superficial del colector y una aparición de partículas oxidadas en la zona de fricción, que intensifican el desgaste abrasivo.

Actualmente, hay varias pruebas que indican que el desgaste abrasivo no es fenómeno de la fricción gobernante, particularmente para escobillas que contienen metal.

La separación de fragmentos de desgaste de la superficie de la escobilla se produce por un debilitamiento del material cerca de la capa superficial durante la adhesión de los segmentos en contacto. La adhesión de los materiales de carbón contra los óxidos de cobre es considerablemente débil que contra el cobre puro. El pasaje de corriente causa la ruptura de la capa de óxido y un incremento en la adhesión de segmentos de la escobilla de contacto contra el cobre, y un incremento en las tensiones tangenciales en la interfase y una reducción en el número de ciclos de la deformación que causan desgaste. Intensificación de la adhesión de los puntos de contacto puede también ocurrir, debido a la disociación (bajo la acción de la corriente eléctrica) de una capa delgada (1,5 – 3 nm) de moléculas de agua absorbidas y sustancias orgánicas, separando los elementos de contacto en las áreas de contacto elástico. Aquí tiene lugar soldadura por micro contacto y transferencia del material de la escobilla contra el contra cuerpo. Si incrementos en la corriente de carga en estas condiciones son alcanzados en los puntos de contacto, entonces se observa una transición de un desgaste bajo a severo, o abrasión con al formación de una gran cantidad de polvo, como productos de desgaste.

Para escobillas con materiales tradicionales, teniendo una alta conductividad térmica en el régimen normal de operación, la acción térmica en el material cerca de la capa superficial es de naturaleza reversible. Sin embargo su contribución al desgaste eléctrico tiene que ser considerado. La razón es que en la operación de los contactos reales, debido a factores eléctricos y mecánicos, fluctuaciones en la corriente eléctrica son siempre observadas, como resultado de esto la densidad de corriente a través de los puntos individuales de contacto puede exceder muchas veces el valor promedio satisfactorio. Como resultado, en micro volúmenes del material de la escobilla y en particular de su ligante, mayor es la probabilidad de oxidación del material de la escobilla en los microvolúmenes individuales y mayor es su influencia en la intensidad de desgaste.

Algunos investigadores consideran que los choques térmicos que aparecen como resultado del calor como efecto Joule alcanzado en las pequeñas áreas de contacto conductivas son uno de los factores que conllevan a la intensificación del desgaste de los elementos de contacto bajo la acción de una corriente eléctrica. El calentamiento considerable en el curso de un pequeño intervalo de tiempo (microsegundos) de pequeños volúmenes adyacentes del material compuesto a puntos conductivos conlleva a gradientes de altas temperaturas y tensiones mecánicas, debido a la expansión térmica. Esto se aplica en particular a los materiales cuyos componentes tienen una significativa diferencia en los coeficientes de expansión térmica, ejemplo: cobre-escobilla de grafito (los coeficientes de expansión térmica para el cobre, grafito y bakelita son de $17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{K}$, $7.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{K}$ y $22 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{K}$ respectivamente). La aparición de tensiones mecánicas conlleva a la formación de micro grietas en las interfases de los componentes. La combinación de los choques térmicos y mecánicos crea condiciones para el desarrollo de estas grietas y fallas de la capa superficial. En adición a esta diferencia en los coeficientes térmicos de expansión de los compuestos, otra condición para el comienzo del choque térmico es la baja conductividad térmica del material, causando que la liberación de calor sea de naturaleza local.

Influencia del campo eléctrico

Las experiencias realizadas han demostrado que en el caso de un alto gradiente de potencial, polvo de carbón es liberado de la superficie de las escobillas influenciando en el desgaste y en la resistencia de contacto. Fue mostrado, en estudios de resistencia eléctrica de los micro-intersticios y de la conductancia en un contacto de los electrodos y acortamientos del gap son posibles debido a tensiones mecánicas creadas por fuerzas del campo electrostático. La presencia, en las superficies, de partículas que están débilmente unidas al sustrato facilita el proceso. Como resultado, cuando los puntos de contacto se separan, el comienzo del chisporroteo o la formación de arcos es seguido por un estado de puente que ocasiona la interrupción del circuito. Las partículas que forman el puente son en esencia productos del desgaste.

En este caso bajo ciertas condiciones el campo eléctrico permite directamente la formación de partículas de desgaste.

Otro patrón general en la influencia del campo eléctrico es la transferencia del material de la escobilla a la superficie del metal. Es mas, en la operación normal de las maquinas eléctricas, mucho mayor material es siempre transferido de la escobilla anódica hacia la escobilla catódica. Una significativa parte del material depositado en el colector por la escobilla de polarización positiva, es transferida a la superficie de la escobilla de polarización negativa. A la inversa, la transferencia del material del cátodo (escobilla con polarización negativa) a la superficie del colector es delgada y al menos no hay transferencia del colector al ánodo.

Alternativas para reducir el desgaste

Por todo lo dicho anteriormente la acción del desgaste eléctrico es facilitada por la presencia del oxígeno en el medio ambiente (la formación de películas aislantes, erosión química, oxidación selectiva del ligante). La búsqueda de formas para asegurar una operación efectiva de los contactos deslizantes y reducir la influencia dañina del oxígeno ha llevado a utilizar una atmósfera de gases inertes (CO_2 , N_2 , He y Ar), con un contenido de humedad controlable, logrando un significativo incremento en la resistencia al desgaste en los contactos de las escobillas.

Un aumento de la corriente en el contacto deslizante es limitado, no solo por la resistencia del material de la escobilla debido a reacciones térmica, pero también por la estabilidad dinámica del sistema de contacto y su habilidad para evitar chisporroteo intensivo con los incrementos de la densidad de corriente y velocidad de rotación del colector. La estabilidad dinámica es determinada por los regimenes de velocidad, las propiedades electro plásticas de los materiales de contacto, las características dinámicas de las escobillas, los dispositivos de contacto y la intensidad de las vibraciones por transferencia de corriente del equipo. Un incremento en la precarga de la escobilla, el uso de escobillas paralelas, y un buen alineamiento de la maquina minimizan el problema. Muchas soluciones para aumentar la estabilidad de contacto (y como resultado la densidad de corriente) a aumentos en la velocidad de rotacional han sido propuestas y usadas con éxito en la práctica. Estas son una selección optima del ángulo de las escobillas, diseño adecuado del porta escobillas y una subdivisión de las escobillas. Un logro significativo en esta dirección es el desarrollo de fibras para escobillas de carbón, carbón metálico y metalizado.

Conclusión

Teniendo los factores presentados anteriormente, podemos notar que las características de fricción del tipo colector –escobilla son básicamente determinadas por la acción de la corriente eléctrica en la superficie de la escobilla, y la naturaleza de esta acción es diferente para los materiales de escobilla que difieren en su naturaleza. Deformaciones plásticas en las superficies,

permitiendo un incremento en el área de contacto, explican las características del comportamiento a la fricción de los materiales de las escobillas con un alto componente de metal.

En la ausencia de chisporroteo, la causa básica de la intensificación del desgaste de las escobillas bajo la acción de una corriente eléctrica es el efecto Joule liberado en la zona de contacto.

Dependiendo del régimen de operación y de la naturaleza de los materiales de contacto el calor adicional liberado resultante de la circulación de corriente permite un debilitamiento mecánico de la capa superficial de la escobilla, aumenta la rugosidad del colector, intensifica la interacción adhesiva en los puntos de contacto, y tensiones mecánicas por la dilatación térmica. El campo eléctrico en el área de contacto puede ser un factor influyente en la tasa de control de desgaste debido a su incidencia en el fenómeno de oxidación, transferencia de masa.

Debe quedar claro que la presencia de partículas abrasivas entre el colector y escobillas, generadas por los fenómenos indicados anteriormente, es la causa principal de desgaste.

APARTADO IV

Líneas de Procesos

En este apartado se señalan las distintas líneas de procesos necesarios para la fabricación del electro ventilador y su evaluación a través de ensayos de laboratorio para su posterior venta.

Las líneas de procesos son las siguientes:

- Línea de Producción Mecánica: en ella se realizan las piezas que se obtienen de materiales primarios, como ser la chapa, o subconjuntos que se generan a través de piezas

fabricadas o directamente compradas a proveedores externos, para su utilización en la próxima línea de procesos.

- Línea de Armado: en ella se genera el ensamble de todas las piezas para la obtención del motor terminado.
- Línea de Ensayos: en ella se realizan los ensayos necesarios para la aprobación de un lote o motor terminado.

A continuación se detallan las características de cada una de las líneas ya presentadas.

Línea de Producción Mecánica

Esta línea consta de la fabricación de piezas que luego serán utilizadas en la línea de armado. Las mismas pueden partir de materiales primarios o bien ser procesos que se realizan entre piezas ya terminadas y con ellas se logra el armado o conformación de un subconjunto.

Pasamos a detallar las maquinas y los procesos con los cuales se obtienen las distintas piezas.

Maquinas:



Figura 1. Balancín de 70 Tn.



Figura 2. Balancín de 16 Tn.



Figura 3. Balancín de 40 Tn.



Figura 5. Torno.

Figura 4. Balancín de 3 Tn.



Figura 6. Soldadora por Proyección.



Figura 7. Guillotina.

Tapa delantera rodamiento 6200

Materia prima: Fleje de acero 1010 doble decapada, espesor 1.25mm y ancho 115mm.

Procesos:

- Corte y preembudo del redondo: se realiza con el balancín de la figura 1 y con la siguiente matriz.



- Estampado: este proceso se realiza de una sola etapa dependiendo de la vejez de la materia. Se realiza con el macho y hembra para el rodamiento 6200 en el balancín de la figura 1.



- Recorte final: este paso se realiza con el balancín de la figura 3 y con la siguiente matriz con el suplemento para el rodamiento 6200.



- Punzonado: aquí se punzanan tanto los agujeros de ventilación como los pasantes para los tornillos de cierre del motor. Se realiza en el balancín de la figura 3, con la siguiente matriz.



- Cincado: luego de terminada la pieza se envía a cincar a un proveedor externo para luego ingresar en la línea de armado.



Tapa trasera rodamiento 608

Materia prima: Fleje de acero 1010 doble decapada, espesor 1.25mm y ancho 115mm.

Procesos:

- Corte y preembutido del redondo: se realiza con el balancín de la figura 1 y con la siguiente matriz.



- Estampado: este proceso se realiza de una solo etapa dependiendo de la vejez de la materia. Se realiza con el macho y hembra para el rodamiento 608 en el balancín de la figura 1.



- Recorte final: este paso se realiza con el balancín de la figura 3 y con la siguiente matriz con el suplemento para el rodamiento 608.



- Punzonado: el punzonado se realiza en dos etapas, en la primera de ellas se punzonan tanto los agujeros de ventilación como los que alojan las tuercas de proyección, y en la segunda los posicionadores de la placa portaescobillas mediante un centrador. Se realiza en el balancín de la figura 3, con la siguiente matriz.



- Soldado de tuercas: se sueldan a través de la maquina de la figura 6 con el siguiente dispositivo.



- Cincado: luego de terminada la pieza se envía a cincar a un proveedor externo para luego ingresar en la línea de armado.

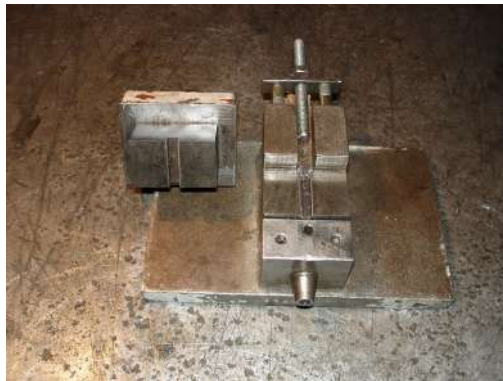


Eje de inducido

Materia prima: es un insumo que ingresa ya terminado de un proveedor externo.

Procesos:

- Estriado: se estría el eje para que al presar la laminación se ajuste al mismo. Esto se realiza con el balancín de la figura 2 y con el siguiente dispositivo.



En el apéndice se adjunta el plano que corresponde a la medida del estriado y donde debe estar situado. El plano es el N° 017-520.

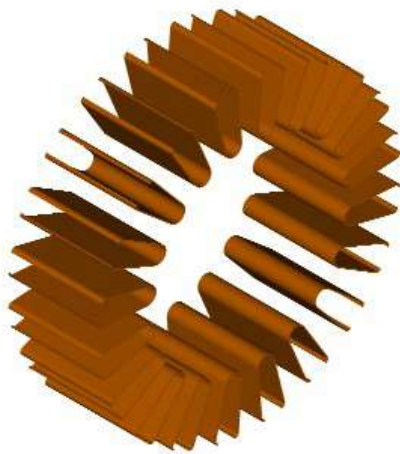


Aislacion de ranuras

Materia prima: plancha de pressphan de 0.3mm de espesor y en medidas de 800mm x 800mm.

Procesos:

- Corte de tira: este proceso se realiza por medio de la guillotina mostrada en la figura 7. Se cortan allí tiras de 24mm de ancho.
- Corte de pieza: este se realiza con el balancín de la figura 4 y con la siguiente matriz para llevar el corte a 32mm.



Oreja

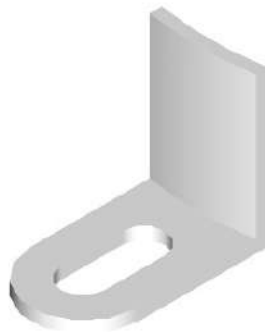
Materia prima: chapa de acero 1010 doble decapada de espesor 2mm y ancho de tira de 65mm por el largo de una chapa entera que se consigue en el mercado de 2440mm.

Procesos:

- Corte de pieza: aquí se realiza el corte de la pieza en su totalidad, incluyendo la corredera. Esto se realiza con el balancín de la figura 2 y con la siguiente matriz.



- Estampado: se realiza en el balancín de la figura 2 con la siguiente matriz.



Carcasa

Materia prima: tubo de acero 1010 sin costura de medidas diámetro externo 101.5mm, diámetro interno 97.5/97.7mm y largo 62mm.

Procesos:

- Torneado: este proceso se realiza para llevar a medida el largo de la carcasa que se puede apreciar en el plano N° 010-520 del apéndice. Esto se realiza con el torno de la figura 5 y con el siguiente dispositivo.

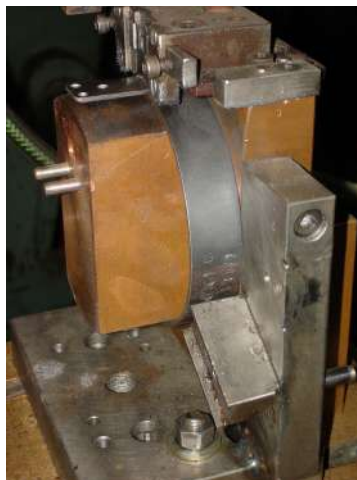


- Punzonado para reten imán: este proceso es el que realiza el punzonado que aloja el remache que sostiene al reten de imán unido a la carcasa. En el apéndice se encuentra el plano N° 010-520 que indica la medida y ubicación de dicho agujero.
- Punzonado para salida de mazo: este proceso es el que realiza el punzonado de la salida del mazo, donde se aloja la tronera pasacables. En el apéndice se encuentra el plano N° 010-520 que indica la medida y ubicación de dicho punzonado.

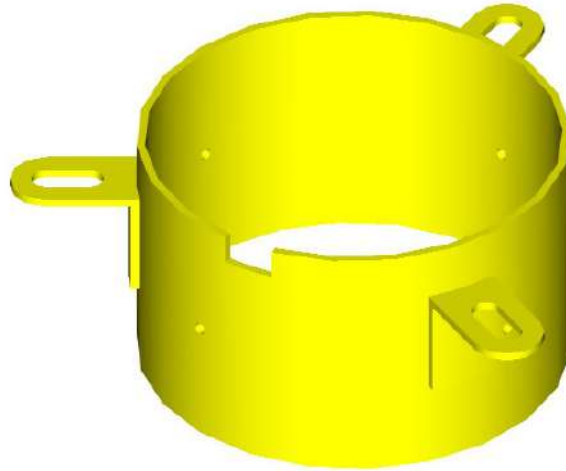
Estos últimos dos procesos se realizan con el balancín de la figura 2 y con la siguiente matriz.



- Soldado de orejas: aquí se sueldan las tres orejas en la posición que indica el plano N° 011-520 del apéndice. Esto se realiza en la maquina de la figura 6 con el siguiente dispositivo.



- Cincado: luego de terminada la pieza se envía a cincar a un proveedor externo para luego ingresar en la línea de armado.



Reten de imán

Materia prima: fleje de acero 1060/70 de espesor 0.3mm por un ancho de 38mm.

Procesos:

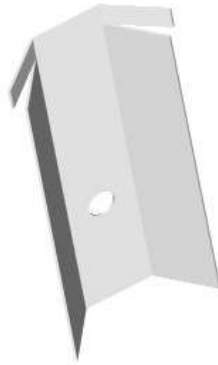
- Corte y agujereado: esto se realiza con el balancín de la figura 4 y con la siguiente matriz.



- Estampado: esto se realiza con el balancín de la figura 4 y con la siguiente matriz.



- Templado: se envían a un proveedor externo las piezas ya mecanizadas para templarse. Luego ingresa a la línea de armado.



Portaescobillas de latón de 4 polos

Materia prima: fleje de latón de espesor 0.6mm y ancho 40mm.

Procesos:

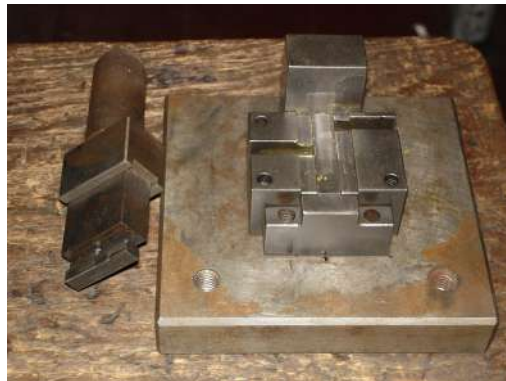
- Corte: se realiza con el balancín de la figura 2 y con la siguiente matriz.



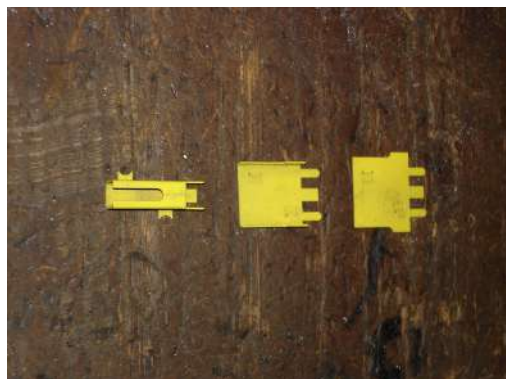
- Primer estampado: se realiza con el balancín de la figura 4 y con la siguiente matriz.

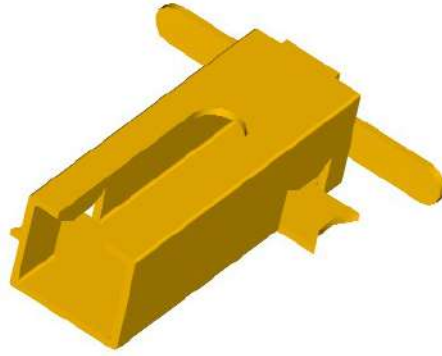


- Segundo estampado: se realiza con el balancín de la figura 4 y con la siguiente matriz.



En la siguiente foto se aprecian los tres pasos que involucran este proceso.





Línea de Armado

En esta línea se utilizan insumos que provienen tanto de proveedores externos como de la línea de producción mecánica.

La línea de armado consta de cuatro líneas que las llamamos:

- Línea A: de ella se obtiene el subconjunto del portaescobillas y mazo de cables.
- Línea B: de ella se obtiene el subconjunto de la carcasa.
- Línea C: de ella se obtiene el subconjunto del inducido.
- Línea D: es la línea que reúne a las anteriores para obtener el motor terminado.

Pasamos a detallar cada una de estas líneas.

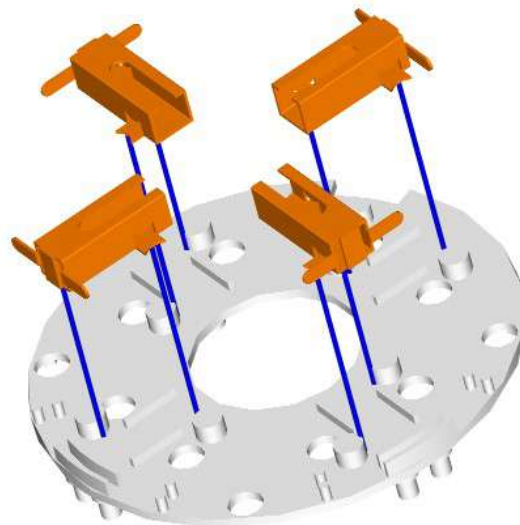
Línea A

Las piezas que se utilizan en esta línea son las siguientes:

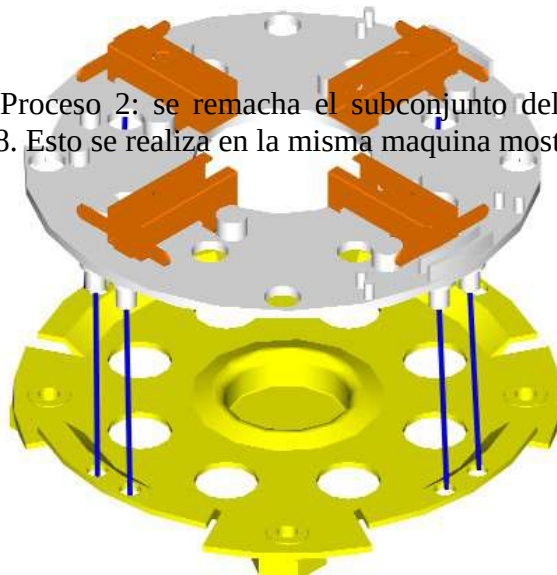
Descripción	N° Plano	Cantidad
Portaescobilla de latón	024-520	4
Placa portaescobillas	023-520	1
Tapa trasera rodamiento 608	034-520	1
Conector macho del mazo de cables	021-520	1
Spaghetti PVC diámetro 12mm x 110mm negro	032-520	1
Tronera pasacables	038-520	1
Terminal pala hembra de 2.8mm con traba	035-520	6
Cable 1x1x110mm siliconado negro	008-520	1

Cable 1x1x110mm siliconado rojo	008-520	1
Escobilla	019-520	4
Reten rodamiento 608	007-520	1
Rodamiento 608 ZZ	028-520	1
Resorte	026-520	4

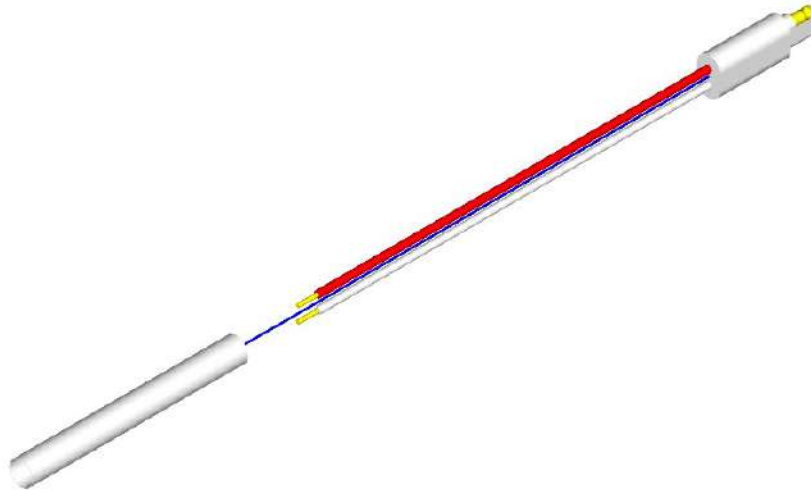
- Proceso 1: se remachan los portaescobillas de latón a la placa portaescobillas. Esto se realiza en la maquina que se muestra a continuación.



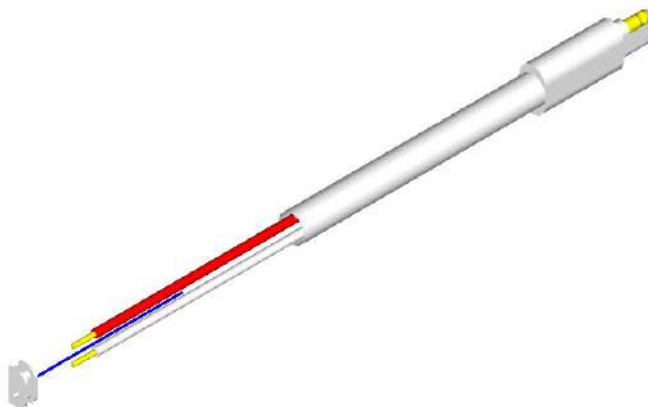
- Proceso 2: se remacha el subconjunto del proceso 1 con la tapa trasera rodamiento 608. Esto se realiza en la misma maquina mostrada en el proceso anterior.



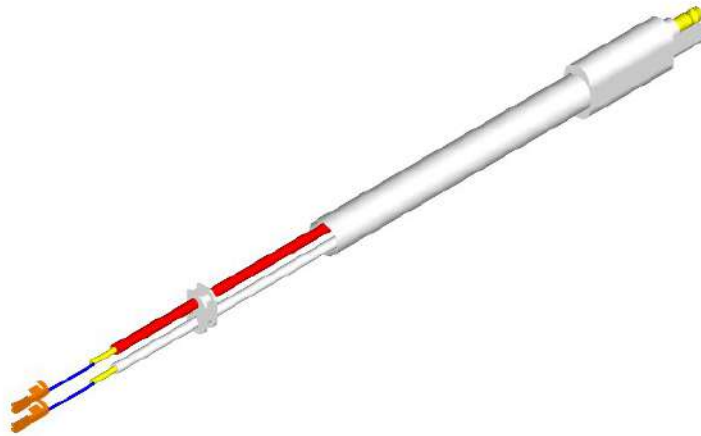
- Proceso 3: se coloca el sapagheti de PVC al conector macho del mazo de cables.



