

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# FACULTAD DE INGENIERÍA

# Habilitación de centro de maquinado CNC GROB en Volkswagen Planta Guanajuato

## **INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de Ingeniero Mecatrónico

**P R E S E N T A** Emanuel Avendaño Servin

# ASESOR(A) DE INFORME

M. I. Billy Flores Medero Navarro



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

A mi madre

#### Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente. Agradezco especialmente a los profesores M. I. Billy Flores y M. I. Armando Sánchez por su incondicional apoyo, disposición y guía.

A la empresa Volkswagen de México por permitirme poner en práctica mis conocimientos y desarrollar mis habilidades profesionales. Además quiero agradecer al Ing. Bernardo Acosta, Ing. César Rivera, Ing. Mireille Padilla y a Yadira Fragoso por enseñarme que el trabajo en equipo también se disfruta.

A mi madre Irma, por otorgarme la facilidad de estudiar una carrera universitaria, por no dejar de creer en mí, por estar siempre cuando te he necesitado. Gracias por tener siempre tus brazos abiertos, por levantarme de mis fracasos, por nunca rendirte y demostrarme la razón de vivir, y principalmente por tu amor infinito.

A mi padre Jorge, por enseñarme que la vida no es fácil y a pesar de ello, tener la fuerza para superar las adversidades. Te agradezco por estar en las etapas más importantes de mi vida y, sobre todo, por demostrarme tu cariño.

A mi abuela Toña por recordarme toda la vida, por cuidarme y protegerme.

A mis primos Edgar, Alejandro, Lalo, Lauris, Ere, Paco, Omar y Nachito por demostrar que somos familia a pesar de los obstáculos.

A mis sobrinos Omar, Bryan, Cristian, Leslie, Michelle, Alondra, Michelle Green y Joselyn por regalarme un pedacito de su alegría.

A mis tíos Carlos, Miguel, Gema, Juan, Laura, Alfredo y Silvia, por su apoyo y los buenos momentos que me brindaron.

A Perlita por acompañarme durante 5 años en una de las etapas más importantes de mi vida, por enseñarme a disfrutar de los pequeños momentos, por hacerme reír, por creer en mí, por demostrarme el cariño incondicional todos los días, por hacerme crecer emocional y profesionalmente, por enseñarme a amar y a ser feliz. Además quiero agradecer al Sr. Arturo, a la Sra. Obdulia, a Iván, a Nacho y a Nina, por su apoyo, por abrirme las puertas de su casa y considerarme parte de su familia.

A Juan Carlos, Erick, Rafa y Mario, por regalarme horas, días y años de su valiosa amistad, por reír y disfrutar de momentos que en mi recuerdo vivirán.

A los *Panes*: Ale, Raúl, Pablo, Isma y Toño, por hacer los años de la universidad una gran aventura.

A los *Re-Boot*: Germán, Ricardo, Valentín y Gaby, por brindarme su amistad y momentos de alegría.

A Ulises y Peque, por no dejarme rendir al inicio de la carrera e impulsarme a seguir adelante.

A los *Practicantes*: Diana, Alex, Sergio, Dennise, Luis Diego, Fredy, Gallo y Adrián, por su amistad y compañía en el inicio de mi vida profesional.

A Ale, por enseñarme que no hay reto lo suficientemente grande que no se pueda superar, además de darme su amistad en esos pequeños momentos.

## Índice

1	Intro	Introducción		
2	Descripción de la empresa			
	2.1	Breve historia de la empresa	2	
		<ul><li>2.1.1 Volkswagen</li><li>2.1.2 Volkswagen de México</li><li>2.1.3 Volkswagen Planta Guanajuato</li></ul>	2 3 4	
	2.2	Descripción del puesto de trabajo	4	
3	Activ	<i>v</i> idades	5	
	3.1	Habilitación de centro de maquinado CNC GROB G4182	5	
		<ul> <li>3.1.1 Antecedentes</li></ul>	5 6 8 11	
	3.2	Habilitación de tableros neumático y eléctrico	12	
		<ul> <li>3.2.1 Antecedentes</li> <li>3.2.2 Definición del problema</li> <li>3.2.3 Metodología utilizada</li> <li>3.2.4 Resultados</li> </ul>	12 16 16 17	
4	Actividades Secundarias			
	4.1	Theory Of Constrains (TOC)	18	
	4.2	Shop Floor Management (SFM)	18	
5	Con	Conclusiones		
6	Bibli	Bibliografía 2		
7	Ane	Anexos 2		

#### 1. Introducción

En la búsqueda de obtener experiencia profesional en la industria automotriz, se me presentó la oportunidad de desarrollar un proyecto en Volkswagen, el cual me permitió aplicar los conocimientos obtenidos durante la carrera y así adquirir una visión más amplia del funcionamiento de una empresa a nivel mundial.

Cabe mencionar que para ser partícipe de estos proyectos fue necesario pasar los diferentes filtros de selección, como exámenes psicométricos, de idioma y entrevistas competitivas con recursos humanos y especialistas encargados del proyecto.

Una vez aceptado, desarrollé mi labor a partir del 3 de julio de 2017 al 12 de enero de 2018 (6 meses), tiempo en el que se presentaron diferentes retos que lograron ser superados a partir de las prácticas y conocimientos adquiridos como estudiante de ingeniería mecatrónica en la Facultad de Ingeniería.