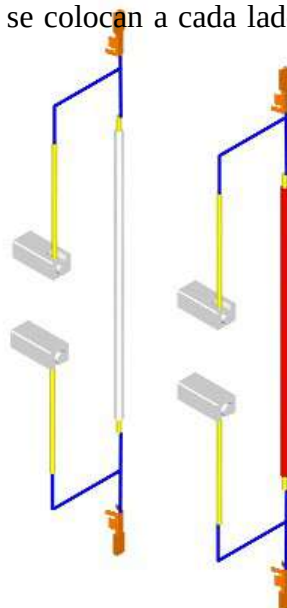
- Proceso 4: se coloca al subconjunto del proceso 3 la tronera pasacables.



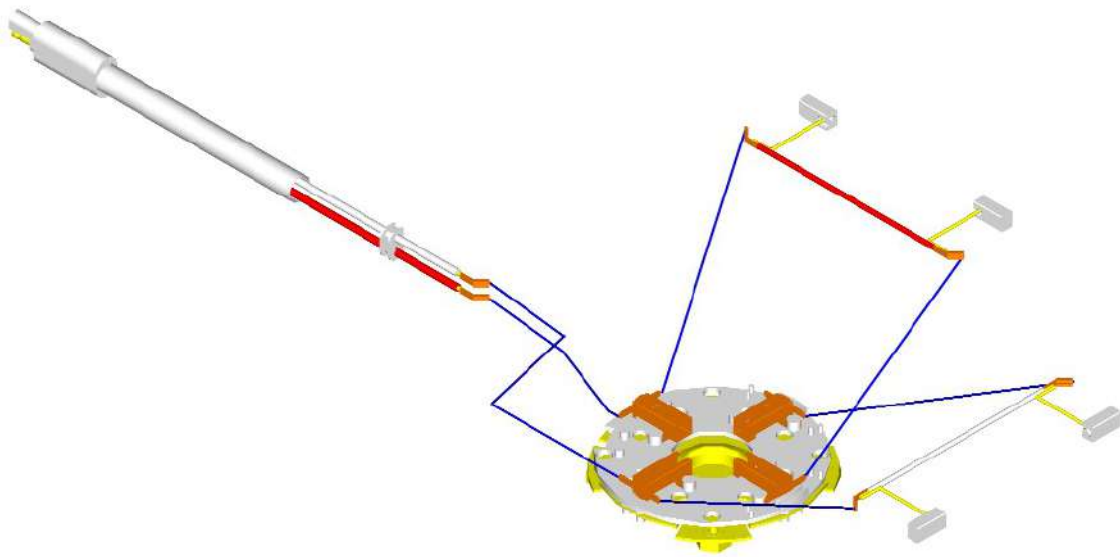
- Proceso 5: se colocan dos terminales hembra uno en cada cable del subconjunto del proceso 4.



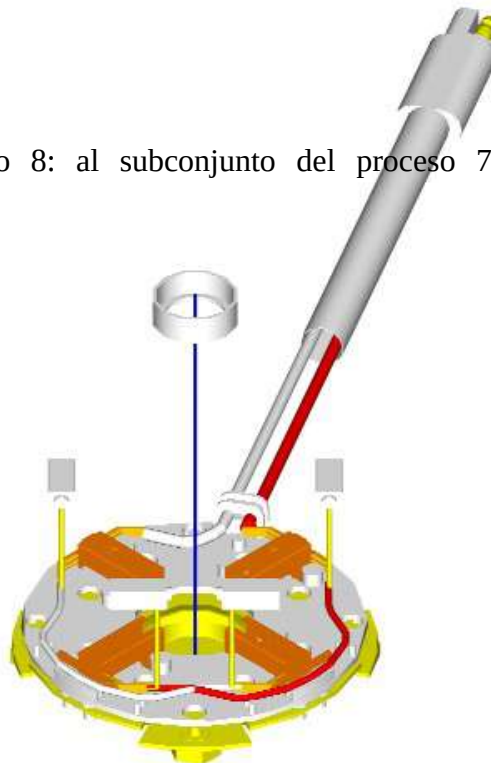
- Proceso 6: se colocan a cada lado de los cables siliconados una escobilla con un terminal hembra.



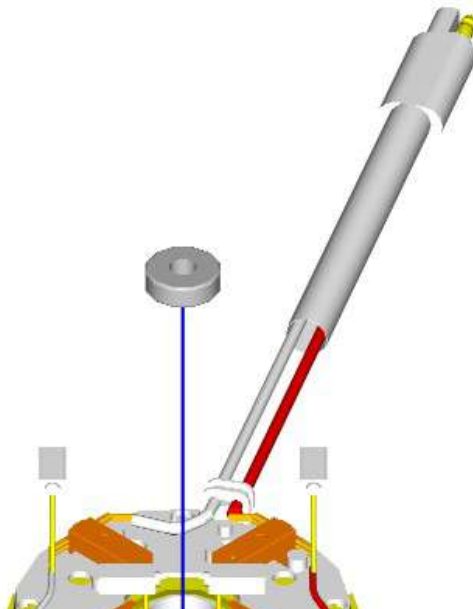
- Proceso 7: al subconjunto del proceso 2 se le anexan los subconjuntos del proceso 5 y 6, de la manera que indica la figura.



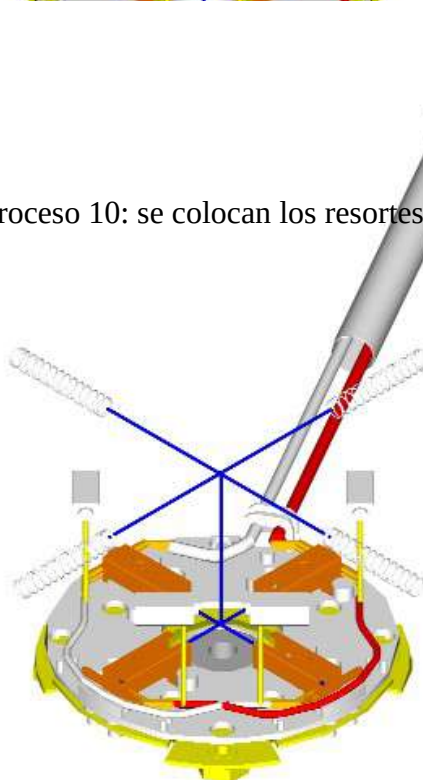
- Proceso 8: al subconjunto del proceso 7 se le coloca el reten del rodamiento 608.



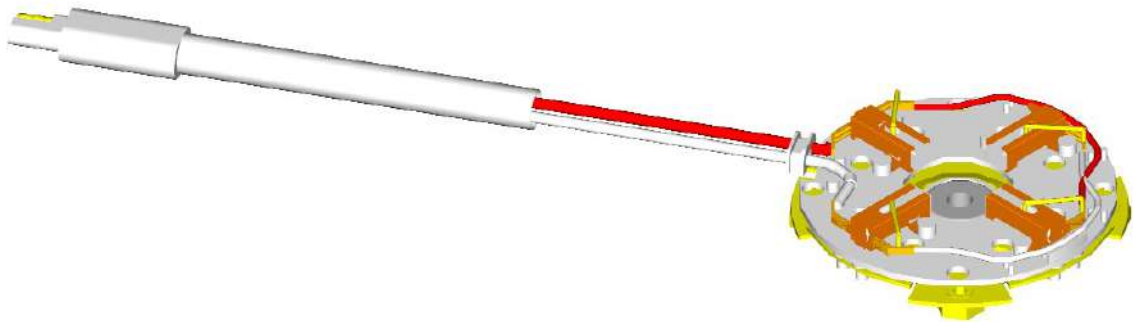
- Proceso 9: se coloca el rodamiento 608 ZZ al subconjunto del proceso 8.



- Proceso 10: se colocan los resortes en el subconjunto del proceso 9.



Una vez terminado el proceso 10 se obtiene el subconjunto de la línea A que es el siguiente.

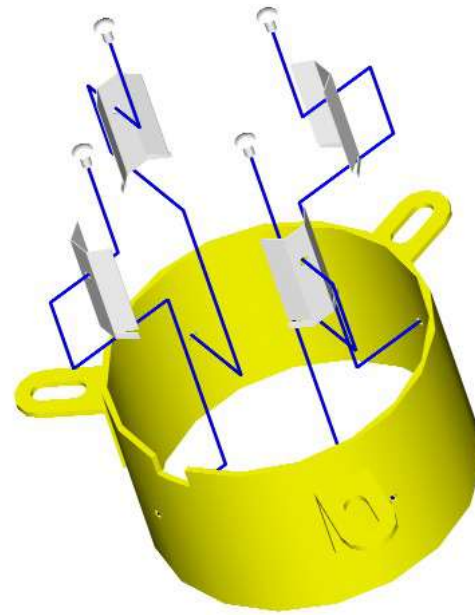


Línea B

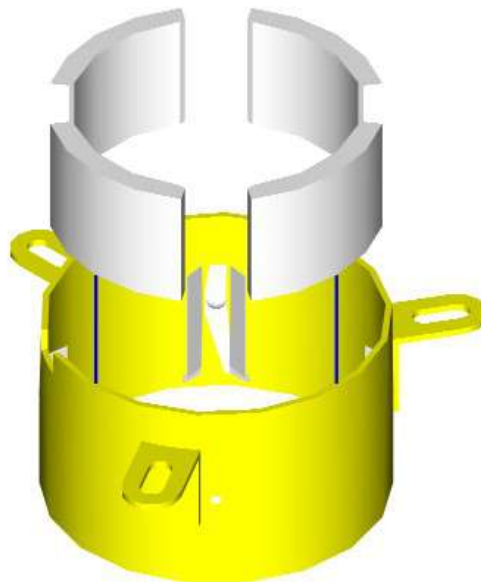
Las piezas que se utilizan en esta línea son las siguientes:

Descripción	N° Plano	Cantidad
Carcasa	011-520	1
Remache de aluminio de 3mm cabeza bombeada	025-520	4
Reten de imán	027-520	4
Sector cerámico	030-520	4

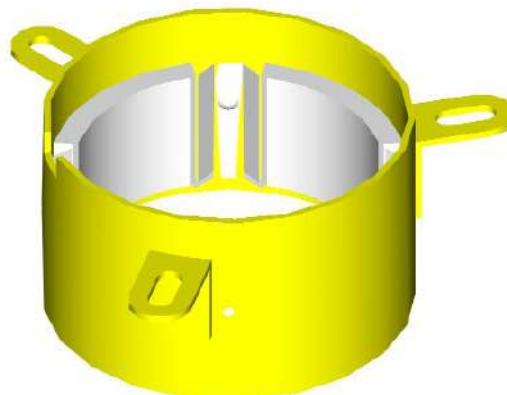
- Proceso 1: se remachan los retenes de imán a la carcasa. Esto se realiza con la siguiente maquina.



- Proceso 2: se colocan los imanes al subconjunto del proceso 1.



Una vez terminado el proceso 2 se obtiene el subconjunto de la línea B que es el siguiente.

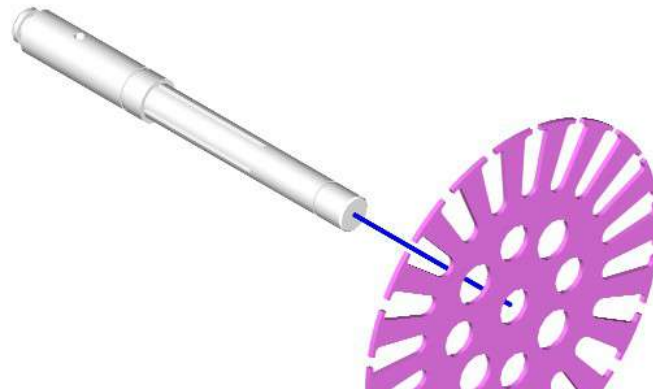


Línea C

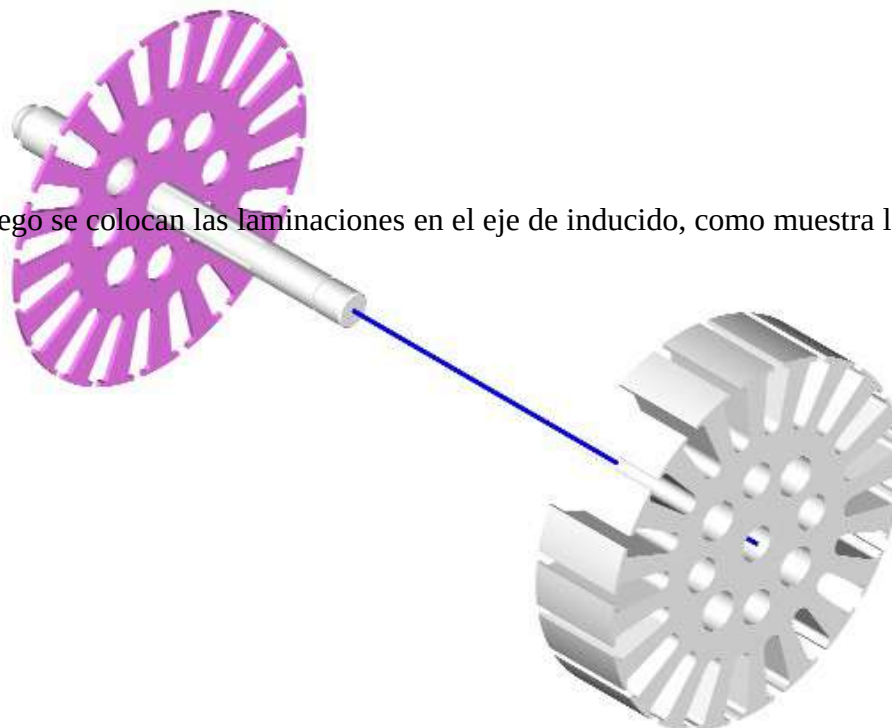
Las piezas que se utilizan en esta línea son las siguientes:

Descripción	N° Plano	Cantidad
Eje de inducido	014-520 017-520	1
Aislacion cara lateral	001-520	2
Laminación	012-520	33
Aislacion de ranuras	002-520	20
Colector de 20 delgas diámetro agujero 8mm	013-520	1
Alambre de cobre de diámetro 0.55mm	-	0.1 Kg
Anillo seeger A10	004-520	1
Anillo seeger A8	003-520	1
Rodamiento 6200 ZZ	029-520	1

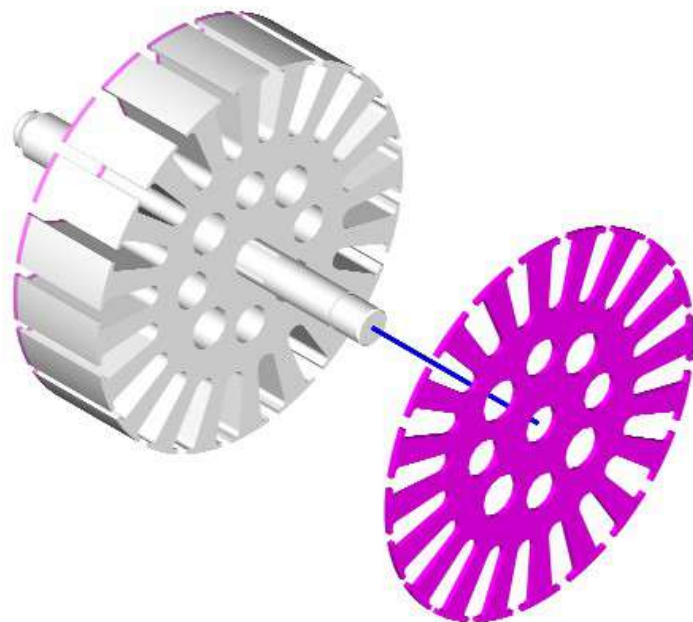
- Proceso 1: se coloca una de las aislaciones de cara lateral en el eje de inducido, como muestra la figura.



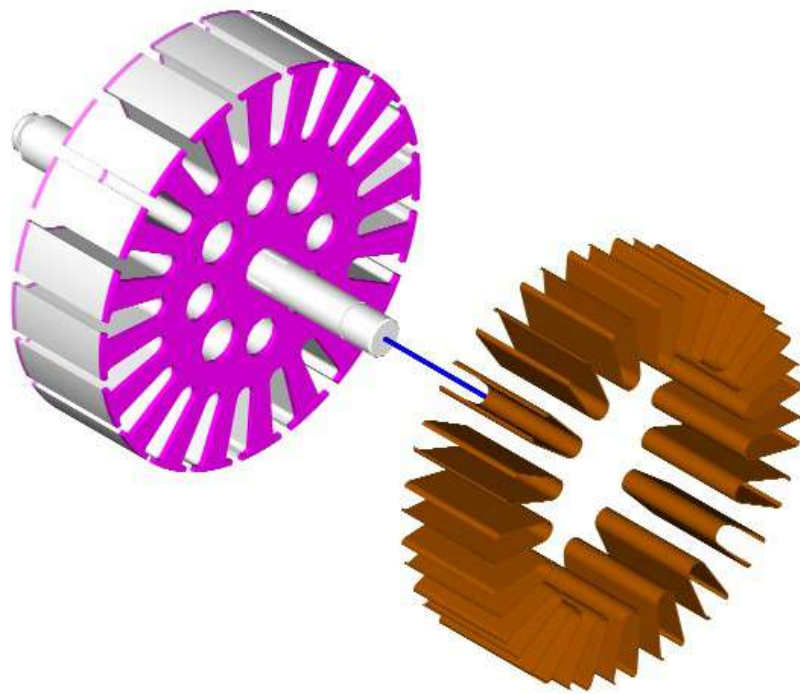
Luego se colocan las laminaciones en el eje de inducido, como muestra la figura.



Por ultimo se coloca la segunda aislacion de cara lateral en el eje de inducido y todo se prensa con el dispositivo y la maquina que se muestran a continuación.



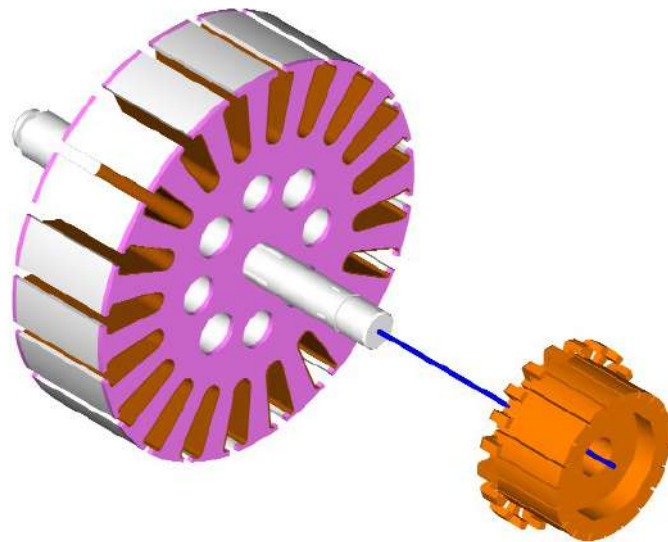
- Proceso 2: se colocan las aislaciones de ranuras.



- Proceso 3: se estría el eje de inducido en la siguiente maquina y respetando el plano N° 018-520.

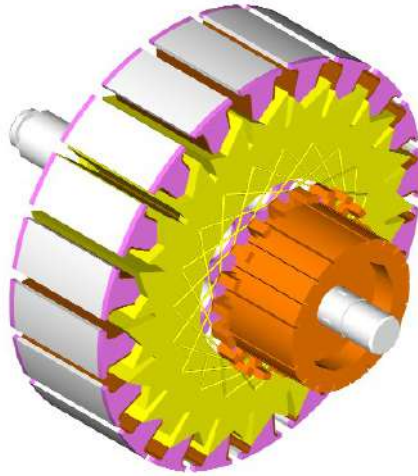


Luego se coloca el colector en el eje de inducido a través de la siguiente maquina.



- Proceso 4: se bobina el rotor con la siguiente maquina.





- Proceso 5: se sueldan las delgas con la siguiente maquina.



- Proceso 6: se rectifica el colector con la siguiente maquina.



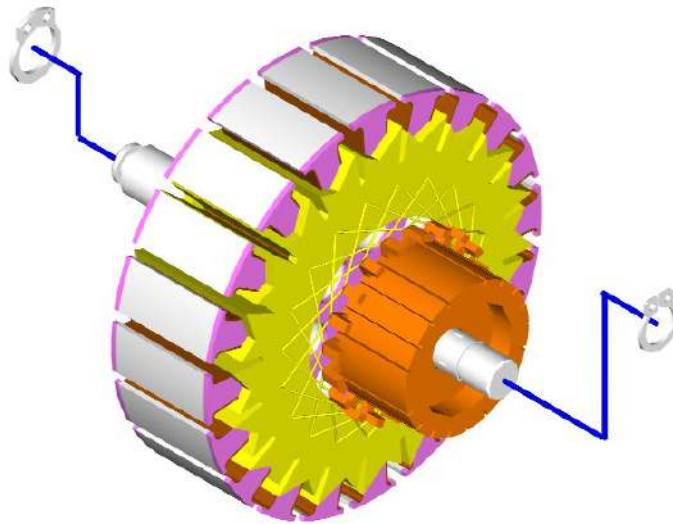
- Proceso 7: se barniza y luego de secado se verifica si alguna bobina del inducido se encuentra en cortocircuito. Esto se realiza con el siguiente aparato.



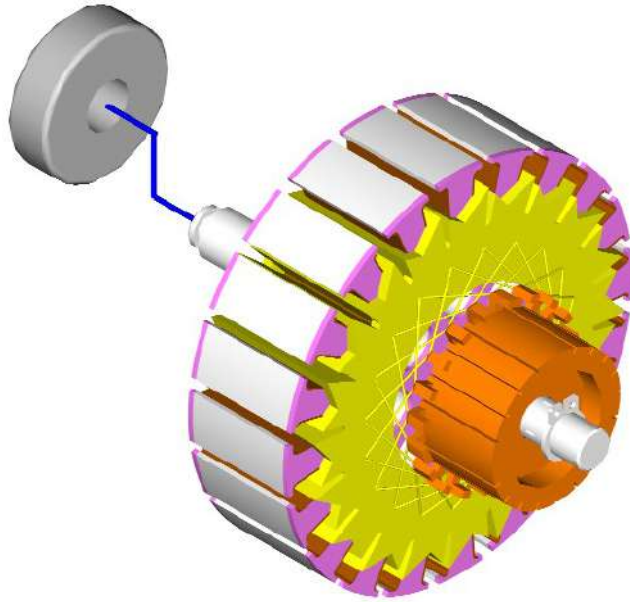
- Proceso 8: se balancea el inducido con la siguiente maquina.



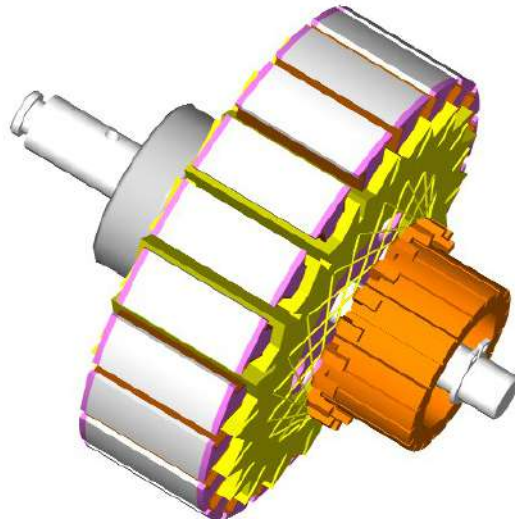
- Proceso 9: se colocan los anillos seeger en el eje de inducido como muestra la figura.



- Proceso 10: se coloca el rodamiento 6200.



Una vez terminado el proceso 10 se obtiene el subconjunto de la línea C que es el siguiente.