La actividad principal que desarrollé durante mi estadía en la empresa fue la habilitación del centro de maquinado CNC GROB G4182 y la creación de un manual "Usuario - Máquina" con el objetivo de permitir a los especialistas de *Lean Manufacturing* impartir cursos a técnicos de nuevo ingreso.

Por otro lado, también llevé a cabo la habilitación de los tableros neumático y eléctrico para mejorar el conocimiento básico de técnicos por medio de la práctica en las áreas neumática y eléctrica.

En el presente escrito se detalla el proyecto profesional realizado, el cual se divide en cuatro secciones. En la primera se da un breve relato histórico de la empresa en el mundo y en México, así como una breve descripción del puesto de trabajo. A lo largo de la segunda y tercera sección se detallan las actividades principales realizadas en el periodo mencionado con anterioridad. Por último, en la cuarta sección se explican las actividades secundarias enfocadas a sistemas de producción.

#### 2. Descripción de la empresa

#### 2.1 Breve historia de la empresa

#### 2.1.1 Volkswagen

Volkswagen se fundó el 28 de mayo de 1937 y actualmente la sede principal se encuentra en Wolfsburg, Alemania. La empresa surgió por la necesidad de contar con un vehículo accesible para todas las familias alemanas, "El auto del pueblo" (de sus siglas en alemán *Volkswagen*). Las características que el auto debió cumplir son "Los tres 100": al alcanzar los 100 km/h, al tener un rendimiento de 100 km por cada 7 L y costar menos de 100 marcos (moneda del imperio alemán, durante la primera guerra mundial).

En 1933, Ferdinand Porche fue elegido para realizar el proyecto de diseño de un vehículo sencillo, eficiente y barato (proyecto llamado "*Volksauto*"). Los años siguientes, durante la Segunda Guerra Mundial, Volkswagen se enfocó en la producción de autos militares, los cuales fueran resistentes a los diferentes climas y superficies a los que fueran sometidos. Al término de la Segunda Guerra Mundial Volkswagen quedó bajo la administración inglesa entre los años 1945 y 1948, hasta que en el año 1949 la cedieron a la República Federal Alemana.

En la década de los 60's, Volkswagen, con su automóvil estrella nombrado en una exposición en Nueva York como "Escarabajo" por su peculiar diseño, se consolidó en el mercado mundial al expandirse en el continente europeo y americano (en países como Canadá, Estados Unidos, México y Brasil). De esta manera se posicionó como el tercer fabricante más grande del mundo por detrás de Ford y General Motors.

Entre 1970 y 1990 se expandió la línea de productos de la marca, con modelos emblemáticos como el Golf, Cabriolet, Scirocco, Atlantis, Jetta, Caddy, Polo, Passat y la Combi.

Para la última década del siglo XX y principios del XXI, Volkswagen abrió su producción y venta de automóviles por el mundo, donde se estableció en cada

continente para abarcar mercados potenciales. Hoy en día algunas manufactureras y ensambladoras se encuentran además de Alemania en países como México, Estados Unidos, Eslovaquia, China, India, Indonesia, Rusia, Malasia, Brasil, Argentina, Portugal, España, Polonia, República Checa, Kenia y Sudáfrica. Para el año 2011 Volkswagen fue nombrada "*Top 25 largest companies*" por *Forbes Global 2000*. Volkswagen, además de colocarse entre las empresas más grandes del mundo, creó "Grupo Volkswagen" el cual está conformado por marcas como Audi, Seat, Porsche, Lamborghini, Bentley, Bugatti, Scania, Man, Skoda, Ducati y Volkswagen Vehículos Comerciales.

#### 2.1.2 Volkswagen México

El primer acercamiento de la empresa Volkswagen a México fue a través de una exposición en marzo de 1954, donde se presentaron los primeros modelos de la marca. Ésta se llamó "Alemania y su industria" y fue celebrada en las instalaciones de Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México. Para junio del año 1965 inició la construcción de la Planta de Volkswagen de México, en Puebla.

Después de dos años empezaron las pruebas de producción del modelo Sedan (conocido en México como Vocho o Vochito), y así fabricar su primer automóvil en Planta Puebla, en octubre de 1967. Por otro lado, se fabricaron modelos importantes para la marca como Safari, Combi, Brasilia y Caribe en los años 70's, así como Golf, Derby y Beetle para la década de los 90's.

En julio de 2003 se dio por terminada la fabricación del emblemático modelo Sedan en la planta de Puebla con más de cinco millones de unidades y veintiún millones y medio alrededor del mundo. Esto le abrió paso para la llegada de nuevos modelos a producir en los siguientes años como el Jetta y el Tiguan. Volkswagen de México celebró el 13 de agosto de 2013 la producción de 10 millones de automóviles y 11 millones de motores, para así seguir consolidándose en el mercado mexicano con más de 50 años como una empresa sólida, generadora de aproximadamente 15,000 empleos hoy en día y un futuro prometedor en el país.<sup>1</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> <u>http://www.volkswagenmx.com/es/mundo-volkswagen/historia.html</u> consultado el 26 de junio de 2018.