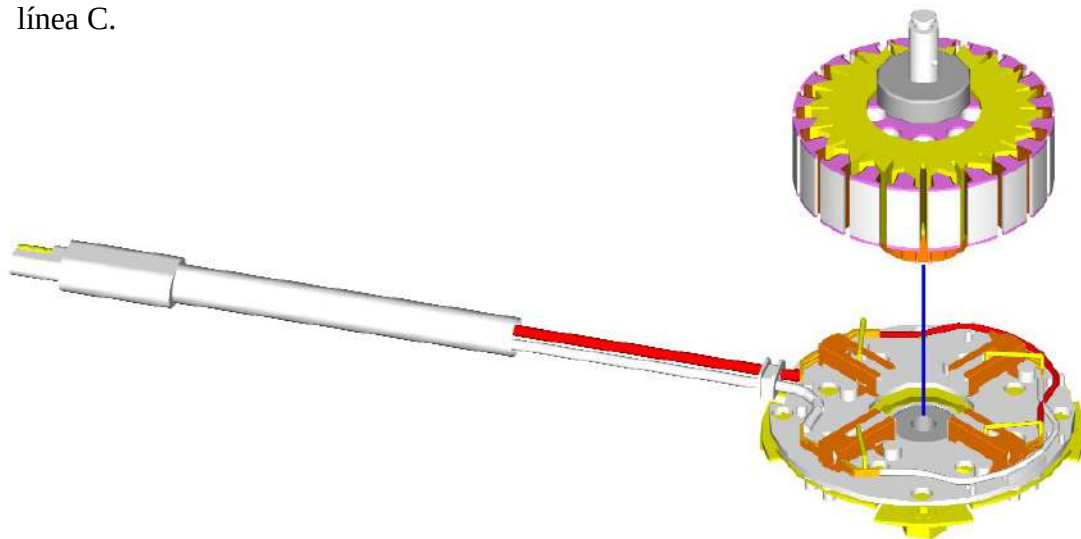


Línea D

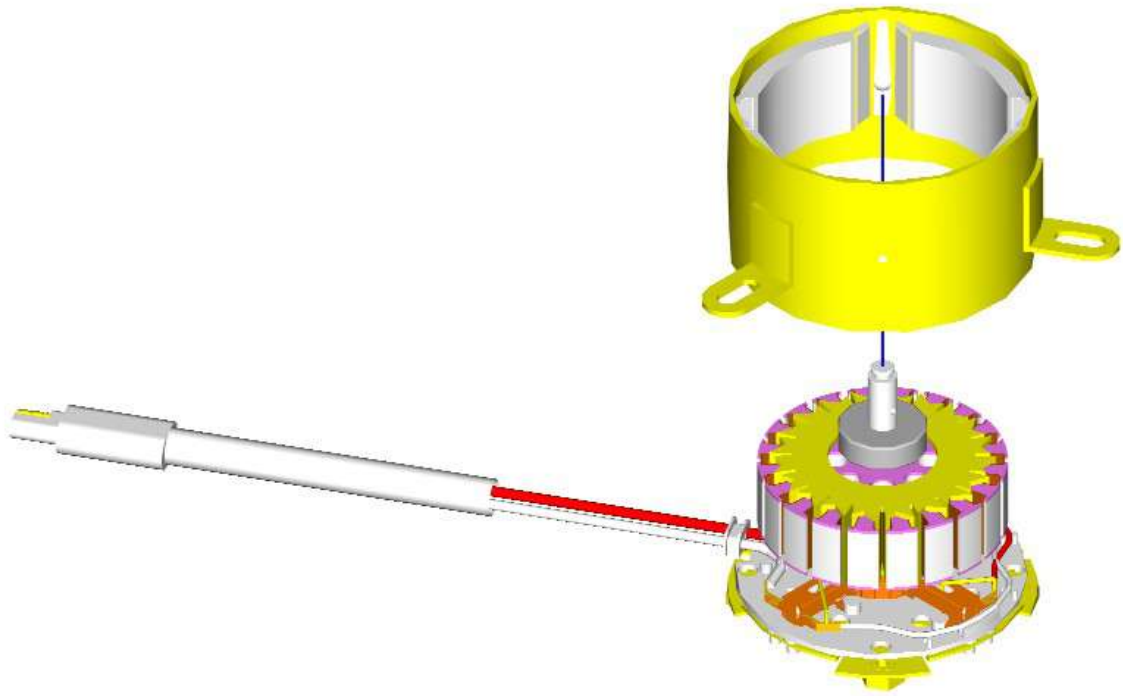
Las piezas que se utilizan en esta línea son las siguientes:

Descripción	Nº Plano	Cantidad
Tapa delantera rodamiento 6200	033-520	1
Tornillo M05x0.8x65mm cabeza hexagonal	036-520	4
Arandela grower M05	005-520	4
Espina elástica de diámetro 2.5mmx18mm de largo	020-520	1
Tornillo M06x1x25mm cabeza hexagonal	037-520	3
Arandela grower M06	006-520	3
Tuerca hexagonal M06x1	040-520	3
Conector hembra del mazo de cables	021-520	1
Seguro de pala	031-520	1

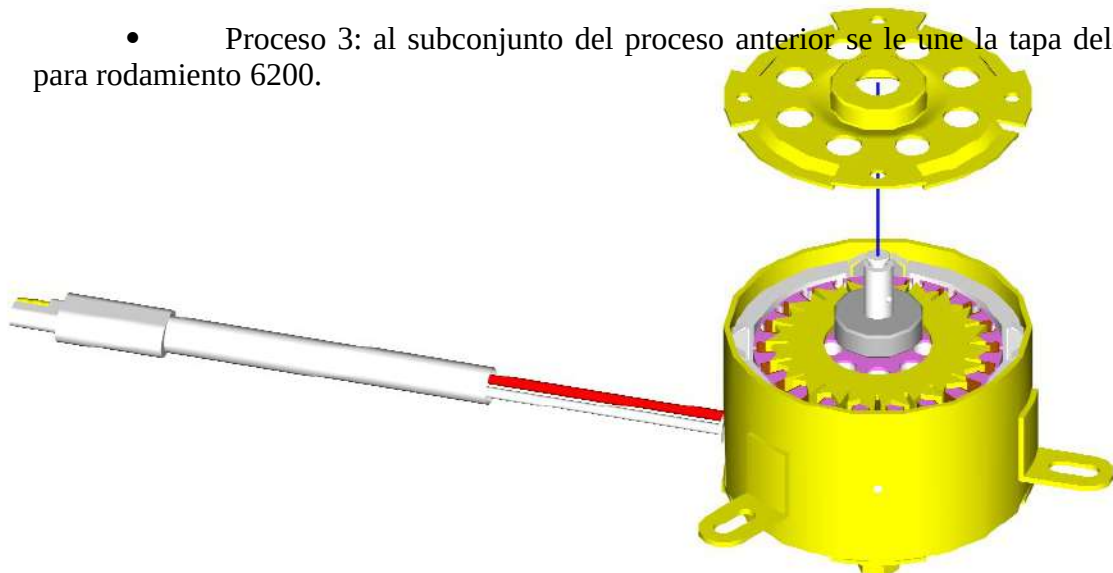
- Proceso 1: se une el subconjunto de la línea A con el subconjunto de la línea C.



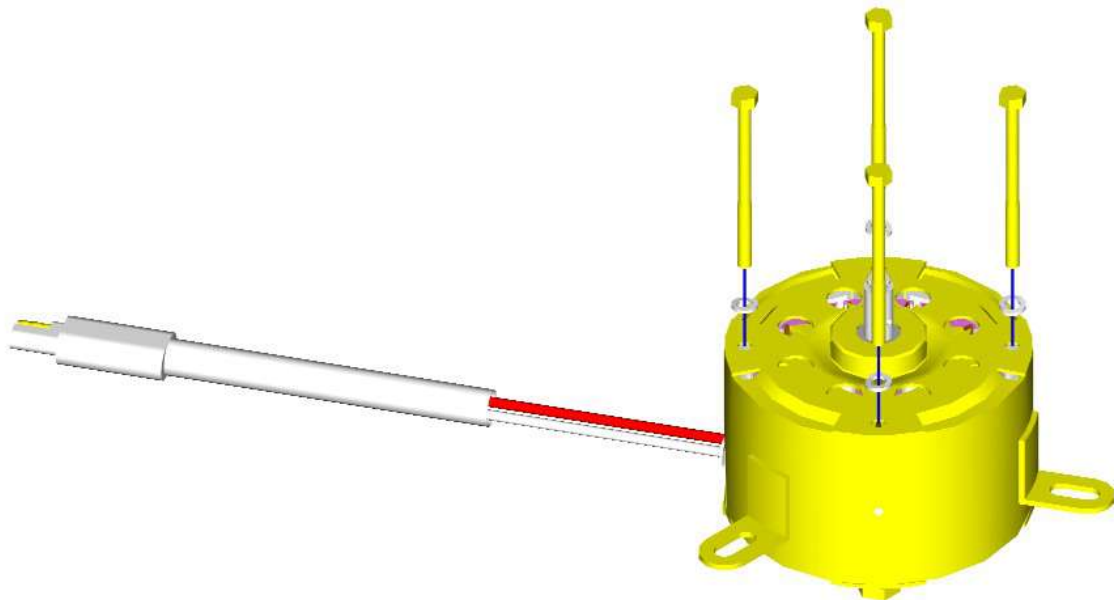
- Proceso 2: al subconjunto del proceso anterior se le une el subconjunto de la línea B.



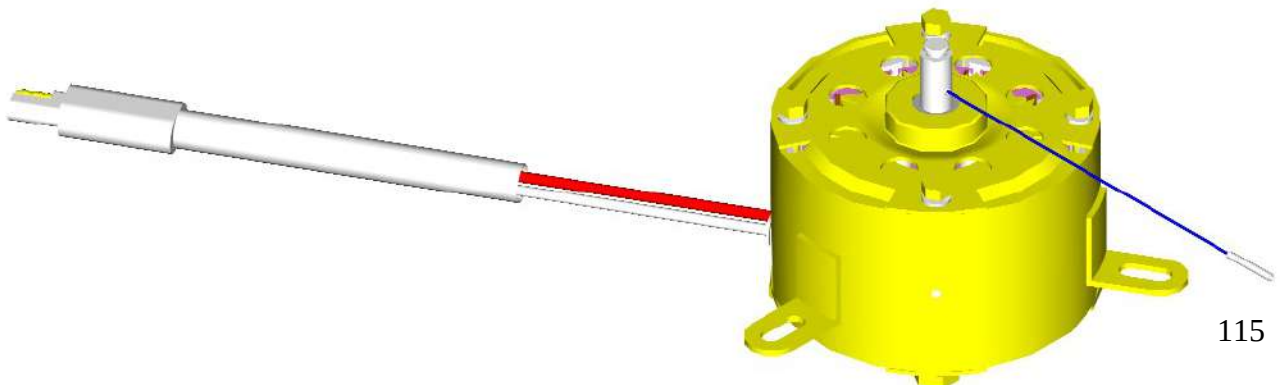
- Proceso 3: al subconjunto del proceso anterior se le une la tapa delantera para rodamiento 6200.



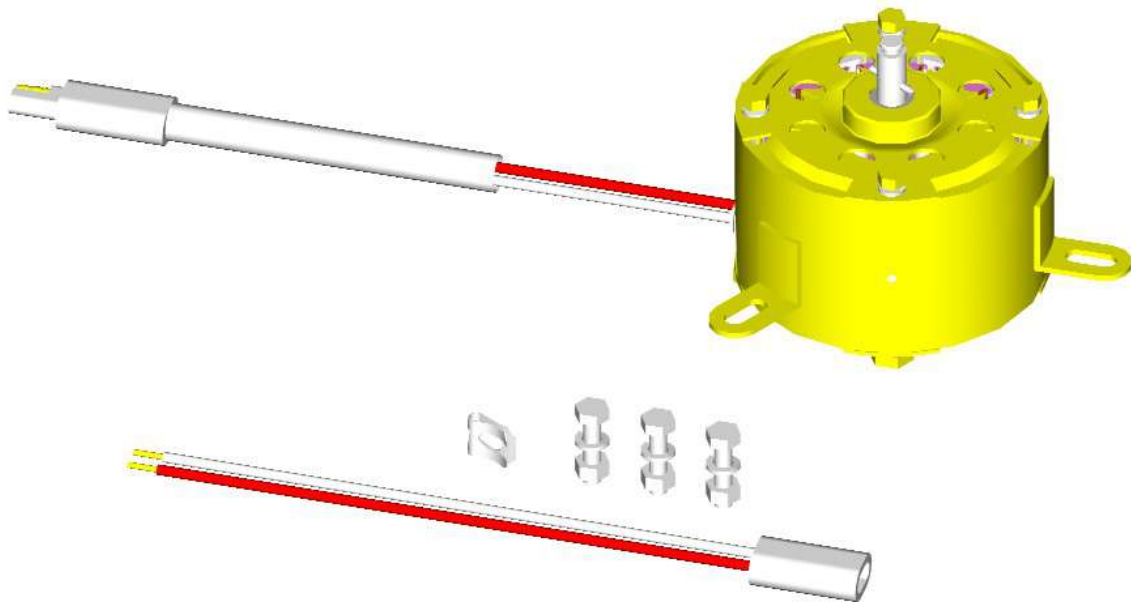
- Proceso 4: se cierra el motor con los tornillos M05 y las arandelas grower correspondientes.



- Proceso 5: se coloca la espina elástica al eje de inducido.



Una vez terminado el proceso 5 tenemos el motor terminado listo para ser enviado al laboratorio donde se le realizaran las pruebas correspondientes para su aprobación. Antes de ello se le agregan al motor en forma de accesorios los tornillos, arandelas grower y tuercas de M06 para la fijación de las orejas. Además también se coloca el seguro de pala y el conector hembra del mazo de cables.



Línea de Ensayos

Esta línea consta de distintos ensayos para lograr la aprobación o rechazo de un motor o lote de los mismos.

Pasamos a detallar los ensayos que se realizan.

- Ensayo 1: se verifica que el motor funcione y que tanto el consumo como las rpm en vacío sean las nominales.
- Ensayo 2: se le coloca al eje del motor la pala correspondiente y se verifica el consumo y las rpm nominales en estado de carga.



- Ensayo 3: se realiza en el banco de prueba de donde se obtienen las curvas ya mostradas en el cálculo eléctrico, y se las compara con las curvas del motor patrón.



APARTADO V

Aplicación de la Norma ISO 9001:2000

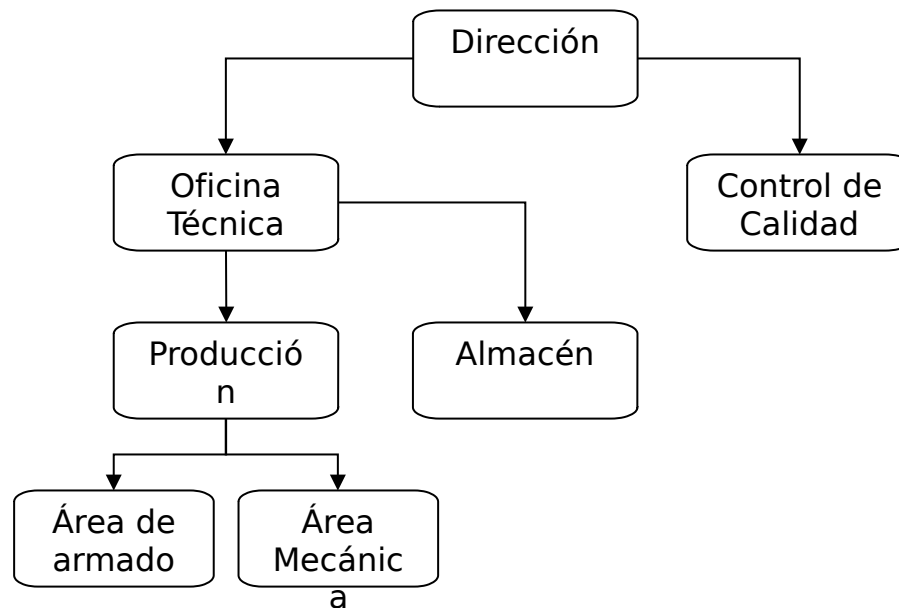
Introducción

La empresa para la cual se desarrolla este trabajo es una fábrica que se dedica a la elaboración de motores eléctricos, dentro de la cual se quiere implementar un sistema de calidad a la gestión de compras de insumos para los motores.

Esta empresa en la fabricación de los motores necesita de materiales de calidad para desarrollar productos acorde a los requerimientos de sus clientes. Para esto aplicamos la norma ISO 9001 en el punto 7.4 que nos da los requerimientos de calidad para un sistema de compra.

Esta aplicación del punto de la norma referido a compras nos facilitará la producción de motores de calidad a partir de un control adecuado y eficaz de los insumos necesarios.

Para poder comprender mejor la organización y el funcionamiento de la fábrica se realiza el siguiente organigrama:



Dirección: se encarga de tomar las decisiones fundamentales de la empresa.

Oficina Técnica: se encarga de la compra de insumos y de los lineamientos generales para producción.

Control de Calidad: verifica la calidad tanto de los insumos comprados como de los productos terminados.

Almacén: se encarga del almacenamiento de insumos y productos terminados.

Del análisis del punto de la norma se realizaron los procedimientos y registros correspondientes que se desprenden de la misma y aquellos que creemos necesarios para complementar el procedimiento de compras.

Los procedimientos y registros realizados son los siguientes:

Procedimiento de compras, Procedimiento Evaluación de Proveedores, Registro Evaluación de Proveedores, Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra, Registro Pedido de Cotización, Registro Orden de Compra, Procedimiento Verificación de los Productos Comprados, Registro Verificación de los Productos Comprados.

El desarrollo de esta aplicación nos muestra:

- La evaluación de todos los proveedores necesarios que abastecen a la empresa de los insumos para la fabricación de dicho motor.

- Un pedido de cotización desaprobado y uno aprobado con su correspondiente orden de compra, donde se aprecian los distintos requisitos solicitados por la empresa a los proveedores.
- Distintos ejemplos sobre las alternativas que surgen de la verificación de los productos comprados.

Objetivo

- Realización de los procedimientos que se desprenden de los puntos 7.4.1, 7.4.2, y 7.4.3 de la norma ISO 9001.
- Realización de los registros que exige la norma en dichos puntos y los que creemos son necesarios.
- Aplicación de estos procedimientos y registros.

Desarrollo

En este punto especificamos los distintos procedimientos y registros que conformarán el trabajo:

- Procedimiento de compras PR-7.4
- Procedimiento Evaluación de Proveedores PR-7.4.01
- Registro Evaluación de Proveedores F-7.4.01
- Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra PR-7.4.02
- Registro Pedido de Cotización F-7.4.02.1
- Registro Orden de Compra F-7.4.02.2
- Procedimiento Verificación de los Productos Comprados PR-7.4.03
- Registro Verificación de los Productos Comprados F-7.4.03

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4
	Compras	Rev.: 0 Pág.: 1/4

CONTENIDO

1. OBJETIVO
2. ALCANCE

- 3. RESPONSABILIDADES
- 4. REFERENCIAS
- 5. DEFINICIONES
- 6. DESARROLLO
- 7. ANEXO

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4
	Compras	Rev.: 0 Pág.: 2/4

1. OBJETIVO

Establecer la forma de compra, al efecto de evitar introducir productos no conformes en el proceso productivo.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las compras de insumos de producción a través de los procedimientos y registros correspondientes:

1. Procedimiento Evaluación de Proveedores PR-7.4.01
2. Registro Evaluación de Proveedores F-7.4.01
3. Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra PR-7.4.02
4. Registro Pedido de Cotización F-7.4.02.1
5. Registro Orden de Compra F-7.4.02.2
6. Procedimiento Verificación de los Productos Comprados PR-7.4.03
7. Registro Verificación de los Productos Comprados F-7.4.03

3. **RESPONSABILIDADES**

Los responsables son: Dirección, Control de Calidad, Almacén, Oficina Técnica, Producción.

4. **DEFINICIONES**

- **Componente:** pieza producida en Fábrica con un insumo
- **Conjunto:** motor completo, incluyendo embalaje
- **Insumo:** pieza o material ingresado desde un proveedor
- **Subconjunto:** grupo funcional de piezas que formarán un conjunto

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4
	Compras	Rev.: 0 Pág.: 3/4

5. **REFERENCIAS**

- PR-7.4.01 (Procedimiento Evaluación de Proveedores)
- F-7.4.01 (Registro Evaluación de Proveedores)
- PR-7.4.02 (Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra)
- F-7.4.02.1 (Registro Pedido de Cotización)

- F-7.4.02.2 (Registro Orden de Compra)
- PR-7.4.03 (Procedimiento Verificación de los Productos Comprados)
- F-7.4.03 (Registro Verificación de los Productos Comprados)

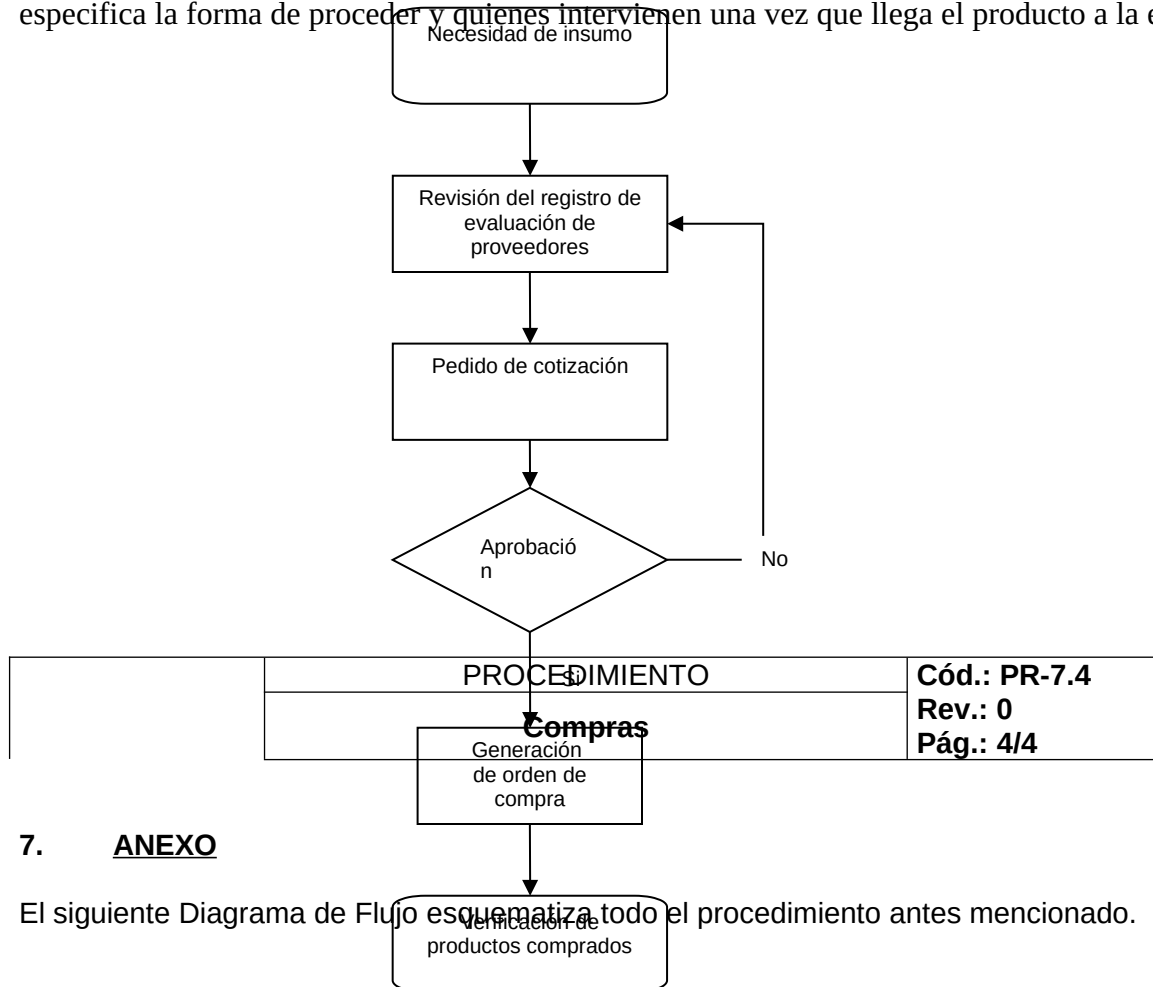
6. DESARROLLO

Ante la necesidad de adquisición de insumos se siguen los siguientes pasos:

Se analiza la capacidad de los distintos proveedores específicos por cada insumo necesario siguiendo los lineamientos especificados en el PR-7.4.01 (Procedimiento Evaluación de Proveedores) y su calificación se asienta en el F-7.4.01 (Registro de evaluación de proveedores). Identificado el proveedor se realiza un pedido de cotización y este se registra en el F-7.4.02.1 (Registro Pedido de Cotización).

Del posterior análisis y evaluación del F-7.4.02.1 (Registro Pedido de Cotización) se da curso a la orden de compra la cual se asienta en F-7.4.02.2 (Registro Orden de Compra). Esto se especifica claramente en el PR-7.4.02 (Procedimiento Pedido de Presupuesto y generación de Órdenes de Compra).

Para la recepción, ingreso y control de los insumos comprados se da paso al procedimiento y registro PR-7.4.03 (Procedimiento Verificación de los Productos Comprados) y F-7.4.03 (Registro Verificación de los Productos Comprados) respectivamente. El procedimiento especifica la forma de proceder y quienes intervienen una vez que llega el producto a la empresa.



7. ANEXO

El siguiente Diagrama de Flujo esquematiza todo el procedimiento antes mencionado.

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/3

CONTENIDO

- 1. OBJETIVO
- 2. ALCANCE

- 3. RESPONSABILIDADES
- 4. DEFINICIONES
- 5. DESARROLLO
- 6. REGISTRO

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 2/3

1. OBJETIVO

Establecer la forma de evaluar a los proveedores para asegurar el cumplimiento de cierta calificación, y así considerar sus productos como conformes a nuestros requisitos sobre la empresa que los fabrica.

Se establece este procedimiento para evaluar proveedores nuevos y reclasificar los existentes.

Se asegura un máximo de cuatro proveedores por tipo de producto.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a todos los proveedores, ya sean con los que estamos trabajando como a los potenciales.

3. RESPONSABILIDADES

Los responsables son Dirección, Oficina Técnica, Producción y Control de Calidad.

4. DEFINICIONES

- **Componente:** pieza producida en Fábrica con un insumo
- **Conjunto:** motor completo, incluyendo embalaje
- **Insumo:** pieza o material ingresado desde un proveedor
- **Subconjunto:** grupo funcional de piezas que formarán un conjunto
- **Crítico:** característica esencial que se necesita que cumpla un proveedor

5. DESARROLLO

Al menos una vez al año la Dirección, Oficina Técnica, Producción y Control de Calidad deberán calificar los proveedores conforme a los siguientes ítems:

- Calidad de producto / servicio: verificación de los requisitos especificados en compras con anterioridad.
- Sistema de gestión de la calidad certificado según ISO 9001:2000 o cualquier otra norma que se especifique: verificación de certificación o realización de auditorias de segunda parte.
- Trayectoria con la Empresa: Análisis de la relación con el proveedor o si este es nuevo, análisis de referencias.
- Precio y financiación: evaluación mediante Registro Pedido de Cotización F-7.4.02.1

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 3/3

- Cumplimiento de plazo estipulado de entrega: evaluación mediante la contrastación del Registro Orden de Compras F-7.4.02.2 con el Registro Verificación de los Productos Comprados F-7.4.03
- Origen de Fabricación del producto

A cada ítem se le asignará una ponderación de la siguiente manera:

- 1: necesario
- 2: crítico

A su vez cada ítem se calificará con los siguientes puntajes:

- 0 = requisito nulo
- 1 = insuficiente
- 2 = conforme
- 3 = recomendable

De esta manera se obtendrá la puntuación multiplicando para cada ítem:

Subtotal = Ponderación x puntaje

Calificarán aquellos proveedores cuya suma no sea inferior a 14 puntos o que no tengan menos de 4 puntos en un ítem crítico. Por último se coloca una tilde en el lugar que corresponda si el proveedor califica o no califica para finalizar la evaluación.

6. REGISTROS

La evidencia de la calificación de los proveedores se lleva en:

Cód	Título	Archivo
F-7.4.01	Evaluación de proveedores	Administración

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra el registro correspondiente a la evaluación de proveedores el cual se llena con lo estipulado en el procedimiento **PR-7.4.01**.

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor:				Fecha: / /
Insumo:				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones

Calidad de producto/servicio				
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema				
Trayectoria con la empresa				
Precio y Financiación				
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega				
Origen de fabricación del producto				
TOTAL				
CALIFICA				
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.02
Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra	Rev.: 0
	Pág.: 1/4

CONTENIDO

1. OBJETIVO
2. ALCANCE

- 3. RESPONSABILIDADES
- 4. REFERENCIAS
- 5. DEFINICIONES
- 6. DESARROLLO
- 7. REGISTRO
- 8. ANEXO

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.02
	Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra	Rev.: 0 Pág.: 2/4

1. **OBJETIVO**

Establecer la forma de realizar un pedido de presupuesto y generar una orden de compra.

2. **ALCANCE**

Este procedimiento se aplica a todos los insumos que se presenten necesarios para la empresa.

3. **RESPONSABILIDADES**

Los responsables son Almacén, Oficina Técnica y Producción.

4. **DEFINICIONES**

- **Componente:** pieza producida en Fábrica con un insumo
- **Conjunto:** motor completo, incluyendo embalaje
- **Insumo:** pieza o material ingresado desde un proveedor
- **Subconjunto:** grupo funcional de piezas que formarán un conjunto

5. **REFERENCIAS**

- PR-7.4.01 (procedimiento de evaluación de proveedores)
- F-7.4.01 (registros de evaluación de proveedores)

6. **DESARROLLO**

La generación de un pedido de presupuesto y de su orden de compra se puede dar por tres factores:

- Falta de Stock: es un aviso de Almacén.
- Oportunidad Comercial
- Orden de Producción: según planificación.

Al tener detallado el producto que se necesita adquirir, se hace un análisis de los proveedores que hayan pasado la calificación dada en el F-7.4.01, estipulada por el PR-7.4.01.

Luego se pide presupuesto especificando la financiación, cantidad, fecha de entrega y se adjunta plano si corresponde.

Una vez recibida la cotización, se procede a analizar todos los detalles especificados en el pedido de cotización, y de allí esto nos llevará a aprobar o no dicho presupuesto. Si se aprueba se genera la Orden de Compra y se la envía al

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.02
	Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra	Rev.: 0 Pág.: 3/4

proveedor. Si no se aprueba se vuelve a la búsqueda de otro proveedor como alternativa.

7. REGISTROS

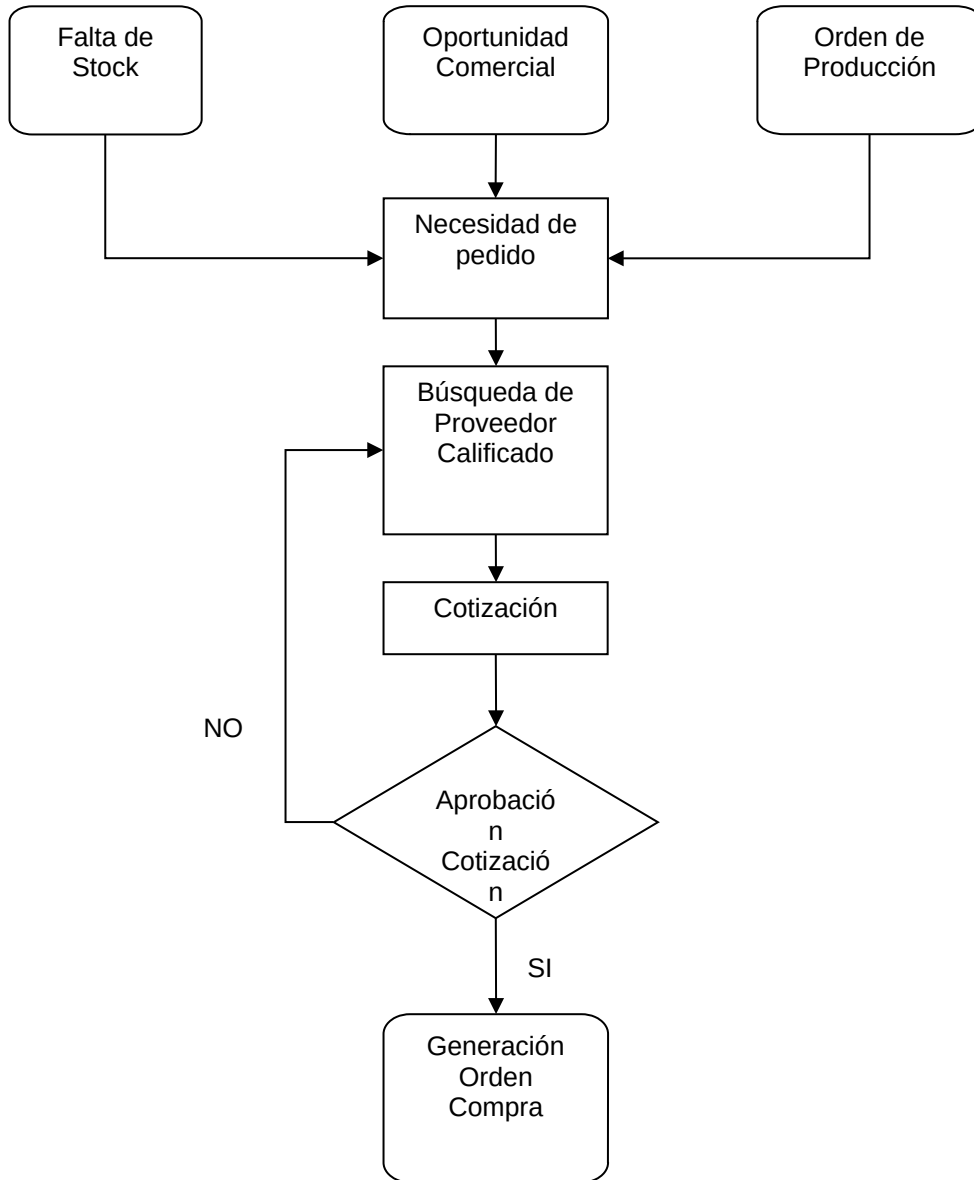
Se tomarán como registros tanto el pedido de cotización, así como la orden de compra, si corresponde.

Cód	Título	Archivo
F-7.4.02.1	Pedido de Cotización	Administración
F-7.4.02.2	Orden de Compra	Administración

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.02
	Pedido de Presupuesto y generación de Ordenes de Compra	Rev.: 0 Pág.: 4/4

8. ANEXO

El siguiente Diagrama de Flujo esquematiza todo el procedimiento antes mencionado.



	REGISTRO	Cód.: F-7.4.02.1 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Pedido de Cotización	

A continuación se muestra con que requerimientos cuenta el Pedido de Cotización que se usará como registro, para formar parte del **PR-7.4.02**.

Registro Pedido de Cotización		F-7.4.02.1		
Nombre Proveedor:				Fecha: / /
Requisitos a completar por la empresa				
Nº Plano Insumo	Descripción Insumo	Cantidad	Plazo de Entrega	Observaciones
Requisitos a completar por el proveedor				
Confirmación de Cantidad o Cantidad Mínima	Plazo de Entrega	Precio	Forma de Pago	Observaciones

<u>APROBADO</u>	<u>DESAPROBADO</u>	<u>OBSERVACIONES</u>

.....
Firma Responsable Empresa

.....
Firma Responsable Proveedor

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.02.2
	Orden de Compra	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra con que requerimientos cuenta la Orden de Compra que se usará como registro, para formar parte del **PR-7.4.02**.

Registro Orden de Compra					F-7.4.02.2	
Nombre Proveedor:					Fecha: / /	
Nº Plano Insumo	Descripción Insumo	Cantidad	Plazo de Entrega	Precio	Forma de Pago	Observaciones

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.03
Verificación de los Productos Comprados	Rev.: 0 Pág.: 1/4

CONTENIDO

- 9. OBJETIVO
- 10. ALCANCE
- 11. RESPONSABILIDADES
- 1. REFERENCIAS
- 2. DEFINICIONES
- 3. DESARROLLO
- 4. REGISTRO
- 5. ANEXO

Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.03
	Verificación de los Productos Comprados	Rev.: 0 Pág.: 2/4

1. OBJETIVO

Establecer la forma de realizar un control para asegurar que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a todos los insumos que ingresen a la empresa.

3. RESPONSABILIDADES

Los responsables son Almacén, Oficina Técnica y Control de Calidad.

4. DEFINICIONES

- **Componente:** pieza producida en Fábrica con un insumo
- **Conjunto:** motor completo, incluyendo embalaje
- **Insumo:** pieza o material ingresado desde un proveedor
- **Subconjunto:** grupo funcional de piezas que formarán un conjunto

5. REFERENCIAS

- PR-7.4.02 (procedimiento de pedido de presupuesto y generación de orden de compra)
- F-7.4.02.2 (registros de orden de compra)
- F-7.4.03 (registro de verificación de los productos de compra)

6. DESARROLLO

El insumo llega a la empresa, se recibe y se controla la guía del transporte.

Almacén se encarga de empezar a completar el registro correspondiente F-7.4.03 con los datos del proveedor del cual viene la mercadería y se anota que el control de la guía del transporte haya estado bien.

Oficina Técnica, luego verifica lo que ha llegado contra orden de compra y completa la parte correspondiente en el F-7.4.03. Por último avisa a Almacén para que lleve las cosas hasta el laboratorio donde Control de Calidad completará la verificación total.

Una vez culminado el circuito Almacén se encargará de ingresar el material a la empresa, cumpliendo antes con el último requisito para llenar el F-7.4.03 de contar el material.

Hay que tener en cuenta que cualquier no conformidad detectada en el proceso de verificación del producto comprado se avisa de inmediato a Oficina Técnica.

En el anexo se podrá ver con más claridad todo este proceso en un diagrama de flujo.

	PROCEDIMIENTO	Cód.: PR-7.4.03
--	---------------	-----------------

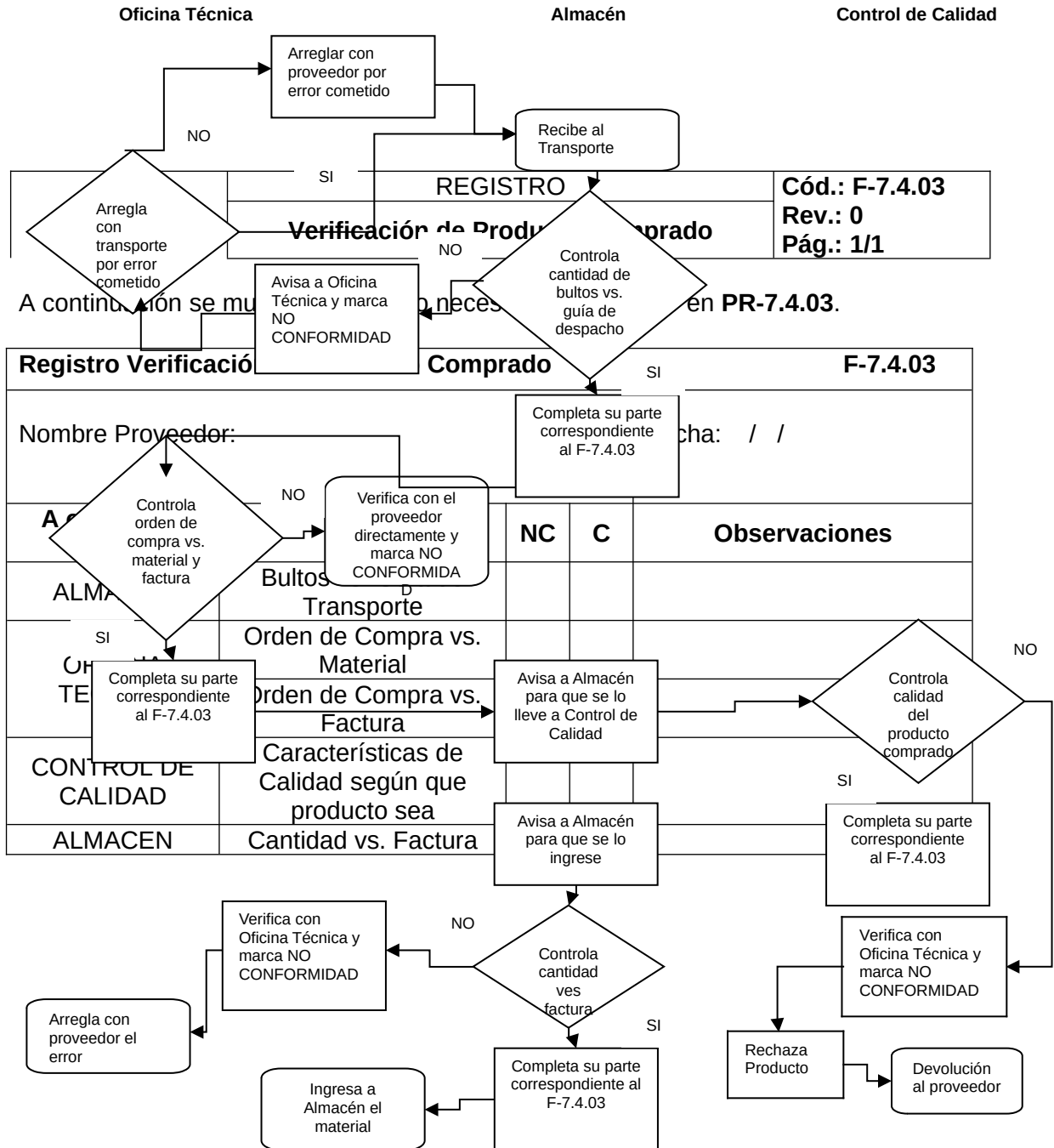
7. REGISTROS

El registro será el siguiente:

Cód	Título	Archivo
F-7.4.03	Verificación de Productos Comprados	Administración

8. ANEXO

El siguiente Diagrama de Flujo esquematisa todo el procedimiento antes mencionado.



Revisó	Aprobó
Fecha:	Fecha:

Aplicación al electroventilador diseñado

Para ello detallaremos un listado de piezas del motor y luego se realizará la evaluación de los proveedores correspondientes. De aquí la idea es determinar no sólo la calificación de los distintos proveedores, sino obtener de alguna manera el grado de criticidad de cada elemento del motor.

Luego se realizará un pedido de cotización que sea luego aprobado y uno rechazado y su correspondiente orden de compra.

Y para finalizar, completaremos un registro de verificación de producto comprado de algún material cualquiera de todos los del motor.

Pasaremos a detallar los distintos elementos que forman el motor

Producto Terminado	Producto Comprado	Nº Proveedor	Cant. de Piezas x Motor
Eje Inducido	Eje Inducido	1a y 1b	1
Anillo segeer	Anillo segeer	2	2
Espina Elastica	Espina Elastica	2	1
Seguro pala	Seguro pala	2	1
Laminación	Laminación	3a y 3b	33
Aislación cara lateral	Aislación cara lateral	3a y 3b	2
Aislación de ranuras	Pressphan	4a y 4b	20
Alambre de Cobre	Alambre de Cobre	5	100 grs
Rodamiento	Rodamiento	6a y 6b	2
Reten rodamiento PVC	Reten rodamiento PVC	7	1
Placa portaescobillas	Placa portaescobillas	7	1
Tronera Pasacables	Tronera Pasacables	7	1
Tapas	Chapa	8a, 8b y 8c	2
Reten iman	Chapa	8a, 8b y 8c	4
Orejas	Chapa	8a, 8b y 8c	3
Tornillos	Tornillos	9a y 9b	7
Tuercas	Tuercas	9a y 9b	7
Arandelas grower	Arandelas grower	9a y 9b	7
Remaches	Remaches	9a y 9b	4
Colector	Colector	10a y 10b	1
Carcasa	Caño	11	1
Sector Cerámico	Sector Cerámico	12	4
Portaescobillas Laton	Laton	13	4
Resortes	Resortes	14	4
Escobillas	Escobillas	15a y 15b	4
Ficha y mazo de cables	Ficha y mazo de cables	16	1
Terminal pala hembra	Terminal pala hembra	17	6

2.8mm	2.8mm		
Cable Siliconado 1x1	Cable Siliconado 1x1	18a y 18b	0.22m

A continuación detallaremos las calificaciones de los distintos proveedores.

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 1a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Eje Inducido				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	3	6	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	1	1	<i>El precio es más elevado que otros proveedores de su clase.</i>
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			15	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
--------	--------

Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05
------------------------	------------------------

REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 1b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Eje Inducido				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	1	1	<i>No tiene ningún sistema de gestión.</i>
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	3	3	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	1	1	<i>No siempre cumple con los plazos estipulados.</i>
Origen de fabricación del producto	1	3	3	
TOTAL			14	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 2				Fecha: 19/04/05
Insumo: Anillo Segeer				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	3	6	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	1	1	<i>No siempre cumple con los plazos estipulados.</i>
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			17	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 3a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Laminación				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	1	1	<i>No tiene ningún sistema de gestión.</i>
Trayectoria con la empresa	1	1	1	<i>No existe hoy en día una buena relación.</i>
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	1	1	<i>No siempre cumple con los plazos estipulados.</i>
Origen de fabricación del producto	2	1	2	<i>Es de origen externo.</i>
TOTAL			11	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 3b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Laminación				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	3	3	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	2	2	4	
TOTAL			17	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 4a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Pressphan				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	2	2	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	3	3	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	3	3	
Origen de fabricación del producto	1	3	3	
TOTAL			15	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 4b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Pressphan				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	1	1	<i>No siempre tiene la misma calidad.</i>
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	3	3	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			12	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 5				Fecha: 19/04/05
Insumo: Alambre de Cobre				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	3	6	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 6a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Rodamientos				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			18	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 6b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Rodamientos				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	1	2	PROVOCA DESCALIFICACION DEL PROVEEDOR
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 7				Fecha: 19/04/05
Insumo: Productos Inyectados				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	3	6	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	3	3	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			17	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 8a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Chapa				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	2	4	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			18	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 8b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Chapa				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	3	3	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	2	4	
Origen de fabricación del producto	1	3	3	
TOTAL			20	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 8c				Fecha: 19/04/05
Insumo: Chapa				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	1	2	PROVOCA DESCALIFICACION DEL PROVEEDOR
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 9a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Ferretería Industrial				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	2	2	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			14	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 9b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Ferretería Industrial				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	2	2	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	1	1	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			13	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 10a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Colector				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	2	2	4	
TOTAL			18	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 10b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Colector				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	2	1	2	PROVOCA DESCALIFICACION DEL PROVEEDOR
TOTAL			16	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 11				Fecha: 19/04/05
Insumo: Caño				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 12				Fecha: 19/04/05
Insumo: Sector Cerámico				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	2	2	4	
TOTAL			18	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 13				Fecha: 19/04/05
Insumo: Latón				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	2	2	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	1	1	<i>No tiene ningún sistema de gestión.</i>
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	2	4	
Origen de fabricación del producto	1	3	3	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 14				Fecha: 19/04/05
Insumo: Resortes				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	3	3	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	3	3	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
--------	--------

Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05
------------------------	------------------------

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 15a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Escobillas				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 15b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Escobillas				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	1	2	PROVOCA DESCALIFICACION DEL PROVEEDOR
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			14	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 16				Fecha: 19/04/05
Insumo: Ficha y mazo de cables				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	1	1	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	1	2	2	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	2	2	4	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	2	4	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			15	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01
	Evaluación de Proveedores	Rev.: 0 Pág.: 1/1

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 17				Fecha: 19/04/05
Insumo: Terminal pala hembra 2.8mm con traba				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	1	1	1	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	3	3	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	2	2	4	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			16	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
--------	--------

Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05
------------------------	------------------------

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 18a				Fecha: 19/04/05
Insumo: Cable siliconado				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	2	4	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	1	1	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			13	
CALIFICA				
NO CALIFICA				✓

Revisó	Aprobó
--------	--------

Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05
------------------------	------------------------

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.01 Rev.: 0 Pág.: 1/1
	Evaluación de Proveedores	

Registro Evaluación de Proveedores				F-7.4.01
Nombre Proveedor: 18b				Fecha: 19/04/05
Insumo: Cable siliconado				
Ítems	Ponderación	Puntaje	Subtotal	Observaciones
Calidad de producto/servicio	2	3	6	
Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2000 u otro sistema	2	2	4	
Trayectoria con la empresa	1	2	2	
Precio y Financiación	1	2	2	
Cumplimiento de plazo estipulado de entrega	1	2	2	
Origen de fabricación del producto	1	2	2	
TOTAL			18	
CALIFICA				✓
NO CALIFICA				

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

Resumen Calificación de Proveedores

Nº Proveedor	Calificación	Califica	No Califica	Motivo
1a	15	✓		
1b	14	✓		
2	17	✓		
3a	11		✓	Por bajo puntaje.
3b	17	✓		
4a	15	✓		
4b	12		✓	Por bajo puntaje.
5	16	✓		
6a	18	✓		
6b	16		✓	Por subtotal de ítem crítico menor a 4 puntos: Precio y financiación.
7	17	✓		
8a	18	✓		
8b	20	✓		
8c	16		✓	Por subtotal de ítem crítico menor a 4 puntos: Cumplimiento de plazo estipulado de entrega.
9a	14	✓		
9b	13		✓	Por bajo puntaje.
10a	18	✓		
10b	16		✓	Por subtotal de ítem crítico menor a 4 puntos: Origen de fabricación del producto.
11	16	✓		
12	18	✓		
13	16	✓		
14	16	✓		
15a	16	✓		
15b	14		✓	Por subtotal de ítem crítico menor a 4 puntos: Calidad de producto/servicio
16	15	✓		
17	16	✓		
18a	13		✓	Por bajo puntaje.
18b	18	✓		

Ahora mostramos la aplicación de los registros faltantes

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.02.1
	Pedido de Cotización	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra con que requerimientos cuenta el Pedido de Cotización que se usará como registro, para formar parte del **PR-7.4.02**.

Registro Pedido de Cotización				F-7.4.02.1
Nombre Proveedor: 1a				Fecha: 19/04/05
Requisitos a completar por la empresa				
Nº Plano Insumo	Descripción Insumo	Cantidad	Plazo de Entrega	Observaciones
014-520	<u>Eje inducido</u>	1000	23/05/05	<u>Adjunta Plano</u>
Requisitos a completar por el proveedor				
Confirmación de Cantidad o Cantidad Mínima	Plazo de Entrega	Precio	Forma de Pago	Observaciones
1000	23/05/05	\$ 2.70 p/u	Contado	Pago al momento de entrega

<u>APROBADO</u>	<u>DESAPROBADO</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
	<u>✓</u>	Desaprobado por precio y forma de pago

.....
Firma Responsable Empresa

.....
Firma Responsable Proveedor

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

REGISTRO	Cód.: F-7.4.02.1
Pedido de Cotización	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra con que requerimientos cuenta el Pedido de Cotización que se usará como registro, para formar parte del **PR-7.4.02**.

Registro Pedido de Cotización		F-7.4.02.1		
Nombre Proveedor: 1b				Fecha: 19/04/05
Requisitos a completar por la empresa				
Nº Plano Insumo	Descripción Insumo	Cantidad	Plazo de Entrega	Observaciones
014-520	<u>Eje 4 polos</u>	1000	23/05/05	<u>Adjunta Plano</u>
Requisitos a completar por el proveedor				
Confirmación de Cantidad o Cantidad Mínima	Plazo de Entrega	Precio	Forma de Pago	Observaciones
1000	23/05/05	\$1.60 p/u	50% Contado 50% Financiado	La financiación de realizara con tres cheques a 30/60/90 días

<u>APROBADO</u>	<u>DESAPROBADO</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
✓		

.....
Firma Responsable Empresa

.....
Firma Responsable Proveedor

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

REGISTRO	Cód.: F-7.4.02.2
Orden de Compra	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra con que requerimientos cuenta la Orden de Compra que se usará como registro, para formar parte del **PR-7.4.02**.

Registro Orden de Compra					F-7.4.02.2	
Nombre Proveedor: 1b					Fecha: 19/04/05	
Nº Plano Insumo	Descripción Insumo	Cantidad	Plazo de Entrega	Precio	Forma de Pago	Observaciones
014-520	Eje de 4 polos	1000	23/05/05	\$1.60 p/u	%50 Contado %50 Financiado	La financiación de realizara con tres cheques a 30/60/90 días

Revisó	Aprobó
Fecha: 19/04/05	Fecha: 19/04/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.03
	Verificación de Producto Comprado	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra el registro necesario para utilizar en **PR-7.4.03**.