#### 2.1.3 Volkswagen Planta Guanajuato

En enero de 2011 dio inicio la construcción de la nueva planta de motores de Volkswagen de México, en Silao, Guanajuato, siendo ésta la número 100 del consorcio. En ella se surten motores de última generación TSI (*Turbo Stratified Injection* – Inyección Turbo Estratificada) a las plantas de Volkswagen Puebla y Chatanooga en Estados Unidos, con una producción anual de 330 mil motores. Para enero de 2013 dio inicio la producción de la planta con el motor modelo EA888 a 1.8L y 2.0L.<sup>2</sup>

#### 2.2 Descripción del puesto de trabajo

El puesto de trabajo surgió a partir de la necesidad de habilitar el centro de maquinado CNC GROB G4182 ubicado en escuela *Lean Center*, perteneciente al área de *Lean Manufacturing* de la gerencia de *BetriebsManagement (Ver Fig. 1)*.

El perfil requerido para el desarrollo del proyecto debió contar con el conocimiento en maquinaria CNC, código G y M, CAD-CAM, electrónica y mecánica. Además de contar con habilidades de trabajo en equipo, liderazgo, facilidad de comunicación, toma de decisiones y manejo del idioma inglés.

Cabe mencionar que los conocimientos y habilidades solicitados por la empresa se cubrieron en su totalidad para así dar inicio al proyecto antes mencionado.



Fig. 1. Organigrama.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> <u>http://www.volkswagenmx.com/</u> consultado el 26 de junio de 2018.

#### 3. Actividades

#### 3.1 Habilitación de centro de maquinado CNC GROB G4182

#### 3.1.1 Antecedentes

El centro de maquinado GROB modelo G4182 (Ver Fig. 2) es una máquina de control numérico asistido por computadora, la cual está diseñada para la manufactura de piezas prototipo hasta moldes complejos de alta precisión que pueden ser de distintos tipos materiales, desde plásticos hasta aceros. Esto es posible gracias a que cuenta con un sistema mecanizado de 5 grados de libertad, tres de ellos de manera longitudinal y dos más rotacionales. Asimismo este centro de maquinado permite la producción de pequeña a gran escala.<sup>3</sup>



Fig. 2. Centro de maquinado CNC GROB G4182. (Foto: Emanuel Avendaño)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> <u>http://www.grobgroup.com/en/product-lines/universal-machining-centers.html</u> consultado el 13 de marzo de 2018.

El equipo fue obtenido en el año 2011 por Volkswagen Planta Guanajuato, con la finalidad de capacitar al personal en el área de maquinado asistido por computadora. En 2012 se trasladó a la sede de Volkswagen en Puebla para usos de producción. Finalmente en año 2014 regresó a Guanajuato para continuar con el proyecto.

Cabe mencionar que en el momento de la compra del equipo, éste no se encontraba en óptimas condiciones, ya que, presentaba evidencias de un uso previo. Por ésta y otras razones, como la falta de mantenimiento, se halló una serie de problemas que consistían principalmente en una falla en el depósito y en la bomba de aceite; la perforación de una membrana en el acumulador hidráulico de nitrógeno; y errores en el sistema operativo.

#### 3.1.2 Definición del problema

A continuación se describirán las fallas encontradas tanto en el sistema hidráulico como en el sistema operativo.

#### a) Sistema hidráulico

Debido a un mensaje de error mostrado en la pantalla del panel del operador, se revisó el sistema hidráulico (Ver Fig. 3). Éste indicaba la falta de presión al iniciar algún movimiento en los ejes de trabajo, por lo cual, se procedió a la revisión del depósito y la bomba de aceite, además de conexiones de tuberías del sistema. Se encontró la tapa del depósito fuera de posición, así como la falta de tornillos y de empaques. Se consideró que esta falla fue ocasionada por un mantenimiento deficiente previo, determinando la inexistencia de hermeticidad en el depósito, lo que provocaba la fuga de aceite al momento de inicio del sistema.

Por otro lado, para la revisión del sistema, se recomendó por parte de especialistas en mantenimiento de la empresa verificar la presión en el acumulador hidráulico de nitrógeno. Éste se conforma por una membrana plástica (también llamada vejiga) protegida por una carcasa cilíndrica de metal, la cual se encarga de la regulación de presiones necesitadas por la máquina.

Se logró detectar la inexistencia de presión en la membrana, por lo que se determinó una falla en la misma, principalmente ocasionada por una perforación o una fuga en la válvula.



Fig. 3. Sistema hidráulico (acumulador hidráulico de nitrógeno, bomba y depósito de aceite).

### b) Sistema operativo SIEMENS, SINUMERIK 802D sl Milling, versión 1.4

Al encender la máquina por primera vez, se detectó un mensaje de error por falla de secuencia de apagado; se determinó que este problema se originó a partir de un mal uso por parte del personal que interactuaba con el maquinado. El sistema se apagaba frecuentemente con el interruptor principal y no se permitía que se completara el ciclo de apagado. Esto provocó una falla en el disco duro de la computadora, y a su vez, la pérdida de información del sistema operativo y programas existentes.

#### 3.1.3 Metodología utilizada

Para la resolución de las fallas mencionadas con anterioridad se prosiguió de la siguiente manera.

a) Sistema hidráulico

Al haber determinado las fallas presentes, se desensambló el acumulador hidráulico de nitrógeno (Ver Fig.4)<sup>4</sup> al aflojar la tuerca de reducción con ayuda de una llave española de 2". Con esto se logró el acceso al depósito de aceite, el cual presentaba una falla en la tapa ya que estaba sujeto con un solo tornillo en lugar de cuatro, lo que ocasionaba la falta de hermeticidad al momento del aumento de presión y permitía el escape de aceite.