Registro Verificación de Producto Comprado				F-7.4.03
Nombre Proveedor: 1b			Fecha: 23 /05/05	
A completar por	Ítems	NC	C	Observaciones
ALMACEN	Bultos vs. Guía de Transporte		✓	
OFICINA TECNICA	Orden de Compra vs. Material		✓	
	Orden de Compra vs. Factura		✓	
CONTROL DE CALIDAD	Características de Calidad según que producto sea		✓	
ALMACEN	Cantidad vs. Factura		✓	

Revisó	Aprobó
Fecha: 23/05/05	Fecha: 23/05/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.03
	Verificación de Producto Comprado	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra el registro necesario para utilizar en **PR-7.4.03**.

Registro Verificación de Producto Comprado				F-7.4.03
Nombre Proveedor: 1b			Fecha: 23/05/05	
A completar por	Ítems	NC	C	Observaciones
ALMACEN	Bultos vs. Guía de Transporte	✓		<i>De los 7 bultos estipulados en la guía de transporte llegaron 6</i>
OFICINA TECNICA	Orden de Compra vs. Material			
	Orden de Compra vs. Factura			
CONTROL DE CALIDAD	Características de Calidad según que producto sea			
ALMACEN	Cantidad vs. Factura			

Revisó	Aprobó
Fecha: 23/05/05	Fecha: 23/05/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.03
	Verificación de Producto Comprado	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra el registro necesario para utilizar en **PR-7.4.03**.

Registro Verificación de Producto Comprado				F-7.4.03
Nombre Proveedor: 1b			Fecha: 23/05/05	
A completar por	Ítems	NC	C	Observaciones
ALMACEN	Bultos vs. Guía de Transporte		✓	
OFICINA TECNICA	Orden de Compra vs. Material		✓	
	Orden de Compra vs. Factura	✓		<i>El precio facturado no es el estipulado en la orden de compra</i>
CONTROL DE CALIDAD	Características de Calidad según que producto sea			
ALMACEN	Cantidad vs. Factura			

Revisó	Aprobó
Fecha: 23/05/05	Fecha: 23/05/05

	REGISTRO	Cód.: F-7.4.03
	Verificación de Producto Comprado	Rev.: 0 Pág.: 1/1

A continuación se muestra el registro necesario para utilizar en **PR-7.4.03**.

Registro Verificación de Producto Comprado				F-7.4.03
Nombre Proveedor: 1b			Fecha: 23/05/05	
A completar por	Ítems	NC	C	Observaciones
ALMACEN	Bultos vs. Guía de Transporte		✓	
OFICINA TECNICA	Orden de Compra vs. Material		✓	
	Orden de Compra vs. Factura		✓	
CONTROL DE CALIDAD	Características de Calidad según que producto sea	✓		<i>El eje no cumple dimensiones según plano</i>
ALMACEN	Cantidad vs. Factura			

Revisó	Aprobó
--------	--------

Fecha: 23/05/05	Fecha: 23/05/05

Conclusión

De la aplicación del punto 7.4 de la norma ISO 9001 surgen beneficios para que la empresa compre insumos eficazmente que es lo requerido en este trabajo.

Esta aplicación se transforma en calidad en la producción de los motores ya que:

- se garantiza la reducción de costos,
- análisis continuo de los proveedores,
- la relación de beneficio mutuo con los proveedores,
- la confiabilidad en esta relación trasladada a los insumos,
- bajo nivel de rechazo de componentes.

La aplicación de este punto también garantizará la adquisición de los materiales necesarios para asegurar que el diseño del motor se lleve a la producción confiablemente.

Gracias a este conjunto de procedimientos y registros se ve que se puede lograr la calidad que queremos obtener en el producto pensando siempre en cubrir los requisitos del cliente.

Se asegura la calidad total de los insumos en su pasaje por la empresa dado que la evaluación de la calidad del producto comienza con la evaluación de los proveedores, sigue con el pedido de cotización y culmina con la verificación del producto comprado.

Es así que el producto ingresado a la línea de producción cumple satisfactoriamente con un conjunto de requisitos indispensables que aseguran que el producto terminado tiene la calidad solicitada por el cliente y pretendida por la empresa.

APARTADO VI
Análisis de Costos e Impacto Social

Análisis de Costos

Como ya se ha explicado en el apartado de Estudio de Mercado existe una estimación hecha de 1500 motores mínimos que se venderán en el período de un año. Es real que esta venta no será pareja en lo que respecta a los meses del año sino que se incrementará en los meses de primavera y verano.

Esto es importante para analizar el costo del motor y compararlo con lo que nos ofrecen hoy en el mercado.

Para determinar el costo total del electroventilador se consideran tres costos parciales los cuales son:

- Costo de Materiales
- Costo de Mano de Obra
- Costos Generales (impuestos y servicios, fletes)

Ahora estimaremos cada uno de ellos para poder llegar al costo del motor por unidad y comparar este valor con los precios ofrecidos por las demás empresas que fabrican dicho motor, y así también obtener la utilidad del producto.

- Costo de Materiales:

Producto Terminado	Cant. De Piezas x Motor	Precio por Unidad en \$	Precio Total en \$
Eje Inducido	1	1.40	1.40
Anillo segeer	2	0.35	0.70
Espina Elastica	1	0.30	0.30
Seguro pala	1	0.40	0.40
Laminación	33	0.15	4.95
Aislación cara lateral	2	0.05	0.10
Aislación de ranuras	20	0.03	0.60
Alambre de Cobre	0.1 Kg	17	1.70
Rodamiento	2	4.05	4.10
Reten rodamiento PVC	1	0.075	0.075
Placa portaescobillas	1	0.42	0.42
Tronera Pasacables	1	0.07	0.07
Tapas	2	0.60	1.20
Reten iman	4	0.03	0.12
Orejas	3	0.04	0.12
Tornillos	7	0.25	1.75
Tuercas	7	0.12	0.84
Arandelas grower	7	0.05	0.35
Remaches	4	0.01	0.04

Colector	1	3.90	3.90
Carcasa	1	1.30	1.30
Sector Cerámico	4	1.96	7.84
Portaescobillas Laton	4	1.70	6.80
Resortes	4	0.04	0.16
Escobillas	4	0.085	0.34
Ficha y mazo de cables	1	2.85	2.85
Terminal pala hembra 2.8mm	6	0.02	0.12
Cable Siliconado 1x1	0.22m	0.47	0.10
Costo de Materiales por unidad			\$ 42.645

- Costo de Mano de Obra:

Consultando con la administración y contaduría de la empresa nos han comunicado que el costo de mano de obra, mas las cargas sociales corresponden a un 20% del costo de materiales por unidad. Este porcentaje se obtiene dividiendo el costo mensual total de la mano de obra y cargas sociales en pesos por las unidades vendidas en ese mismo periodo de tiempo.

Costo Mano de Obra por unidad = \$ 8.52

- Costos Generales:

Consultando con la administración y contaduría de la empresa nos han comunicado que los costos generales corresponden a un 9% del costo de materiales por unidad. Este porcentaje se obtiene dividiendo los costos generales mensuales en pesos por las unidades vendidas en ese mismo periodo de tiempo.

Costos Generales = \$ 3.83

Concluyendo que el costo total del motor es de \$54.99.

Averiguado en el mercado el precio al que se vende al público este motor, que es de \$96+iva, podemos determinar cual será la utilidad fijando un precio inferior para poder obtener una demanda mayor.

Si fijamos el precio del motor en \$90 obtendremos una utilidad de \$35. por lo tanto si en el año se venden 1500 motores tendremos una ganancia de \$52500.

Impacto social

En referencia al impacto social, este nuevo electroventilador no produce socialmente ningún impacto ya que es un producto que hoy en día se encuentra en el mercado. Si creemos que el motor se encuentra en una muy buena posición con respecto a lo que hoy el mercado ofrece. Ya que no solo el precio final es muy competitivo sino que además hemos mejorado las prestaciones del mismo, como ser bajar el consumo un 25% con respecto al electroventilador original, generando socialmente una mayor fuente de trabajo.

En referencia al impacto ambiental vale la pena aclarar que no existen efectos nocivos sobre el ambiente en todo el proceso de producción del motor. Esto es intuitivo al analizar los procesos de fabricación en el apartado de Líneas de Procesos.

APARTADO VII

Planos Dimensionales

Lista de planos

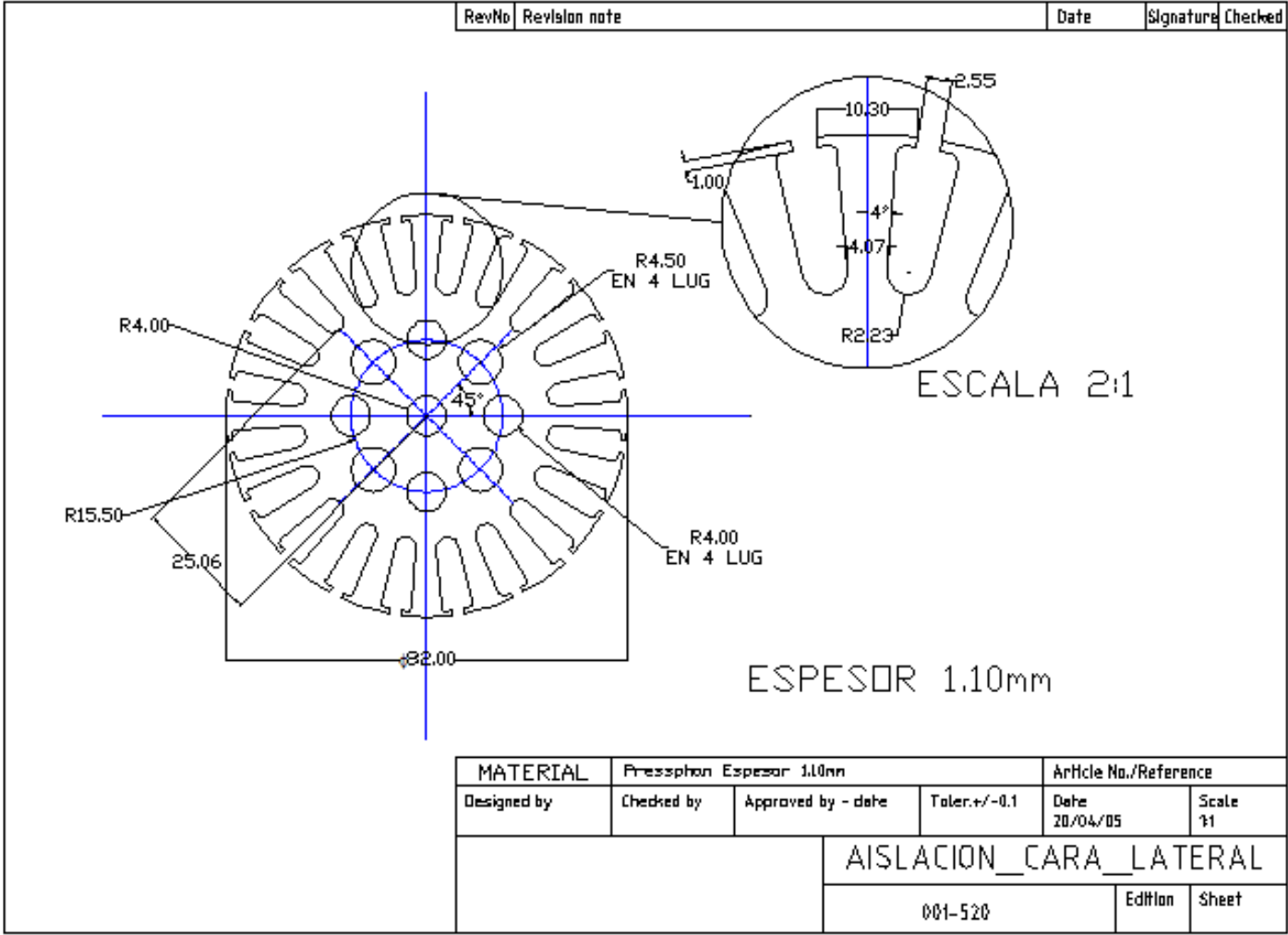
A continuación se detallan todos los planos dimensionales de las piezas que componen al motor, como así también de algunos procesos.

Dichos plano se encuentran numerados y se les ha hecho referencia en varios pasajes del informe.

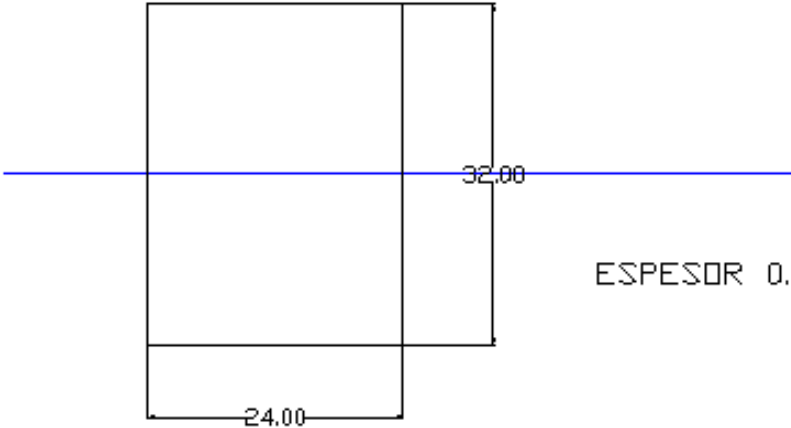
En la siguiente tabla se detallan los planos con sus códigos y su ubicación.

N° Plano	Descripcion	Pagina
001-520	Aislacion cara lateral	182
002-520	Aislacion ranuras	183
003-520	Anillo seeger A8	184
004-520	Anillo seeger A10	185
005-520	Arandela grower M05	186
006-520	Arandela grower M06	187
007-520	Reten rodamiento 608	188
008-520	Cables conectores escobillas	189
009-520	Carcasa sin mecanizar	190
010-520	Carcasa mecanizada	191
011-520	Carcasa posicion orejas	192
012-520	Laminacion	193
013-520	Colector 20 delgas diametro 8mm	194
014-520	Eje de inducido	195
015-520	Cargas en eje de inducido	196
016-520	Eje de inducido secciones Soderberg	197
017-520	Eje de inducido estriado paquete	198
018-520	Eje de inducido estriado colector	199
019-520	Escobilla	200
020-520	Espina elástica	201
021-520	Mazo de cables	202
022-520	Oreja	203
023-520	Placa portaescobillas	204
024-520	Portaescobillas de latón	205
025-520	Remache	206
026-520	Resorte escobilla	207
027-520	Reten imán	208
028-520	Rodamiento 608	209
029-520	Rodamiento 6200	210

030-520	Sector cerámico	211
031-520	Seguro pala	212
032-520	Spaghetti PVC	213
033-520	Tapa delantera rodamiento 6200	214
034-520	Tapa trasera rodamiento 608	215
035-520	Terminal pala hembra con traba	216
036-520	Tornillo M05x0.8x65mm	217
N° Plano	Descripcion	Pagina
037-520	Tornillo M06x1x25mm	218
038-520	Tronera pasacables	219
039-520	Tuerca hexagonal M05 proyección	220
040-520	Tuerca hexagonal M06	221
041-520	Carcasa posición vínculos	222
042-520	Carcasa posición esfuerzos	223
043-520	Carcasa esfuerzos en la tapa	224

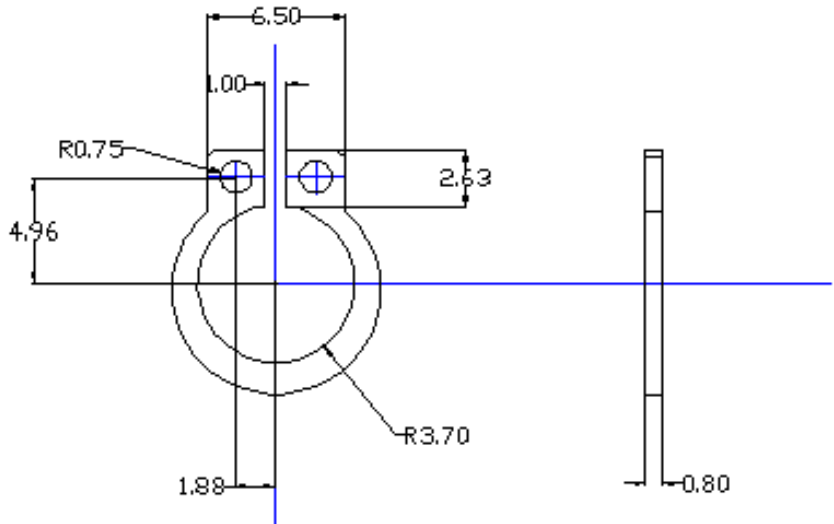


RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



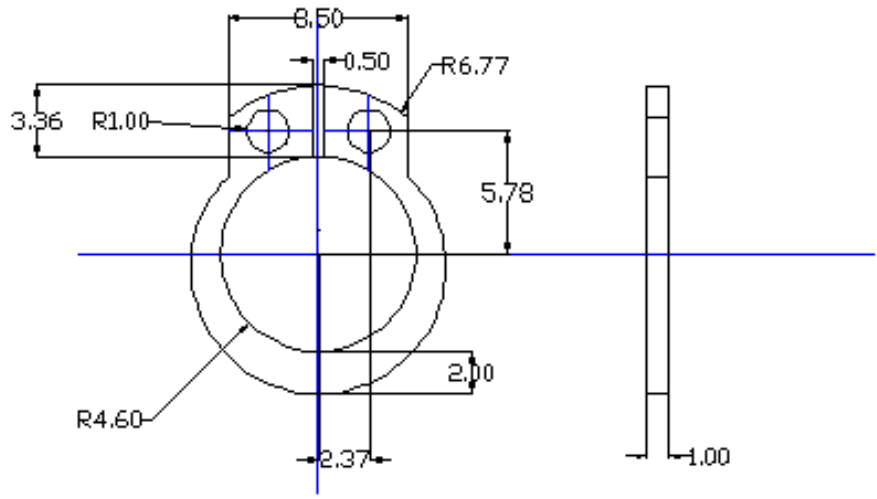
MATERIAL	Presaphan Espesor: 0.30mm			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date	Scale
				20/04/05	2:1
			AISLACION_RANURAS		
			002-520	Edition	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



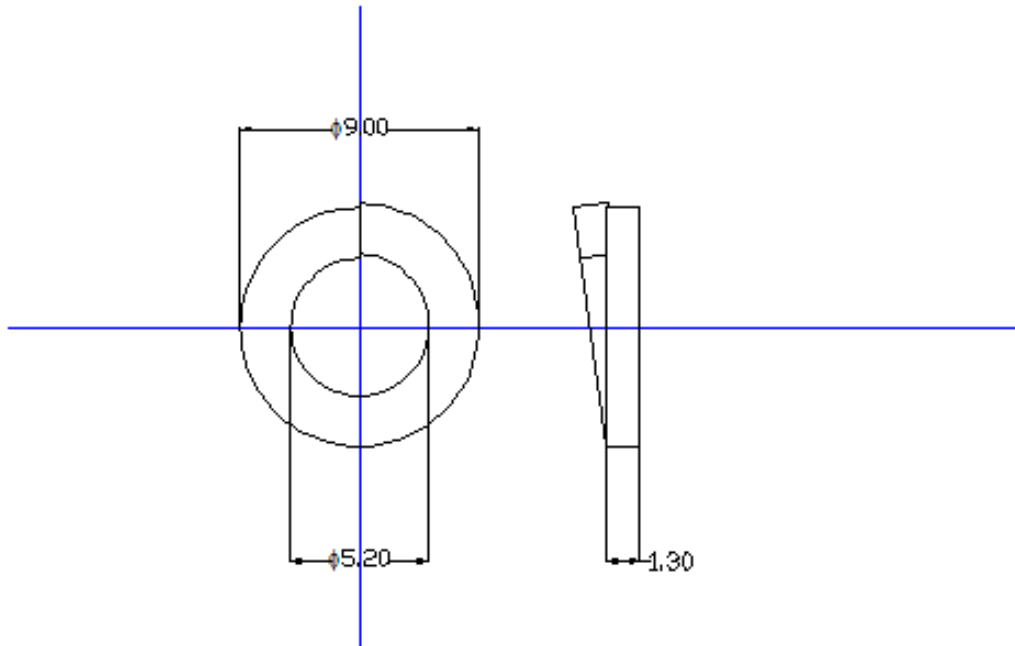
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 4:1
			ANILLO_SEEGER_A8		
				003-520	Edition Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



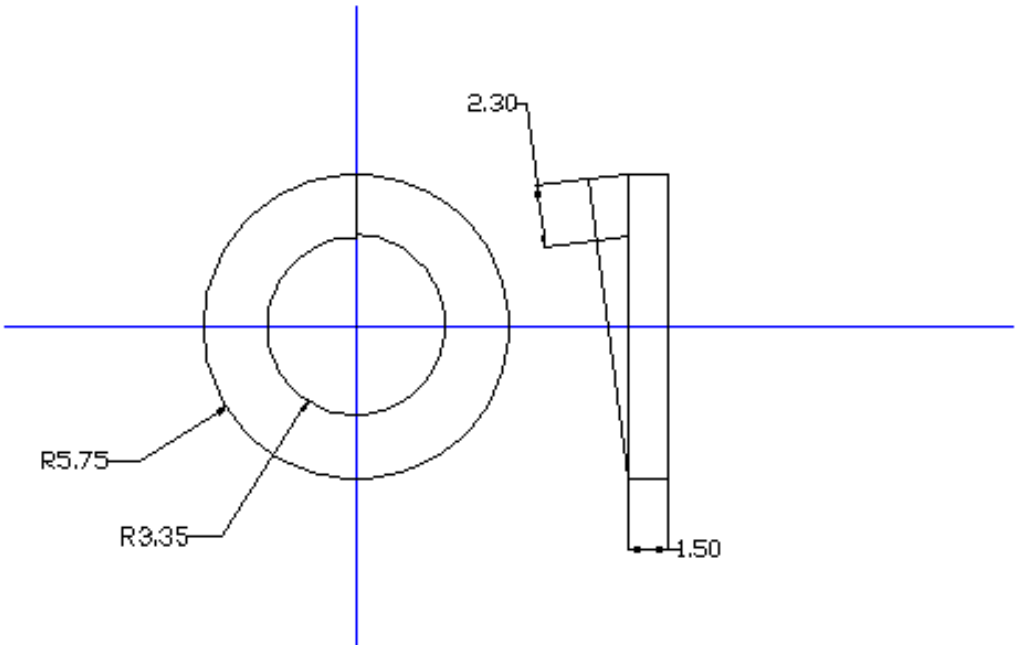
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler +/- 0,1	Date 20/04/05	Scale 4:1
			ANILLO_SEEGER_A10		
				004-520	Edition Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



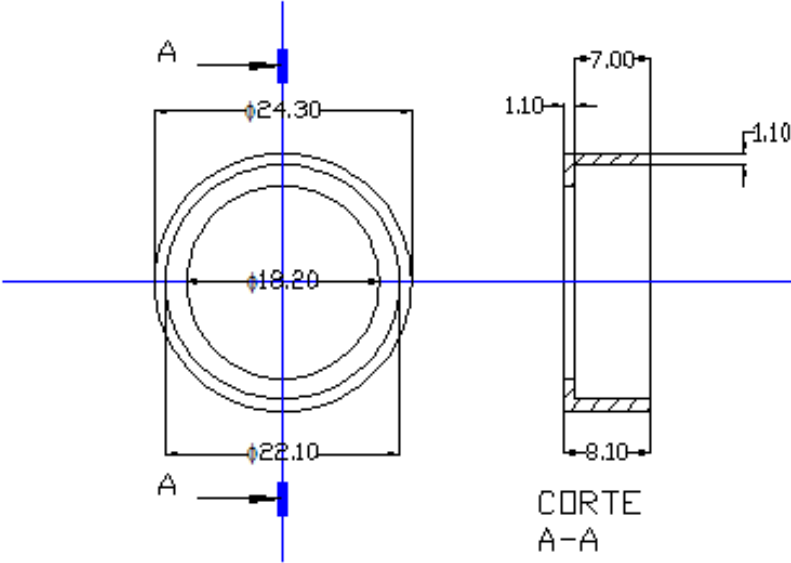
MATERIAL		Article No./Reference			
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 5:1
			ARANDELA_GROWER_M05		
			005-520	Edition	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler +/- 0.1
			Date 20/04/05
		ARANDELA_GROWER_M06	
		006-520	Scale 5:1
		Edtion	Sheet

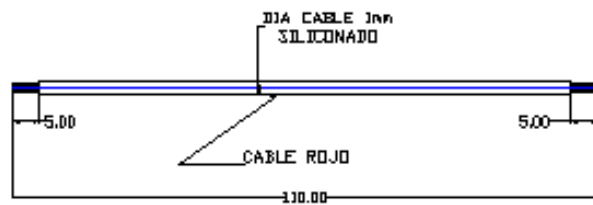
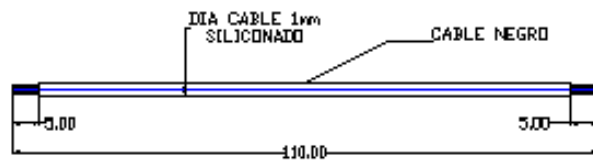
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