Para comprobar que la bomba de aceite no presentara falla alguna, se retiró la tapa del depósito y se hizo funcionar de manera independiente al conectarla a una fuente de voltaje externa. A partir de esto, se determinó que la falla se presentaba únicamente en la tapa del depósito, como ya se mencionó.

Posteriormente se prosiguió con la revisión de presión del acumulador hidráulico por medio de un manómetro en la válvula de la membrana, el cual arrojó un resultado de 0 [Bar]. Esto indica la ausencia de nitrógeno por una fuga, por lo tanto se procedió a retirar la membrana dentro del contenedor cilíndrico, al quitar el capuchón de protección y la tuerca de retención con ayuda de una llave española de 2" en la parte superior del acumulador.

Al analizarla individualmente se encontró una perforación causada por el desgaste de uso.





<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Imagen tomada de <u>http://oleohidraulica.hydrenindustry.com/recomendaciones-y-parametros-</u> <u>de-trabajo-para-acumuladores-oleohidraulicos/</u> consultado el 9 de abril de 2018.

Para realizar el cambio de los componentes faltantes y dañados, fue necesario tramitar una carta de requerimientos<sup>5</sup>; a partir de ésta se buscaron en la base de datos del almacén para determinar su existencia y así proceder a la obtención de la firma de autorización del gerente de área (*BetriebsManagement*).

Una vez obtenido el material solicitado (4 tornillos de cabeza hexagonal de 1/4" x 2", juntas herméticas de tapa de depósito de aceite, y membrana para el acumulador hidráulico de 2.5 [L]), se continuó con el ensamble del acumulador hidráulico. Para ello se insertó la membrana al contenedor cilíndrico atornillando la tuerca de retención, seguido por el llenado del acumulador por al menos 2 [L] de nitrógeno, a una presión de 300 [Bar].

Finalmente, se realizó la revisión y el llenado del nivel de aceite del depósito, se ensamblaron las juntas herméticas y la tapa por medio de 4 tornillos, para así colocar el acumulador hidráulico utilizando la tuerca de reducción.

#### b) Sistema operativo SIEMENS, SINUMERIK 802D sl Milling, versión 1.4

Al determinar la falla del disco duro, se procedió a realizar un backup<sup>6</sup> por medio de una computadora externa y así restaurar la información almacenada del mismo. Debido al daño físico del componente, no se logró cumplir con el objetivo y fue inevitable la pérdida del toda la información.

Por lo tanto, se necesitó realizar el cambio del disco duro, el cual se solicitó en almacén por el proceso de carta de requerimiento mencionado con anterioridad. Las características del componente a sustituir, se determinaron por la unidad antes instalada (disco duro Toshiba SATA de 1 [TB] a 7200 [rpm]) para no tener un cambio de modelo o capacidad y así evitar errores de compatibilidad del sistema, además de asegurar existencia en almacén.

Por otro lado, al perderse la información del sistema operativo y códigos de programación de maquinados, se requirió contactar al proveedor, ya que, cuentan

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Una carta de requerimientos se entiende como un documento en el que se especifica la cantidad y el tipo de componentes necesitados.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Un Backup se comprende por la realización de una copia de seguridad de información almacenada.

con todas las versiones de softwares de sus máquinas. Para esto, fue necesaria la elaboración de una solicitud vía correo electrónico en la que se comentó la situación de la CNC y el requerimiento del sistema operativo, el cual definieron a partir del modelo de centro de maquinado (G4183).

Se descargó el sistema operativo por medio de un link en internet autorizado por la compañía GROB. Cabe mencionar que el maquinado trabaja con un software SIEMENS, SINUMERIK 802D sl Milling - versión 1.4.

Al tener el componente físico, así como el sistema operativo, se prosiguió con la instalación de ambos. Esto fue realizado por técnicos especialistas de la compañía quienes realizaron un backup del sistema para evitar en un futuro la pérdida de información.

#### c) Pruebas de funcionamiento

Por último, para la detección de la existencia de algún otro problema presente en la máquina, se realizaron pruebas de funcionamiento únicamente en los ciclos de encendido, calentamiento y apagado.

Más adelante se crearon programas en código G para la manufactura de probetas y con esto se determinó el centro máquina, los máximos avances entre los cinco ejes de trabajo, la vida útil y los *offset* de la herramienta contenida en el almacén de la máquina.

Por otro lado, se realizó un manual usuario-máquina (ver Anexo 1), en el cual se explica detalladamente el manejo correcto de la máquina. En éste se habla del centro de maquinado CNC, *layout*<sup>7</sup>, equipo de protección, encendido, calentamiento y apagado. También, se explicaron los fundamentos básicos de la programación de control numérico (código G y M) en los que se definen los sistemas de coordenadas de la pieza de trabajo; agregar o quitar herramienta de almacén; offset de herramienta y área de trabajo; operaciones de control manual del sistema; selección e inicio de programas; código G y M; selección de plano de trabajo; dimensión

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Layout se entiende como el área de distribución de componentes de un sistema.

absoluta o incremental; unidades de dimensión; movimiento en ejes; interpolaciones, entre otros. En este manual también se anexaron los códigos realizados para la prueba de funcionamiento del maquinado, así como las medidas de seguridad, limpieza y registro del mantenimiento especificado por el proveedor.

Por último se realizó una tabla TPM<sup>8</sup> del centro de maquinado para el control de averías que pudieran presentarse al utilizar el equipo.

#### 3.1.4 Resultados

Se realizó la habilitación del centro de maquinado al completar el mantenimiento correctivo del sistema hidráulico y del sistema operativo, lo cual permitió el funcionamiento correcto del mismo para el desarrollo de cursos impartidos por especialistas en *Lean Manufacturing* de la empresa.

Por otro lado se elaboró un manual "usuario-maquina" que servirá como material de apoyo para la correcta interacción del personal con el sistema y a su vez, tener un control de mantenimiento adecuado. Esto es con el objetivo de evitar fallas futuras que requieran de un mantenimiento correctivo, el cual generaría un costo mayor.

Es importante mencionar que en Abril del 2017 se llevó a cabo una cotización para la habilitación del centro de maquinado directamente con el proveedor (GROB – Querétaro) con un costo de 10,720.00 USD (Ver Fig. 1 de Anexo 2). Por esta razón, la empresa determinó conveniente la contratación de un practicante profesional que cumpliera con el perfil necesario para realizar la actividad mencionada con anterioridad, ya que, el costo aproximado de éste es de 2,500.00 USD, generando un ahorro de 8,220 USD.

Por último, además de obtener un ahorro de capital por parte de la empresa, se adquirió experiencia profesional por parte del practicante y así dar la oportunidad de integración a la industria automotriz.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> TPM (por sus siglas en inglés "Total Productive Maintenance") se entiende por el mantenimiento total productivo, el cual se utiliza para la revisión constante de un sistema, para la realización del mantenimiento preventivo de ser necesario y evitar el mantenimiento correctivo.

#### 3.2 Habilitación de tableros neumático y eléctrico

#### 3.2.1 Antecedentes

Los tableros neumático y eléctrico, fueron donados por la planta Volkswagen Puebla en 2011, ya que éstos se utilizan para la capacitación de los técnicos que trabajan con maquinaria que cuente con sistemas eléctricos y neumáticos.

#### a) Tablero neumático

El tablero (Ver Fig. 5) consta de actuadores como pistones (cilindros) de simple y doble efecto, actuador semi-giratorio, válvulas y ventosas; mientras que, por la parte de sensores tenemos los de posición (magnéticos) y los de finales de carrera.

Éste se divide en dos secciones, la primera (Ver Fig. 6) consta de un circuito que realiza la interacción entre 3 tipos de botones (normalmente abierto, normalmente cerrado y auto-enclavado), los cuales tienen una conexión con válvulas, seguido de 3 pistones con características diferentes (simple efecto y doble efecto). La segunda sección (Ver Fig. 7) se trata de un circuito en el que, por medio de dos pistones de doble efecto, una ventosa, un motor semi-giratorio y sensores de posición magnéticos, se transporta una pelota de unicel hasta realizar un ciclo completo.



Fig. 5. Tablero Neumático. (Foto: Emanuel Avendaño)



Fig. 6. Botones y actuadores.



Fig. 7. Circuito Pelota.

#### b) Tablero eléctrico

El tablero eléctrico (Ver Fig. 8) está conformado por dos secciones, la primera (Ver Fig. 9) trabaja con un voltaje de 440 [V] en corriente alterna. Este circuito se conforma por la conexión de 3 interruptores termomagnéticos (también llamados de pastilla), seguido por un relevador de 3 líneas, un control a 24 [V] en corriente directa y un switch para activar el motor.

En la segunda sección (Ver Fig. 10) se trabaja con un voltaje de 24 [V] en corriente directa, éste se encuentra generado por una fuente alimentada a 440 [V] en corriente alterna. El circuito que encontramos en esta sección se conforma por la fuente antes mencionada, 3 sensores inductivos y uno fotoeléctrico, 3 botones (normalmente abierto, normalmente cerrado y autoenclavado) y un foco.

La interacción entre las dos secciones es a partir de la generación de una señal en algunos de los sensores inductivos. Ésta tendrá una conexión con su botón correspondiente a partir de su posición y al presionar el mismo, permitirá que la señal active el relevador encargado del control de la energización del motor.

El encendido cuenta con 3 etapas de seguridad, conformado por los interruptores termomagnéticos, el relevador y el switch de encendido. No obstante, se cuenta con un interruptor de paro de emergencia entre la fuente de 24 [V], los interruptores termomagnéticos y la línea principal.



Fig. 8. Tablero Eléctrico. (Foto: Emanuel Avendaño)



Fig. 9. Circuito motor.



Fig. 10. Botones, sensores y fuente.

#### 3.2.1 Definición del problema

A continuación se describirán las fallas encontradas tanto en el tablero neumático como en el eléctrico.

#### a) Tablero neumático

El tablero neumático presentó desconexiones entre sus actuadores y la línea principal debido a la manipulación de éstos con anterioridad, además del desgaste de indicadores y suciedad.

#### b) Tablero eléctrico

En el caso del tablero eléctrico, se encontraban desconexiones de actuadores y sensores del circuito, además de desgaste en indicadores y suciedad.