CORTE
A-A

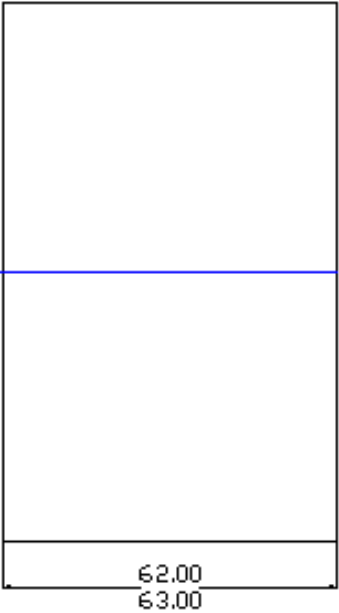
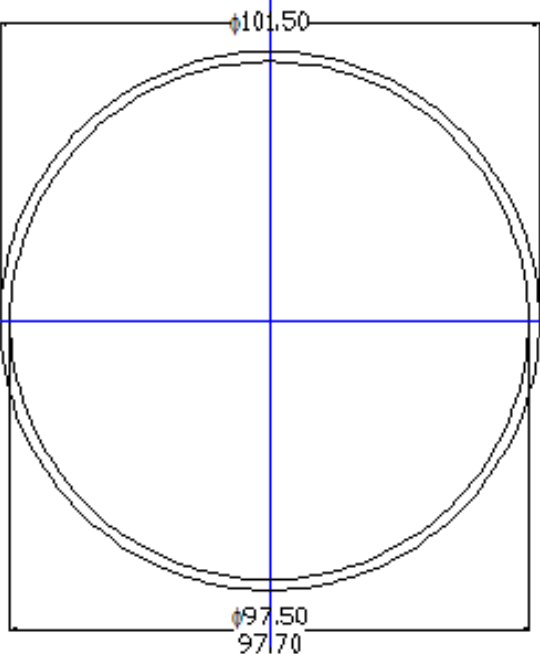
MATERIAL	PVC			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			RETEN RODAMIENTO 608		
007-520				Edition	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

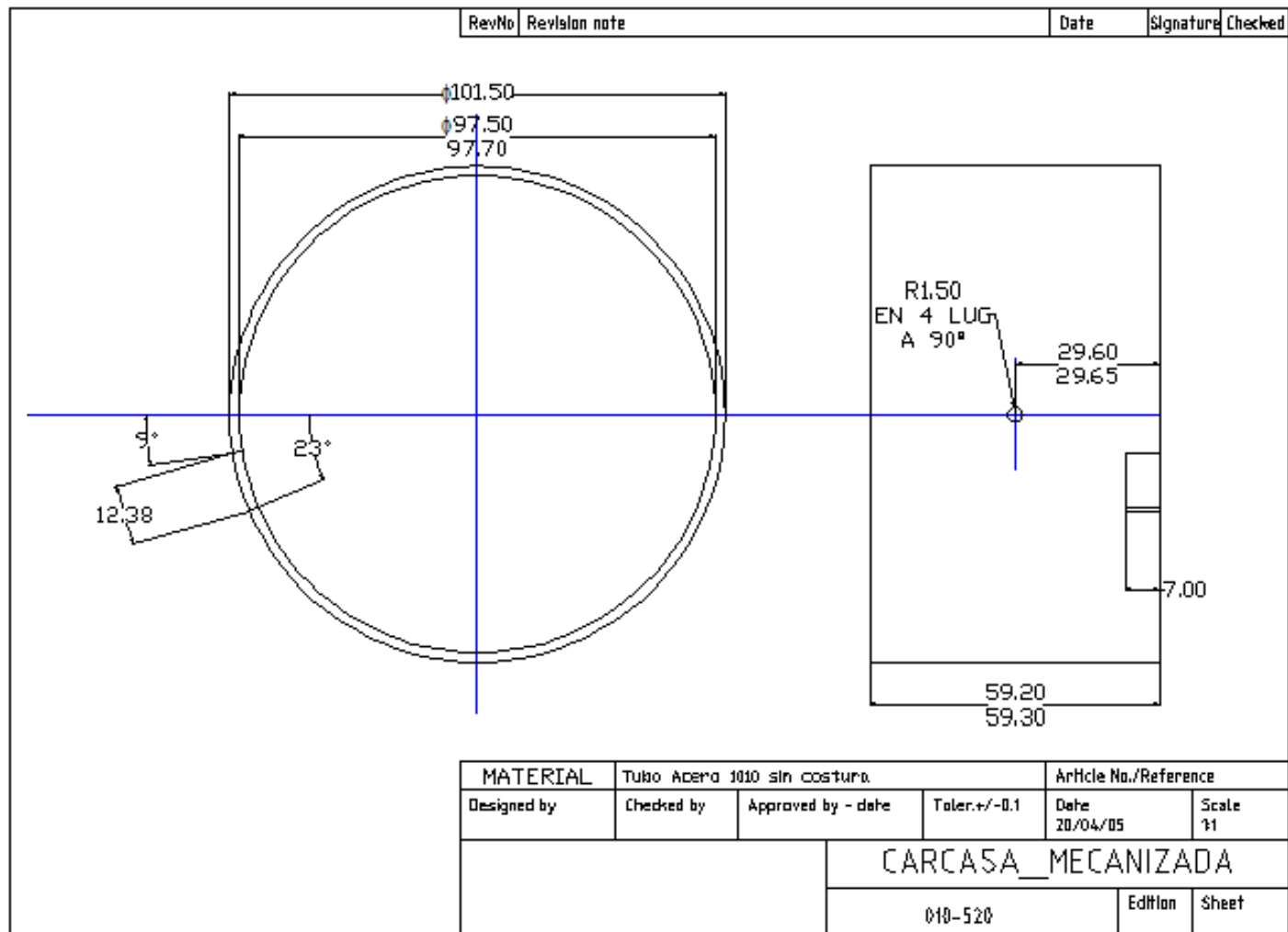


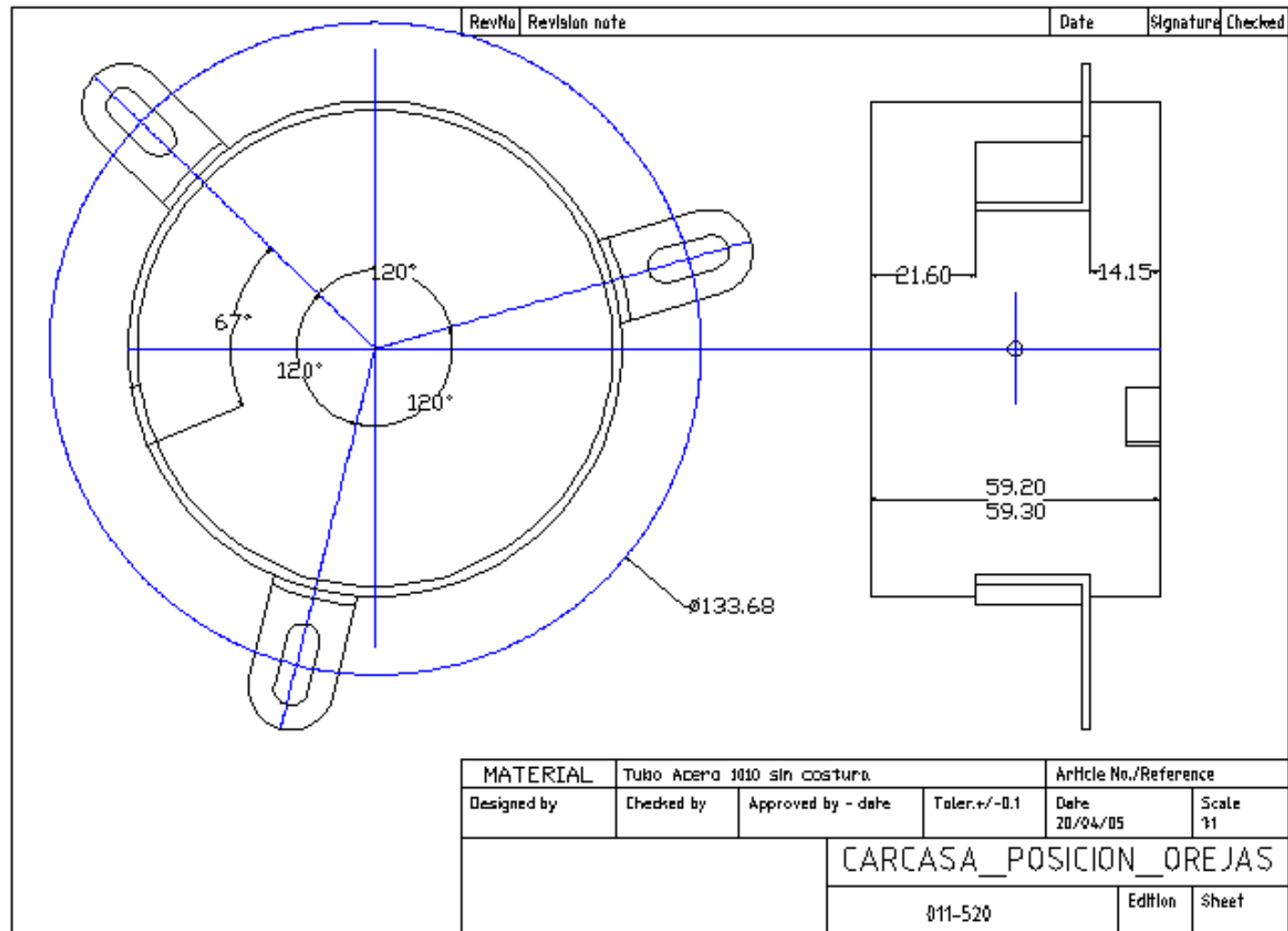
MATERIAL	Cable Siliconado 1x1			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 1:1
			CABLES_CONECTORES_ESCOBILLAS		
			008-520	Edition	Sheet

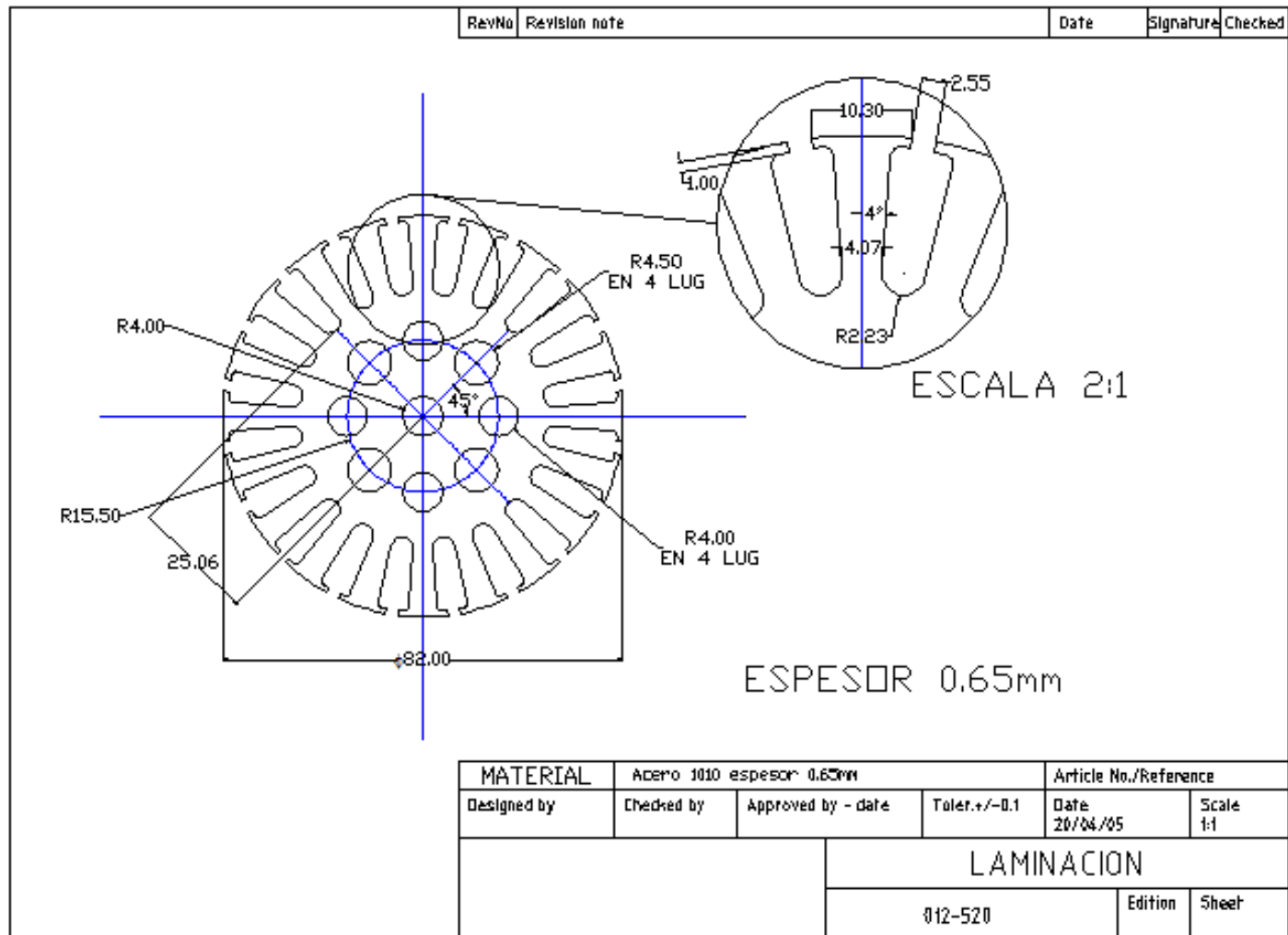
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



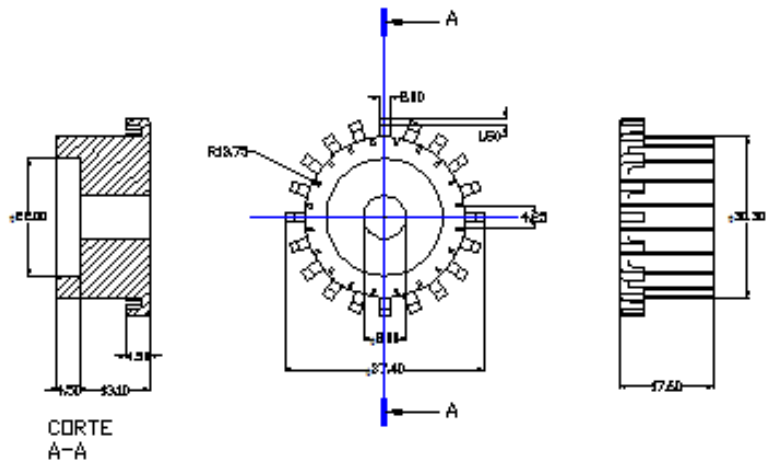
MATERIAL	Tubo Acero 1010 sin costura.			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 1:1
			CARCASA_SIN_MECANIZAR		
			009-520	EdiHen	Sheet



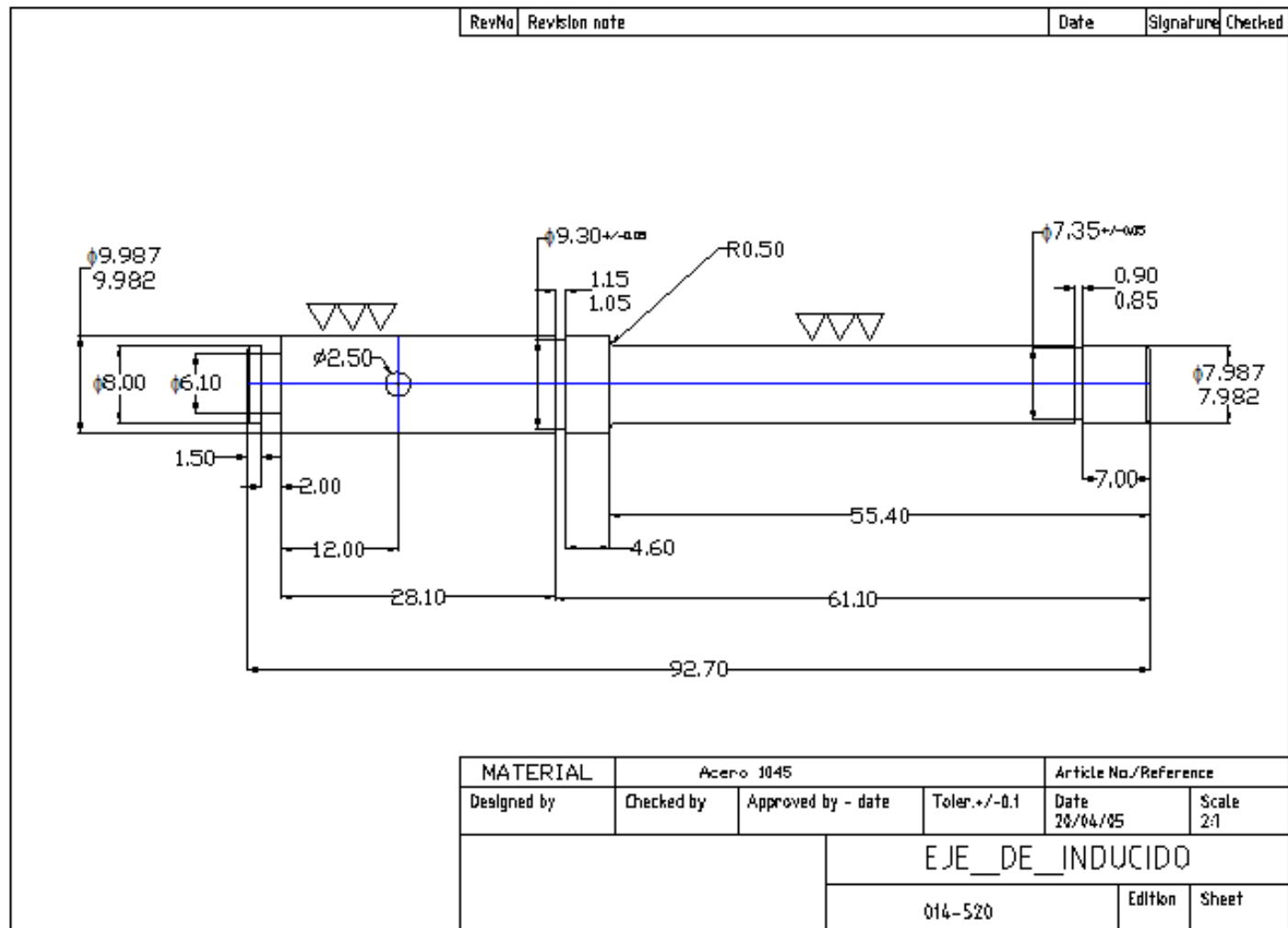


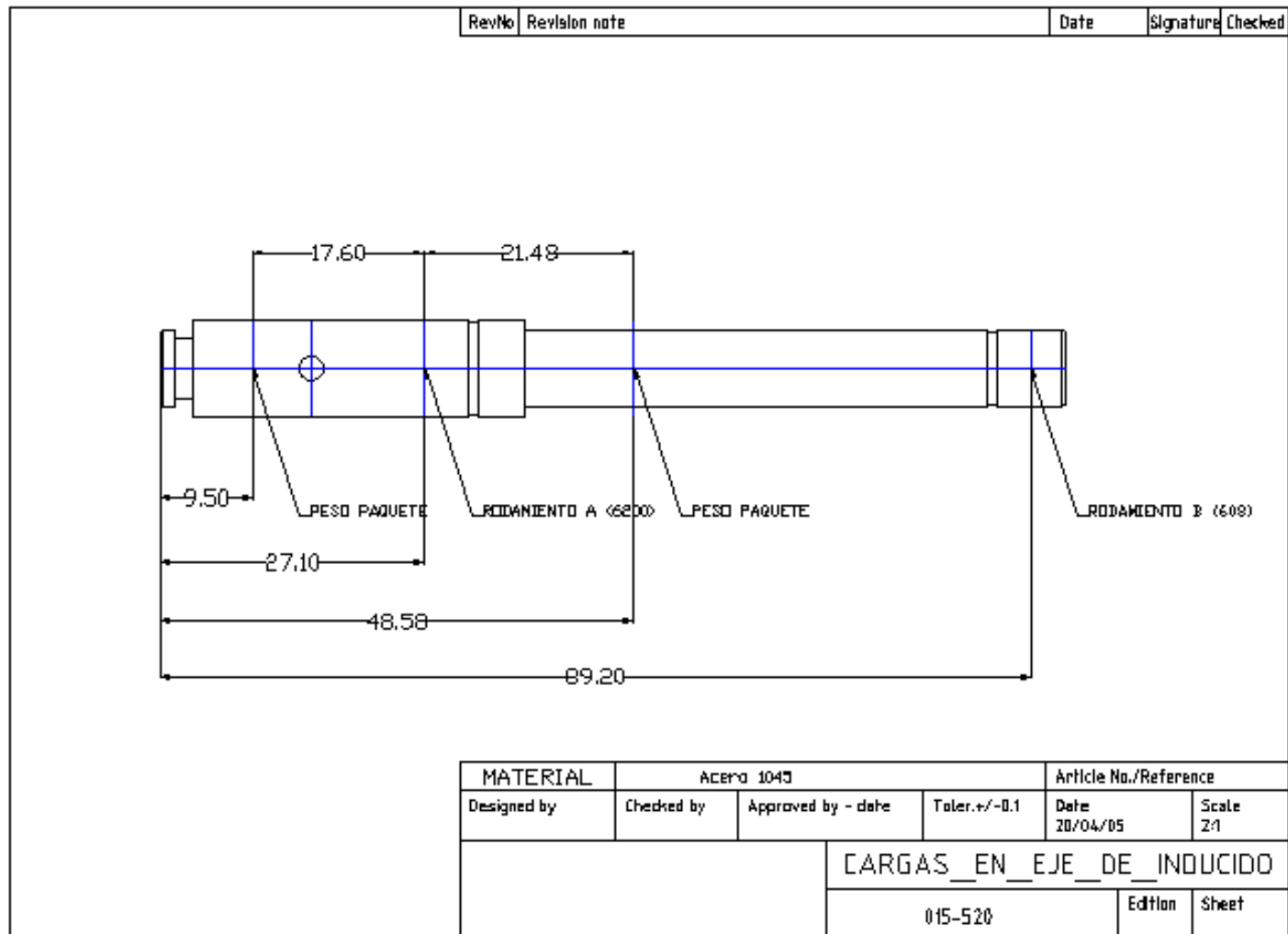


RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

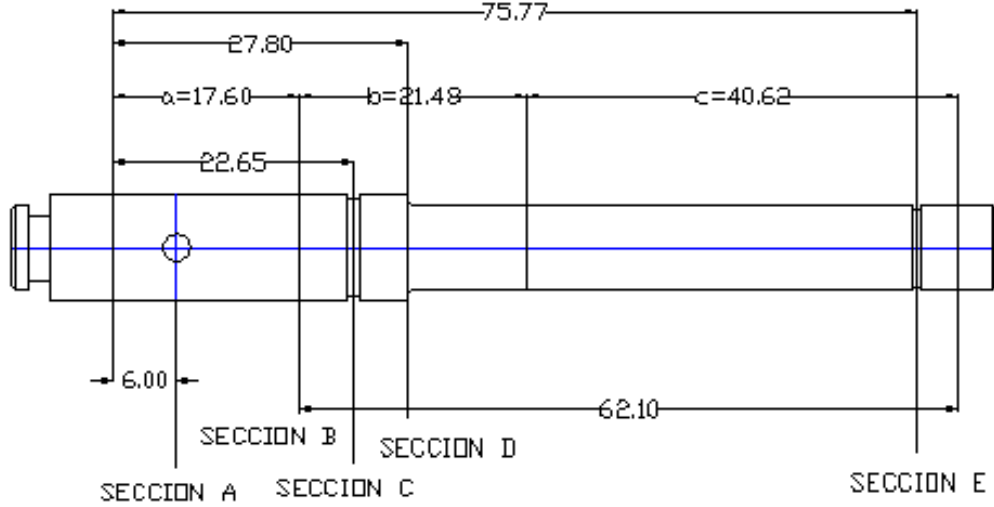


MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 1:1
			COLECTOR_20_DELGAS_DIAMETRO_8MM		
			013-520	Edition	Sheet



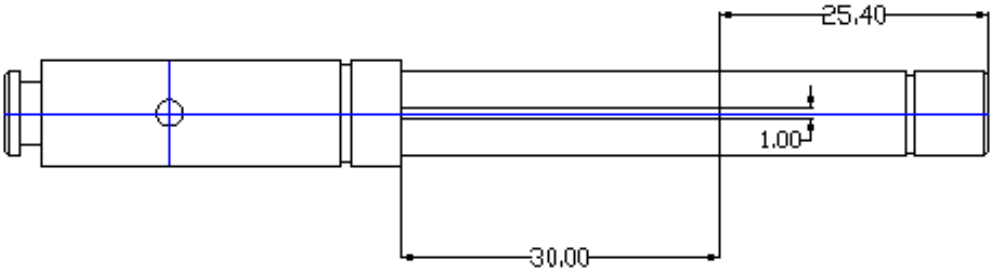


RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



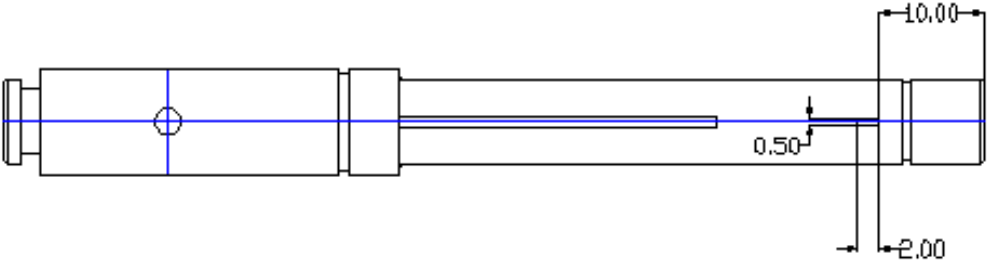
MATERIAL	Acero 1045			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			EJE_DE_INDUCIDO_SECCIONES_SODERBERG		
016-520				Edition	Sheet

RevNo	Revlskn note	Date	Signature	Checked
-------	--------------	------	-----------	---------