#### 3.2.2 Metodología utilizada

#### a) Tablero neumático

La habilitación de este tablero consistió en determinar la función de los circuitos neumáticos, con ello se procedió a realizar el diagrama de conexión por medio del software *FluidSIM Pneumatics Versión 4.2* para simular el funcionamiento del sistema (Ver Fig. 1 y 2 de Anexo 3). Al tener determinadas las conexiones pertinentes, se procedió a conectarlas físicamente en el tablero. En un principio, el circuito de transporte de pelota no completó su ciclo por la falla de un sensor de posición magnético, sin embargo, cuando éste fue sustituido, el ciclo no presentó problemas.

Al tener en funcionamiento el tablero neumático, se ajustaron presiones en actuadores a 6 [Bar], lo cual permitió un funcionamiento del sistema de manera eficiente.

#### c) Tablero eléctrico

En el caso del tablero eléctrico, se tuvo que modificar el circuito del motor por seguridad de los usuarios, ya que se manejan altos voltajes entre 256 [V] y 400 [V] a 30 [A] en corriente alterna.

Por lo tanto, se modificó el circuito (Ver Fig. 3 de Anexo 3), esto consistió en conectarlo por debajo del tablero, lo cual requirió la perforación del mismo para así evitar el contacto del usuario con los cables de alta tensión.

Por otro lado, en el caso de los sensores inductivos no se contaban con los conectores, estos se tuvieron que pedir al almacén por medio de una carta de requerimiento, además de tubería de plástico para ocultar y proteger las conexiones por debajo del tablero.

Por último, se realizaron las conexiones pertinentes del circuito, teniendo en cuenta que la primera sección trabaja con corriente alterna a 440 [V] y la segunda en corriente directa a 24 [V]. En las dos secciones se realizaron pruebas de funcionamiento por separado con ayuda de un multímetro, al tenerlas trabajando correctamente se conectaron por medio de un relevador el cual permite el paso de la línea trifásica y es controlado por un voltaje a corriente directa (Ver Fig. 3 de Anexo 3). Éste no presentó ninguna falla, permitiendo el uso del sistema completo de manera exitosa.

#### 3.2.3 Resultados

Se realizó la habilitación de los tableros neumático y eléctrico, los cuales serán utilizados para la implementación de cursos de capacitación por especialistas en *Lean Manufacturing,* esto con el objetivo de mejorar los conocimientos básicos en la neumática y electricidad utilizada en la maquinaria de la empresa.

Por otro lado, en el tablero eléctrico se mejoró la seguridad del usuario, ya que éste no tiene contacto directo con la línea de alta tensión, sólo con voltajes y corrientes que no pongan en peligro su integridad.

Por último se mejoró la presentación visual, a partir de la limpieza de los tableros, se cambiaron los indicadores de sensores y actuadores; y también se protegieron las conexiones encontradas por debajo de los tableros (Ver Fig. 4, 5 y 6 de Anexo 3).

#### 4. Actividades secundarias

#### 4.1 Theory Of Constraints (TOC)

TOC, por sus siglas en inglés "*Theory Of Constraints*" (Teoría de Restricciones), se refiere a los indicadores del proceso que muestran los costos mensuales por materia prima, herramienta, gasto eléctrico de la maquinaria y desecho. A partir de éste, se desarrolla un balance general de costo-beneficio para determinar las acciones correctivas con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema de ser necesario.

Se desarrolló un manual de llenado e interpretación del TOC, ya que no se contaba con la guía necesaria para ser utilizado por los nuevos especialistas en *BetriebsManagement*.

Por otro lado, se realizó el llenado de este indicador durante 4 meses y además se capacitó al nuevo especialista del área.

#### 4.2 Shop Floor Management (SFM)

SFM, por sus siglas en inglés "Shop Floor Management" (Gestión de Planta), se le conoce a los indicadores que muestran día a día las fallas presentes en la línea de manufactura y el tiempo perdido durante el mantenimiento y el reinicio de la línea de producción. Al detectar estas fallas, se realiza un proceso de análisis para evitar en un futuro la repetitividad de las mismas. También, se debe llevar a cabo un seguimiento durante varias semanas definidas por los especialistas en calidad.

Por otro lado, en este indicador se muestra información de control por cada línea de producción como la asistencia por turno, el reporte hora por hora de piezas manufacturadas o ensambladas, las calificaciones de auditorías, las rotaciones de puestos de trabajo, entre otros.

En este caso se realizó la revisión diaria durante 2 meses del llenado correcto y completo de los indicadores por cuestiones de calidad. Asimismo se brindó asesoría a los técnicos de las líneas de producción.

#### 5. Conclusiones

En tanto a los objetivos planteados en el proyecto profesional, se cumplieron de manera exitosa al realizar la habilitación del centro de maquinado, así como de la creación de un manual "Usuario - Máquina". En una primera instancia, se había pensado en sólo integrar funciones de encendido, apagado y calentamiento, sin embargo, se lograron desarrollar más temas relacionados con programación de control numérico, mantenimiento total preventivo y cambio de herramienta.

Por otro lado, el proyecto presentó un ahorro aproximado a los 8,000 USD para la empresa, así como el desarrollo de actividades que no se tenían contempladas, dando así una ganancia extra para la misma. Estas actividades se conforman por la habilitación de tableros neumático y eléctrico, análisis y seguimiento de tableros de producción como el *TOC* y *Shop Floor Management.* 

Por lo tanto, el desarrollo profesional obtenido durante los 6 meses, me brindó el sentido y la forma de trabajo en la industria automotriz, en el cual enfoqué los conocimientos obtenidos en la Facultad de Ingeniería por materias como "Automatización Industrial" para la programación de PLC s y manejo de sistemas electroneumáticos, "CAD-CAM" para el diseño y manufactura en centros de maquinado CNC, así como, "Sistemas de Manufactura Flexible" para el manejo de líneas de producción, entre otras. Esto me dio la certeza de poder realizar proyectos o actividades enfocadas a la ingeniería y asimismo estar preparado para ello.

Cabe mencionar que alumnos de la Universidad Nacional Autónoma de México se encuentran en un nivel competitivo para la industria nacional e internacional. Sin embargo, a partir de mi experiencia, logré notar algunas deficiencias importantes, como la falta de enseñanza del idioma inglés, alemán o japonés por parte de la Facultad de Ingeniería, ya que, a pesar de contar con el Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE), no se da abasto a todos los solicitantes para alguna de estas lenguas importantes en la ingeniería, por lo tanto, es prudente brindarse clases de los idiomas antes mencionados y de ser posible, que sean de carácter obligatorio. También considero importante mejorar la logística grupal para materias como Sistemas de Manufactura Flexible, Automatización Industrial y CADCAM, las cuales presentan problemas de cupo en cada inicio de semestre, ya que es esencial fortalecer el conocimiento de los alumnos en estas asignaturas para la industria.

Por último, es primordial el apoyo administrativo por parte de la universidad, así como de profesores de asignatura el generar un interés mayor en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería a terminar su desarrollo académico en la industria, ya que esto facilitaría el proceso de cambio entre ser estudiante e ingeniero.

### 6. Bibliografía

- Sánchez Juárez, Guillermo, *Trabajo profesional en Volkswagen de México*, Proyecto de informe de ejercicio profesional para obtener el grado de Ingeniero Electricista, Facultad de Estudios Superiores Aragón: UNAM, 2007, 62pp.
- Mora Jurado, Carlos, *La industria automotriz en México: el caso de la empresa Volkswagen,* Tesis para obtener el grado de licenciado en Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales: UNAM, 2000, 155pp.

### Recursos electrónicos

- [1] Mundo Volkswagen, Historia. Consultado: (Junio 2018). [Online]. Disponible en: <u>http://www.volkswagenmx.com/es/mundo-volkswagen/historia.html</u>
- [2] Planta Guanajuato, Historia. Consultado: (Junio 2018). [Online]. Disponible en: <u>http://www.volkswagenmx.com/</u>
- [3] GROB, Centros de mecanizado universal. Consultado: (Marzo 2018). [Online]. Disponible en: <u>http://www.grobgroup.com/en/product-lines/universal-machining-centers.html</u>
- [4] Acumulador hidráulico, Imagen. Consultado: (Abril 2018). [Online]. Disponible en: <u>http://oleohidraulica.hydrenindustry.com/recomendaciones-y-parametros-de-trabajo-para-acumuladores-oleohidraulicos/</u>

7. Anexos

ANEXO 1 Manual

# Planta Guanajuato

# Betriebsmanagement

# Manual interno de funcionamiento

# **GROB – GM 4182**



## INDICE

I.	Introducción	3
II.	Layout	5
III.	Equipo de protección	6
IV.	Sistema de coordenadas	6
V.	Encendido de máquina	7
VI.	Rutina de calentamiento	8
VII.	Apagado de máquina	10
VIII.	Sistema de coordenadas de pieza de trabajo	11
IX.	Agregar herramientas y definir offsets	12
Х.	Determinación de offset de herramienta manualmente	14
XI.	Determinación de offset de área de trabajo	15
XII.	Operaciones de control manual	15
XIII.	Selección e inicio de programas	17
XIV.	Fundamentos básicos de programación NC	17
XV.	Selección de plano	21
XVI.	Dimensionando absoluto/incremental	22
XVII.	Unidades de dimensión milímetros/pulgadas	23
XVIII.	Movimiento en ejes	23
XIX.	Interpolación circular	24
XX.	Interpolación de hélice	26
XXI.	Cuerdas internas	27
XXII.	Notas	28
XXIII.	Bibliografía	28
XXIV.	Anexos	29

### I. INTRODUCCIÓN

Un centro de control numérico (CNC), está conformado por un sistema mecanizado automático, el cual es controlado por programación flexible, también llamado código GM.

Este modelo cuenta con 5 grados de libertad por medio de ejes que actúan para la manufactura de piezas. Por otro lado, se tienen 40 alojamientos disponibles para husillos portaherramientas en el almacén.



Fig. 1 Centro de maquinado.



Fig. 2 Portaherramientas.

En el caso del sistema de control interno, en todo momento la máquina realiza un sensado de posición de los ejes y el límite de espacio máximo en el cual trabaja. Al realizarse esta aproximación al límite de espacio, se bloquea el eje en este sentido para evitar algún colapso.



Fig. 3 Sensor de posición máxima.

Datos GROB 4182			
Longitud	3.9 m		
Ancho	3.1 m		
Altura	3.2 m		
Peso	15,000 kg		

Tabla 1. Medidas y peso.

Por otro lado, el centro cuenta con un panel de control orientable, con ello se puede tener la información en tiempo real de posición y velocidad de giro así como de avance. También este panel permite editar la secuencia de maquinado.