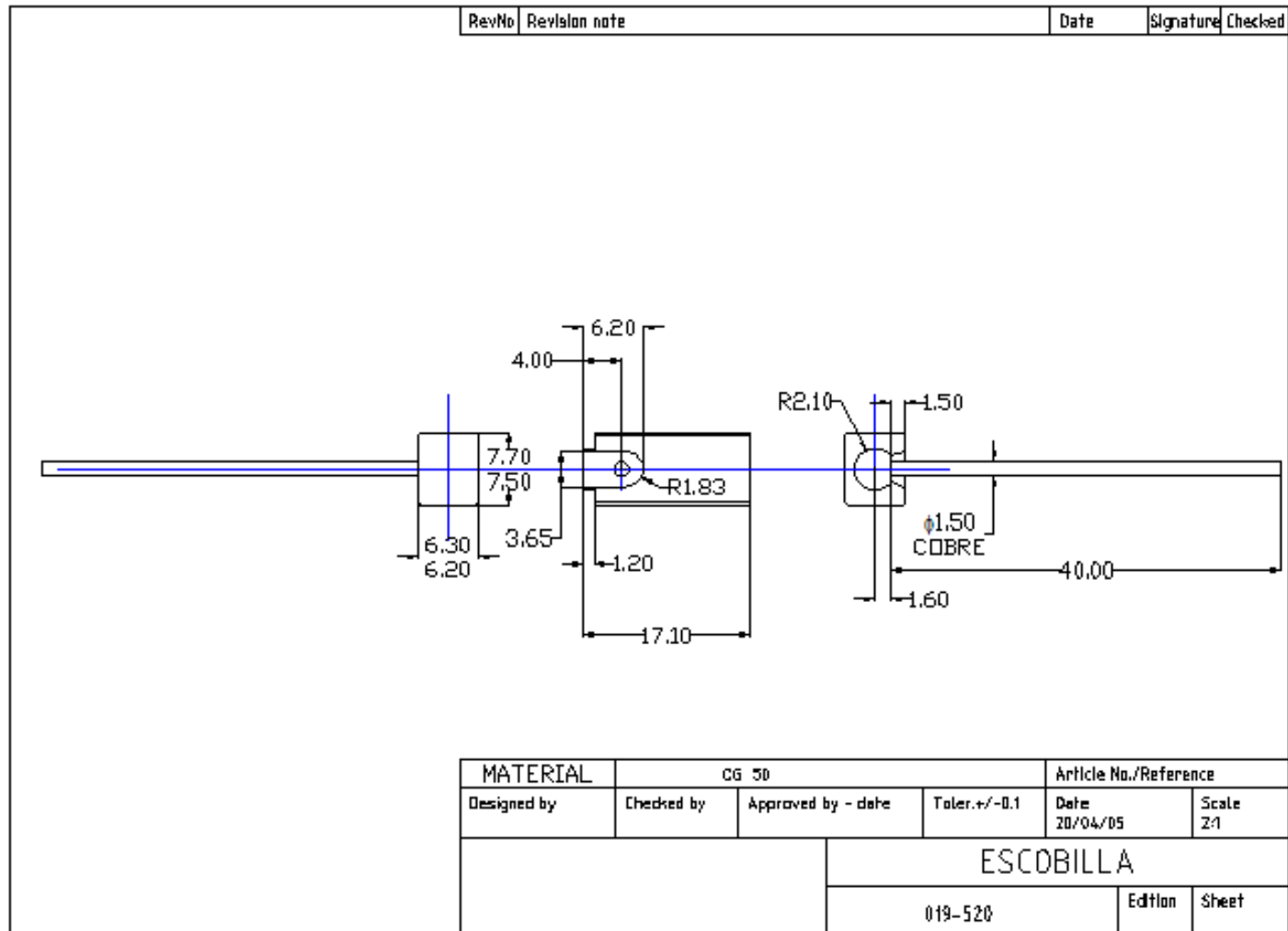


MATERIAL	Acero 1045			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			EJE_DE_INDUCIDO_ESTRIADO_PAQUETE		
			017-520	Edition	Sheet

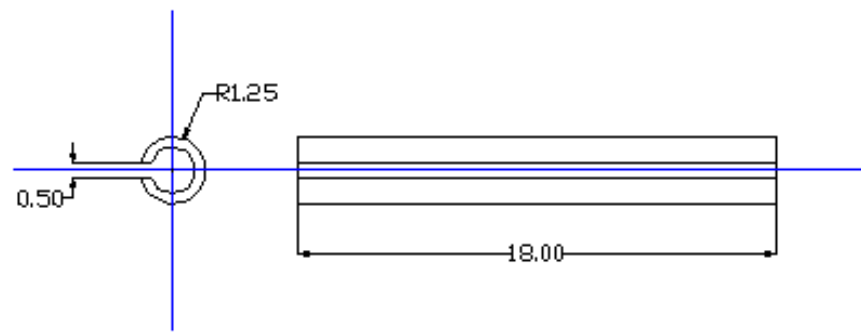
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL	Acero 1045			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0,1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			EJE_DE_INDUCIDO_ESTRIADO_COLECTOR		
			01B-520	Edition	Sheet

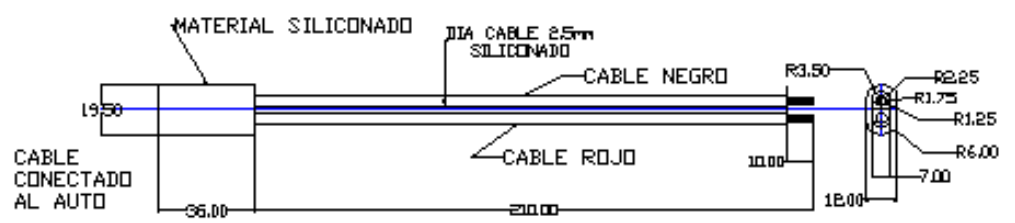
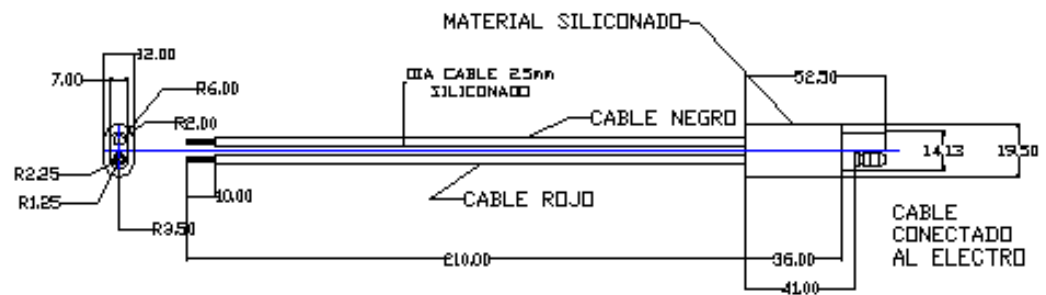


RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



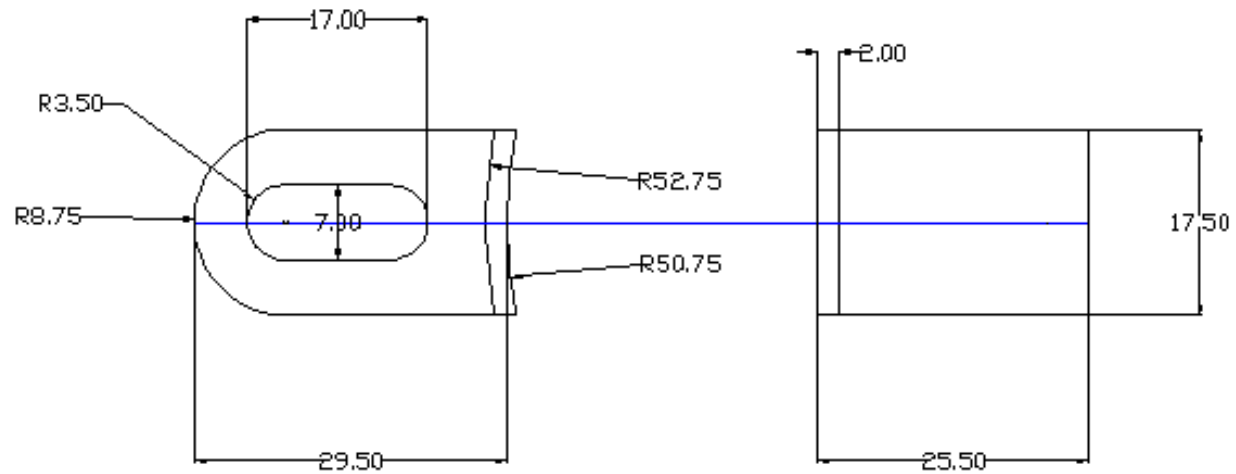
MATERIAL			Article No./Reference		
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 5:1
			ESPINA_ELASTICA		
			020-520	Edition	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

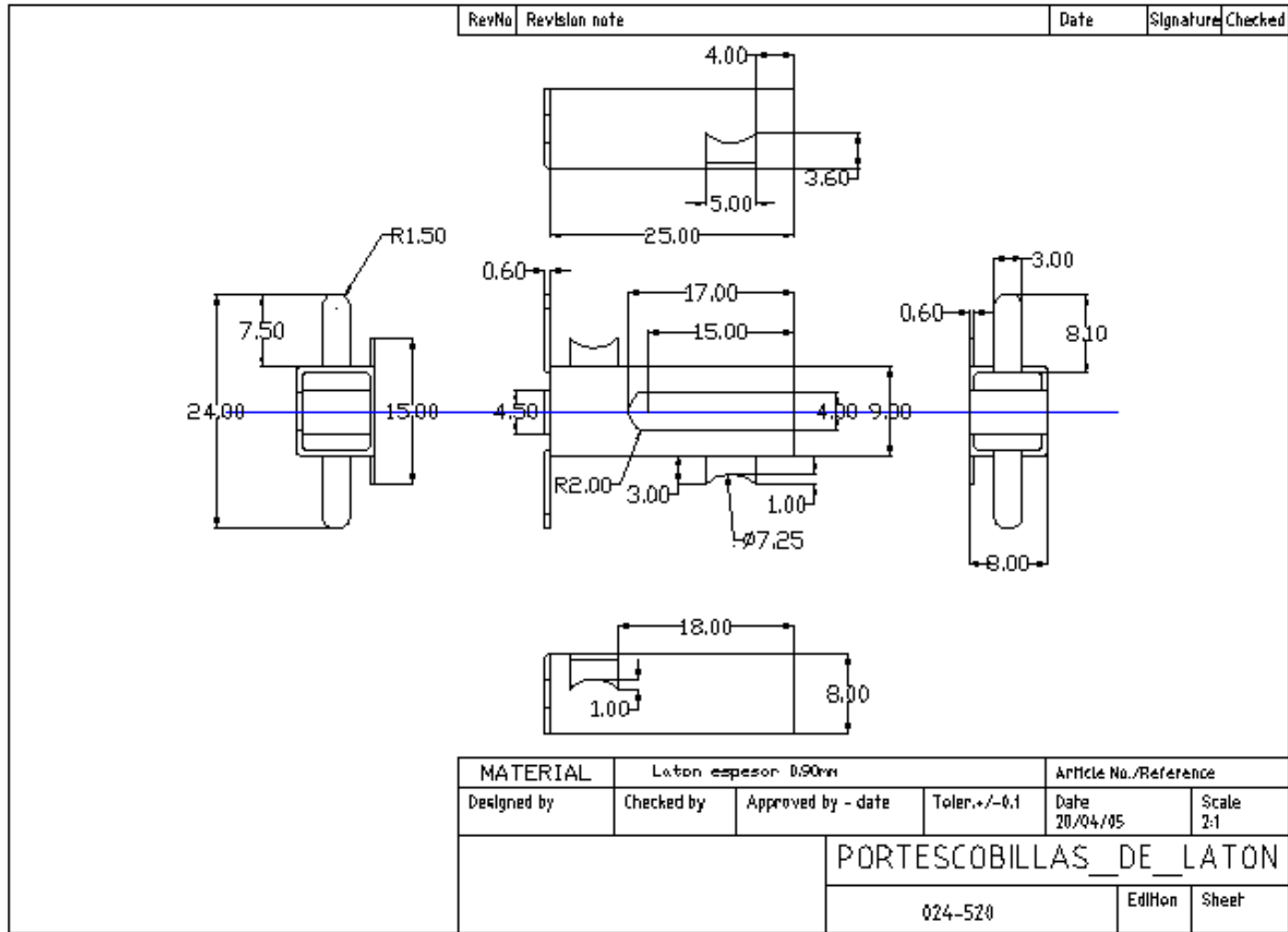


MATERIAL		Article No./Reference		
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/-	Date
			-1.1	20/04/05
			MAZO_DE_CABLES	
			021-520	Edición Sheet

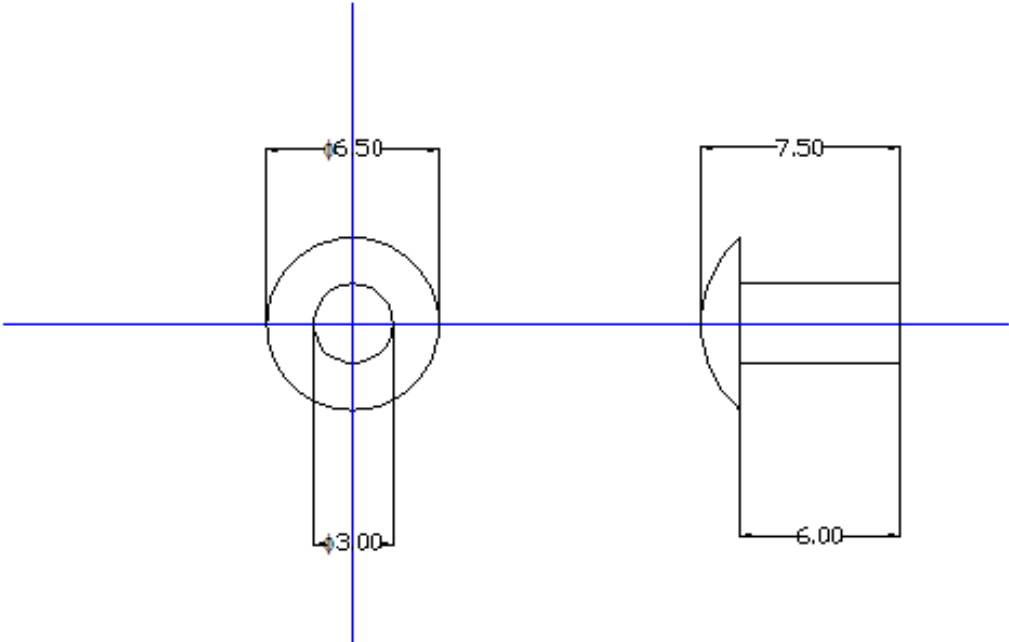
RevNo	Revisjon note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL	Acero 1010 III			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date	Scale
				28/04/05	2:1
			OREJA		
				022-520	Edition Sheet

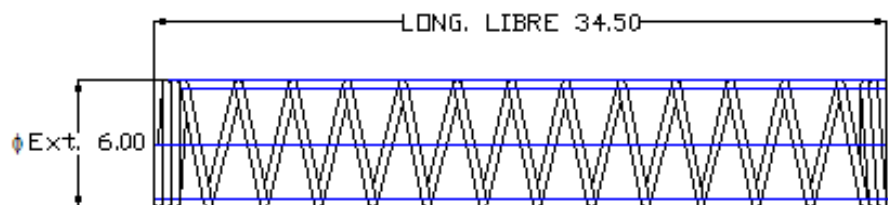


RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL	Aluminio			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 5:1
			REMACHE		
			025-520	Edition	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

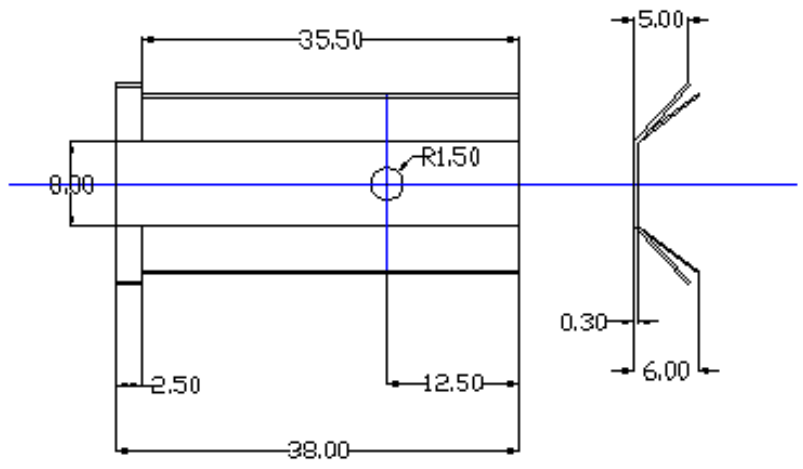


CARACTERISTICAS:

- Ø ALAMBRE: 0.4mm
- ESPIRAS ACTIVAS: 13
- ESPIRAS TOTALES: 17

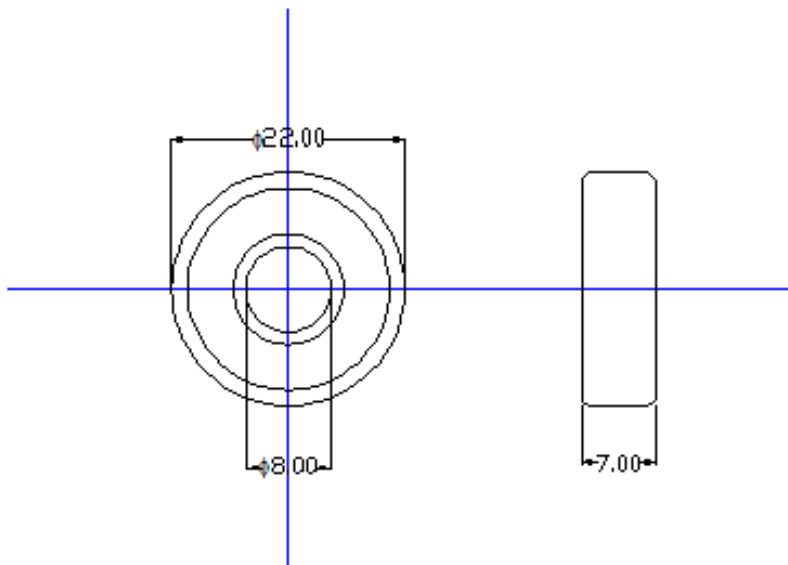
MATERIAL		Article No./Reference		
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/95
		RESORTE _ ESCOBILLA		
		026-520	Edition	Sheet

RevNo	Revskon note	Date	Signature	Checked
-------	--------------	------	-----------	---------

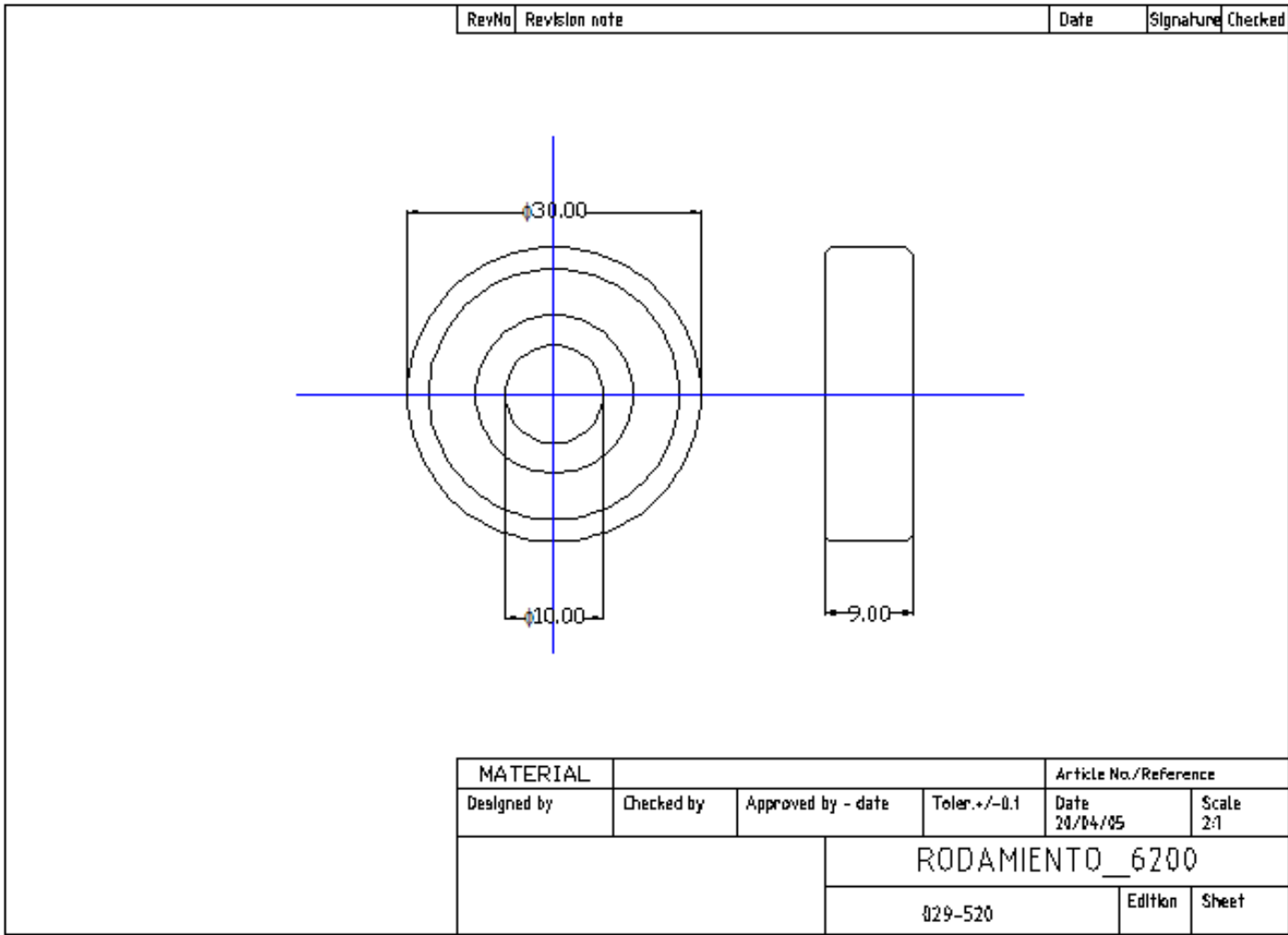


MATERIAL	Acero 1060/70 DD			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date	Scale
				20/04/05	2:1
			RETEN_IMAN		
			027-520	Edition	Sheet

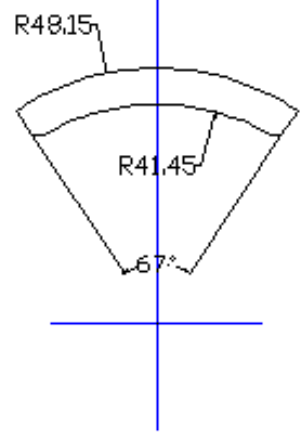
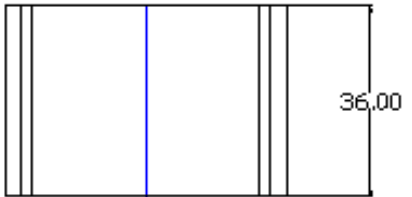
RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL			Article No./Reference		
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			RODAMIENTO_608		
			028-520	Edition	Sheet

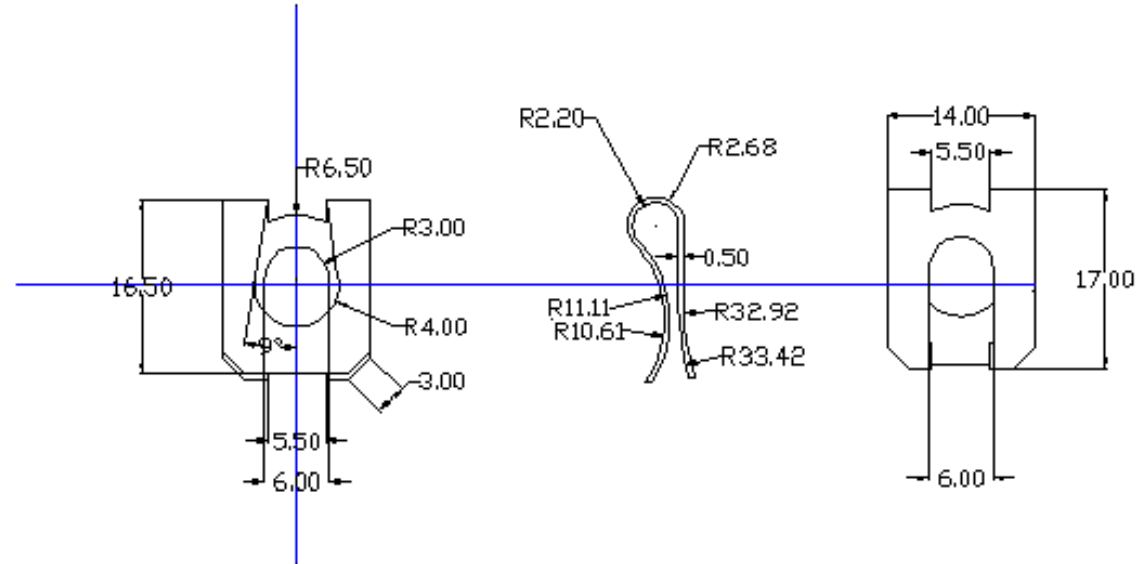


RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



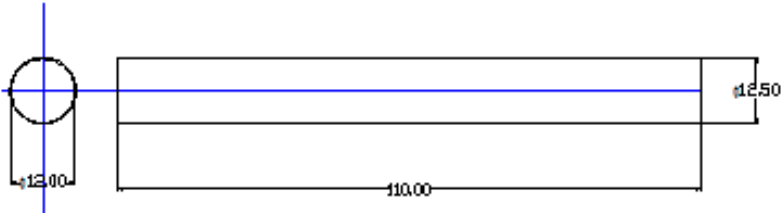
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 1:1
			SECTOR_CERAMICO		
			030-520	Edición	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



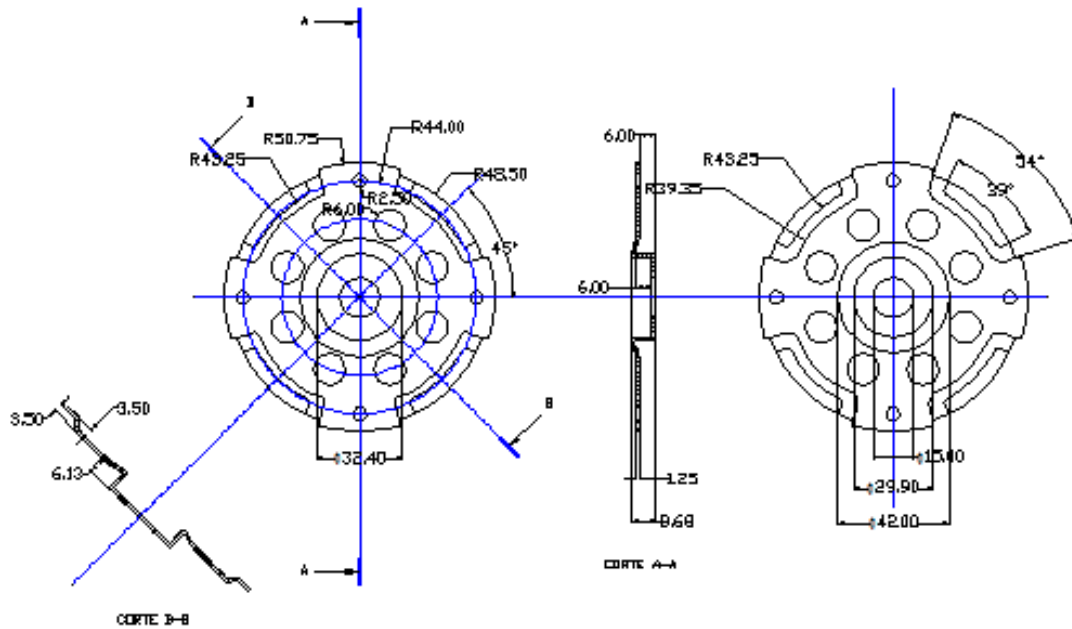
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			SEGURO_PALA		
			031-520	Ed/Mon	Sheet

RevNo	Revlskn note	Date	Signature	Checked
-------	--------------	------	-----------	---------



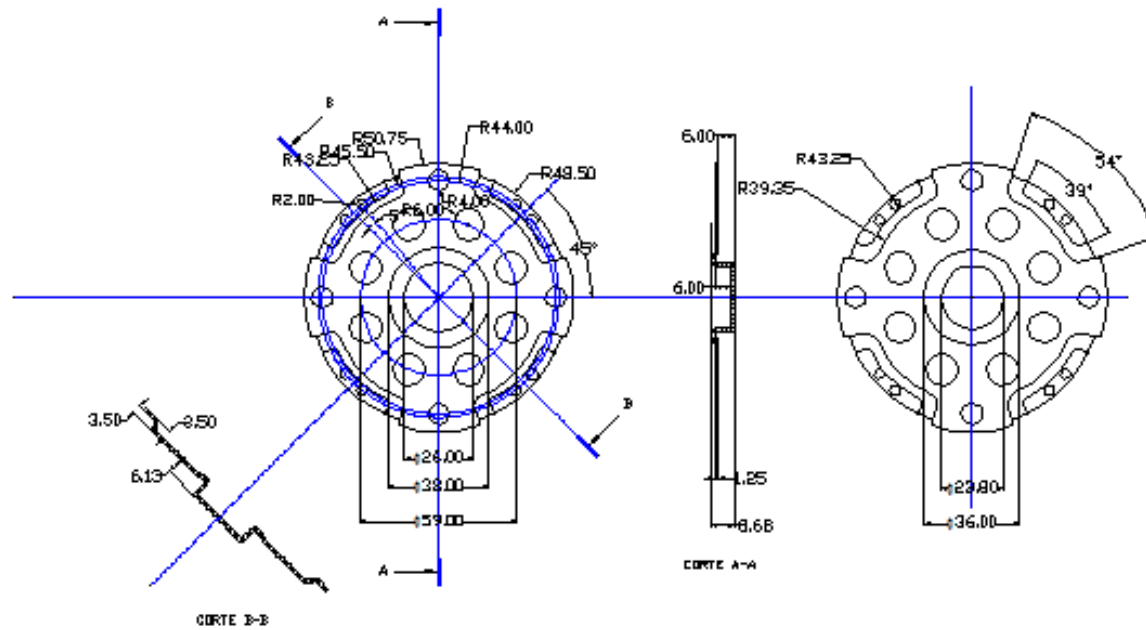
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 1:1
			SPAGHETTI_PVC		
			032-520	EdItten	Sheet

RevNo	Revlskn note	Date	Signature	Checked
-------	--------------	------	-----------	---------



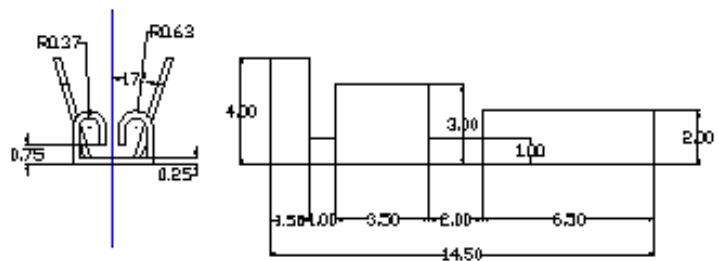
MATERIAL	Acero 1010 DD			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date	Scale
				20/04/05	1:2
			TAPA_DELANTERA_RODAMIENTO_6200		
			033-520	Edition	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



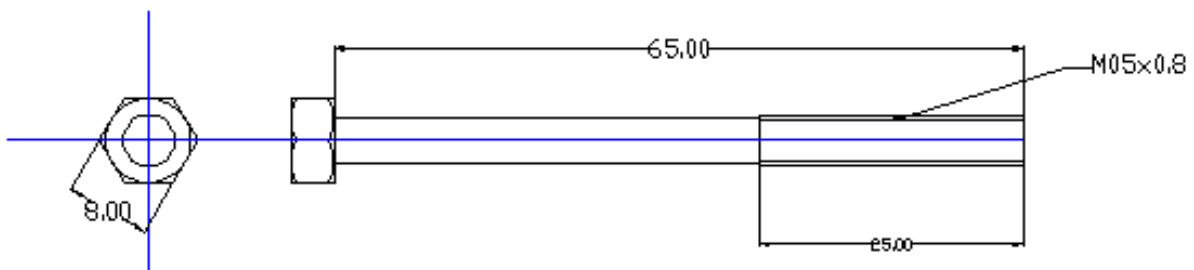
MATERIAL	Acero 1010 ID			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date	Scale
				20/04/05	1:2
			TAPA_TRASERA_RODAMIENTO_608		
			034-520	Edition	Sheet

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



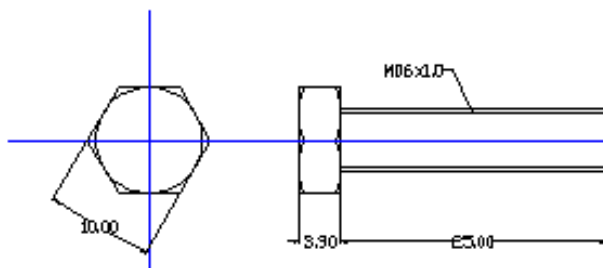
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 28/04/05	Scale 5:1
			TERMINAL_PALA_HEMBRA_CON_TRABA		
			035-520	Edition	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



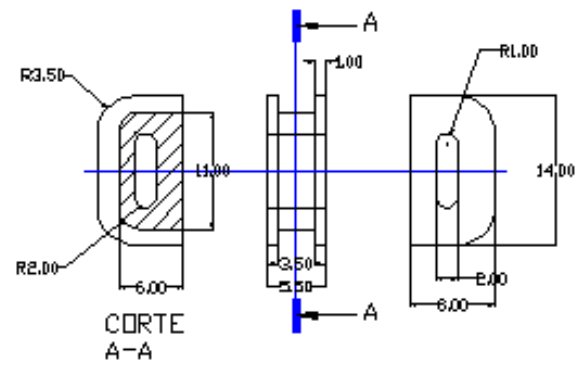
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			TORNILLO_M05X0.8X65MM		
			036-520	Edition	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



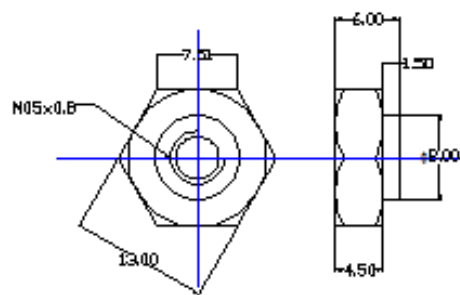
MATERIAL		Article No./Reference		
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05
		TORNILLO_M06X1X25MM		
		037-520	Edition	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



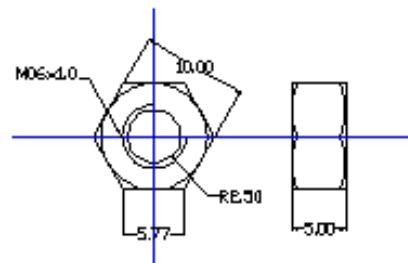
MATERIAL	PVC			Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			TRONERA_PASACABLES		
			038-520	Ed/Hon	Sheet

RevNo	Revisión note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

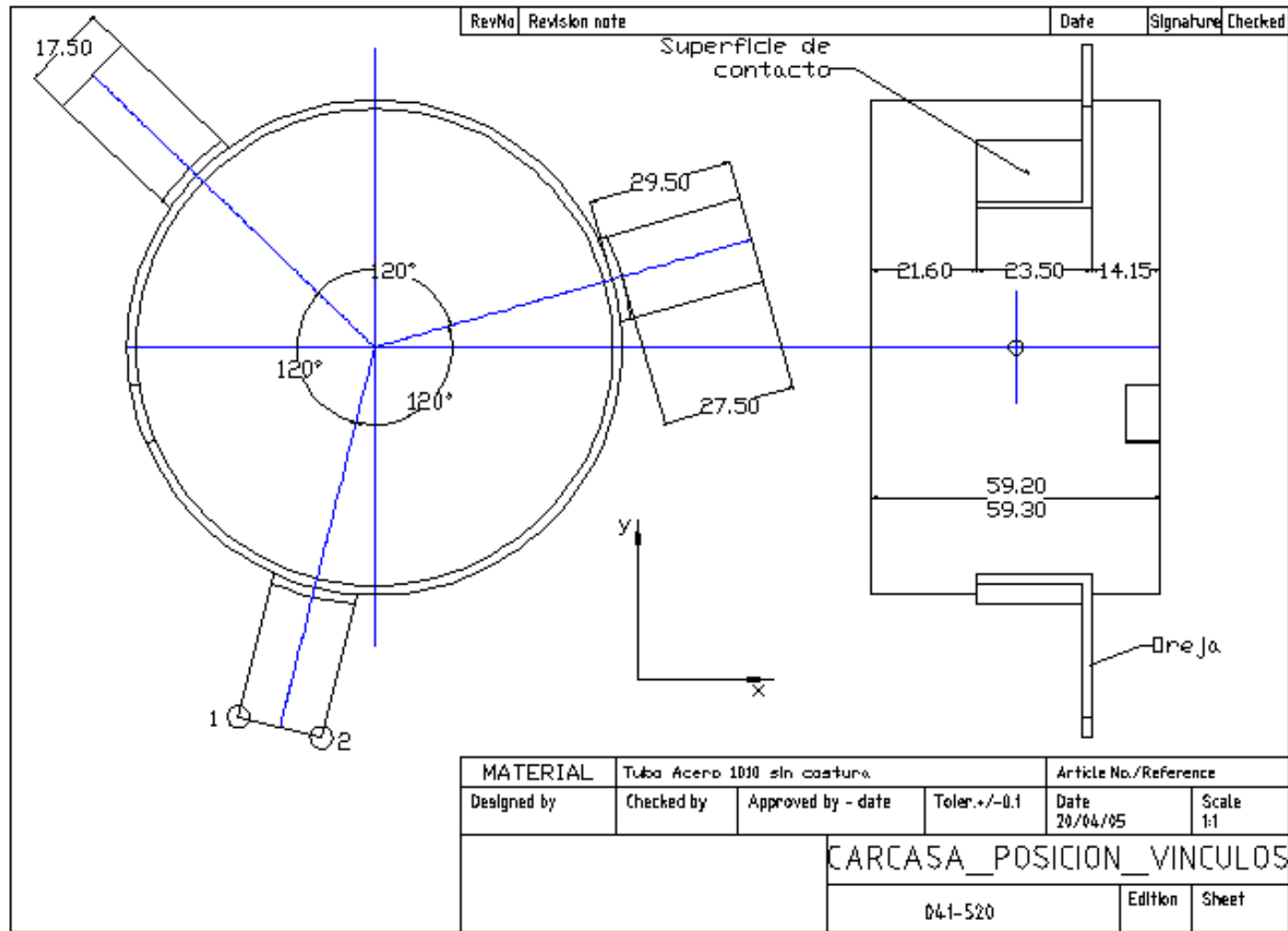


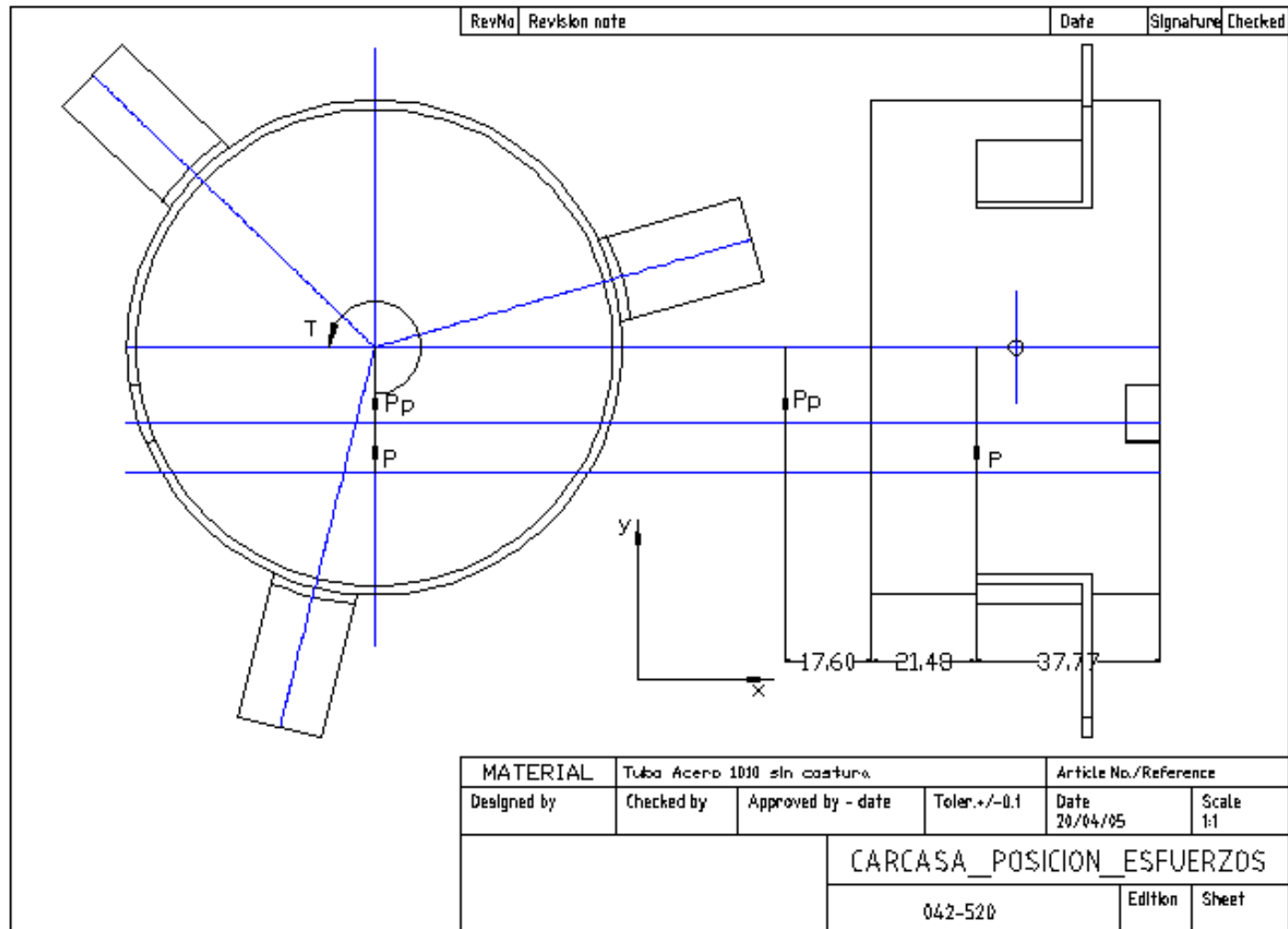
MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 20/04/05	Scale 2:1
			TUERCA_EXA_M05_PROYECCION		
			039-520	Edition	Sheet

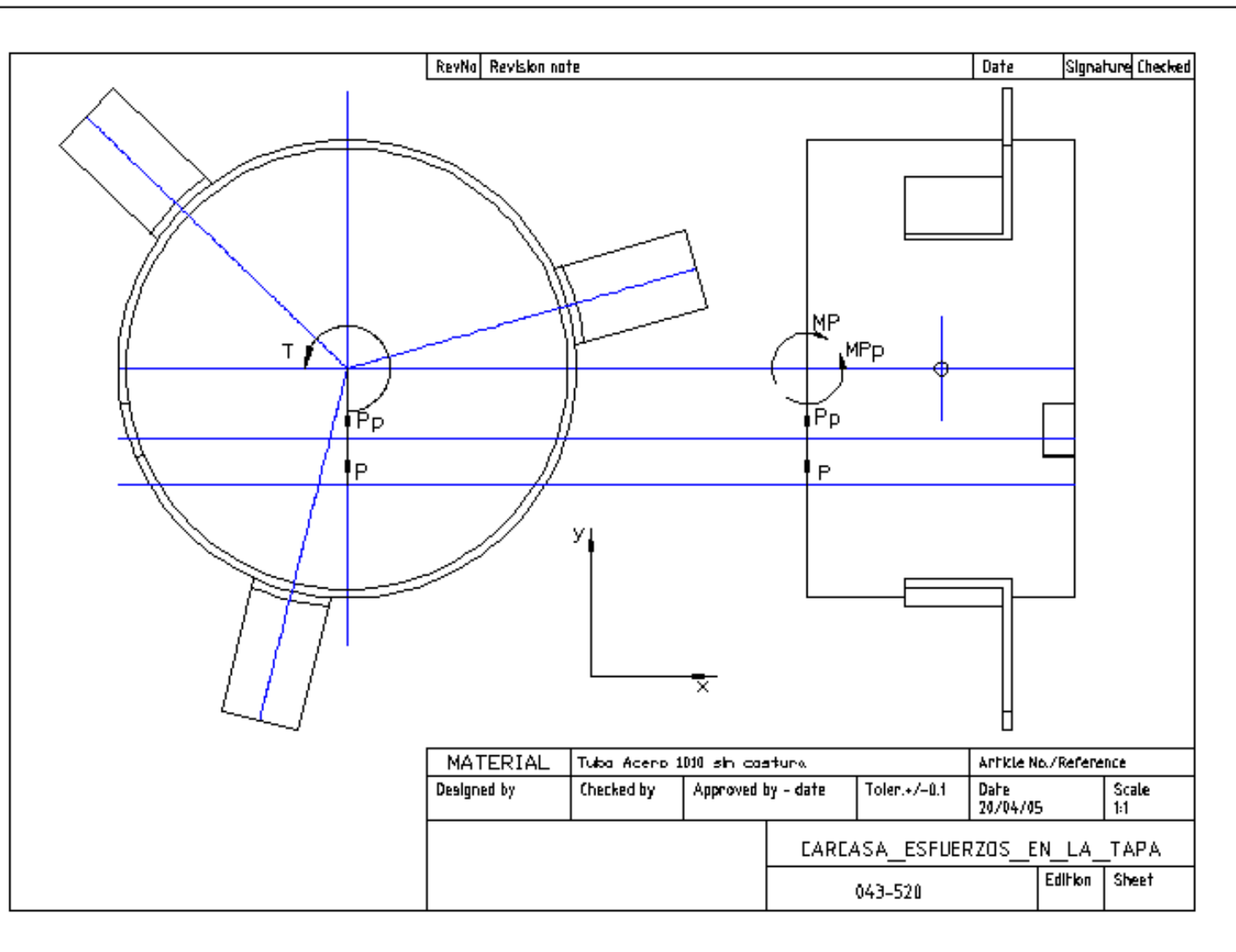
RevNo	Revisjon note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------



MATERIAL				Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	Toler. +/- 0.1	Date 28/04/05	Scale 2:1
			TUERCA_EXA_M06		
			040-520	Edition	Sheet







Apéndice

Unidades de base

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de materia	mol	mol

Unidades suplementarias

Magnitud	Unidad	Símbolo
Angulo plano	radián	rad
Angulo sólido	estereo - radián	sr

Unidades derivadas

Magnitud	Unidad	Símbolo	Equivalencias
Superficie	metro cuadrado	m ²	
Volumen	metro cúbico	m ³	
Frecuencia	Hertz	Hz	1 Hz = 1 ciclo/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³	
Velocidad	metro por Segundo	m/s	
Velocidad angular	radián por Segundo	rad/s	
Aceleración	metro por segundo al cuadrado	m/s ²	
Aceleración angular	radián por segundo al cuadrado	rad/s ²	
Fuerza	Newton	N	1 N = 1 kg m/s ²
Presión (tensión mecánica)	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
Viscosidad	metro cuadrado	m ² /s	

cinemática	por segundo		
Viscosidad dinámica	newton-segundo por metro ²	N s/m ²	
Trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	J	1 J = 1 N m
Potencia	Watt	W	1 W = 1 J/s
Cantidad de electricidad	Coulomb	C	1 C = 1 A s
Tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	Volt	V	1 V = 1 W/A
Intensidad de campo eléctrico	volt por metro	V/m	
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Conductancia eléctrica	Siemens	S	1 S = 1 Ω^{-1}
Capacidad eléctrica	Farad	F	1 F = 1 A s/V
Flujo de inducción magnética	Waner	Wb	1 Wb = 1 V s
Inductancia	Henry	H	1 H = 1 V s/A
Inducción magnética	tesla	T	1 T = 1 Wb/m ²
Intensidad de campo magnético	ampere por metro	A/m	
Fuerza magnetomotriz	Ampere	A	
Flujo luminoso	Lumen	lm	1 lm = 1 cd sr
Luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m ²	
Iluminación	Lux	lx	1 lx = 1 lm/m ²
Número de ondas	uno por metro	m ⁻¹	
Entropía	joule por Kelvin	J/K	
Calor específico	joule por kilogramo Kelvin	J/kg K	
Conductividad térmica	watt por metro Kelvin	W/m K	
Intensidad energética	watt por estéreo- radián	W/sr	
Actividad (de una fuente radiactiva)	uno por segundo	s ⁻¹	

Bibliografía

- Calculo de motores de corriente continua (Phillips)
- <http://www.vibratec.net/guestbook.html>
- http://www.electronics-cooling.com/Resources/EC_Articles/MAY96/may96_01.htm
- <http://personales.com/espana/coruna/Lito/estrlink.htm>
- <http://www.tusoftware.com/?page=demos>
- <http://www.carbonelorraine.com.br>
- Calculo de estructuras por el Método de Elementos Finitos (Eugenio Onate Ibáñez de Navarra)
- Programa de Elementos Finitos Lusas 13.4
- Programa de Elementos Finitos Abaqus (Versión Estudiantil)
- Apunte Teórico de Árboles y Ejes de la cátedra de Calculo y Elementos de Maquina
- Apunte Teórico de Embutido de la cátedra Conformado de la Chapa
- Apunte Teórico de Rodamientos de la cátedra de Calculo y Elementos de Maquina
- Manual de Rodamientos SKF
- Fricción y desgaste de contactos eléctricos (Ralph Burton, Burton Technologies Inc)
- Construcción de maquinas Eléctricas (D. Rebora)
- <http://www.carbosystem.com.ar>
- Apunte Teórico de Normas ISO 9001:2000 de la cátedra de Gestión de la Calidad

Agradecimientos

Queremos agradecer a toda la empresa Industrias Brieva por brindar sus instalaciones y materiales para el desarrollo de este trabajo. Los que conforman dicha empresa han compartido su experiencia con nosotros, en especial, Jorge Brieva, Alberto Coccimiglio, Rubén Pérez, Darío Caro y Alejandro Pichinini.

Además también agradecemos a muchos de los docentes de la facultad que nos han brindado su ayuda, Adrián Cisilino, Moncada, Gelso y Zucal.

Debemos mencionar a Mario Macri nuestro responsable de proyecto final el cual nos ha ofrecido todo su apoyo y experiencia, como así también a Claudio Dimena.

Por ultimo y no por ello menos importante agradecemos muchísimo a nuestras familias, mujeres y a los amigos, que nos han tolerado durante tanto tiempo.