### II. LAYOUT



#### EQUIPO DE PROTECCIÓN III.

Para evitar accidentes es precisa la utilización de equipo de seguridad, por otro lado, se recomienda evitar el uso de ropa holgada, corbatas, pañuelos, joyería o cualquier objeto que puedan quedar atrapados en elementos móviles de la máguina. En el caso de contar con cabello largo es necesario que sea sujetado.

Todo personal involucrado con la máquina está obligado a usar los siguientes dispositivos de protección:

- 1. Calzado Industrial: Al encontrarse en área de maquinado es necesario el uso de calzado industrial, para evitar lesiones por el golpeo de objetos pesados, filosos o calientes.
- Lentes de Protección: En todas las áreas de desfibrado, giro y fresado deben usarse los lentes resistentes a roturas y con protección lateral. Las virutas de metal que son expulsadas pueden producir daños al contacto con los ojos.
- 3. Guantes: El mecanizado logra que las piezas manufacturadas alcancen altas temperaturas y se creen superficies afiladas. No se deben tocar las piezas con las manos sin alguna protección. Por otro lado es recomendable el uso de guantes ajustados que eviten ser atrapados por la máquina.
- 4. Protector de oído: Debe usarse protectores de oído cuando la emisión de ruidos sobrepase los valores límites autorizados.

#### IV. SISTEMA DE COORDENADAS

El sistema de coordenadas está formado por tres ejes perpendiculares. La dirección positiva de los ejes coordenados está definida por la regla de la mano derecha.

Cuando se defina la programación o dirección de movimiento de la máquina, este siempre asume que la herramienta transversal es relativa al sistema de coordenadas de la pieza de trabajo.





derecha.





### V. ENCENDIDO DE MÁQUINA

Para el encendido de la máquina es necesario seguir los siguientes pasos:

 Gire la perilla del sistema eléctrico en sentido de las manecillas del reloj, esta se encuentra ubicada en la parte posterior de la máquina, pasar de posición "Off" a "On".



Fig. 8 Layout de perilla de encendido de sistema eléctrico.

2. Gire la perilla del sistema neumático en sentido de las manecillas de reloj para permitir el flujo de aire a presión, esta se encuentra ubicada al costado derecho de la máquina.



Fig. 9 Layout de perilla de encendido de sistema neumático.

 Active el control de mando, para ello debe de cerciorarse que el botón de "paro de emergencia" se encuentre desenclavado (girar en sentido antihorario), debe de continuar presionando el primer botón luminoso, el cual se encuentra parpadeando.

Al estar accionado el control de mando, el botón se mantendrá encendido.



Fig. 10 Botón de encendido de control de mando.

4. Se debe de proseguir con el accionado del control de máquina, esto es al presionar en dos ocasiones el segundo botón luminoso, el cual, se encuentra parpadeando.

Cabe mencionar que este control se encarga de activar el sistema hidráulico, neumático y de refrigeración.

Al estar accionado el control de máquina, el botón se mantendrá encendido. En el caso de seguir parpadeando, se podría presentar algún problema en los sistemas antes mencionados, se puede apoyar con el menú que se presenta en pantalla, el cual indica que sistema no puede conectarse.



Fig. 11 Botón de encendido de control de máquina.

### VI. RUTINA DE CALENTAMIENTO

Antes de continuar con el maquinado de piezas, es necesario del calentamiento de la máquina, para ello se deberá seleccionar el programa determinado por GROB, para seleccionar este, se deben de seguir las siguientes indicaciones:

 Seleccionar el botón de "Modo automático", en seguida el botón de "Posición inicial" el cual empezará a parpadear el indicador del botón, se proseguirá presionando el botón "Inicio de ciclo".



 Al terminar de parpadear el indicador del botón "Inicio de ciclo", se procederá a presionar el botón "Modo manual", continuando de presionar el botón "Selección de menú".



3. Se seleccionará la opción "HMI", próximo a esto aparecerán las opciones en la parte inferior de la pantalla, se buscará y seleccionará la opción "General" y "Tipos de", la pantalla siguiente se verán 3 barras con diferentes opciones, una de ellas es "Vaciar máquina", otra "Calentamiento" y "Ciclo sin pieza", se continuará al seleccionar la opción de "Calentamiento" con los botones verticales.



4. Una vez hecho esto se presionará el botón "Modo automático" e "Iniciar ciclo".



El ciclo de calentamiento tiene un tiempo de trabajo de aproximadamente 15 minutos, éste terminará al momento que la máquina se detenga y el indicador del botón de "Inicio de ciclo" deje de parpadear.

Cabe mencionar la importancia del calentamiento de la máquina antes de realizar la manufactura de una pieza, ya que, alarga la vida útil de la máquina al evitar que trabaje en frío.

### VII. APAGADO DE MÁQUINA

Para el apagado de la máquina es necesario seguir las siguientes instrucciones:

1. Primeramente se debe de mandar la máquina a posición inicial, para ello se manda a partir de la combinación de botones "Modo automático", "Posición inicial" e "Iniciar ciclo".



 Se prosigue al presionar el botón "Selección de menú", siguiendo por " > ", después de esto, en pantalla se mostrará la opción de "Salir", se seleccionará y se continuará con la opción "Ok".



3. Por último, se debe de esperar a que el sistema operativo se apague completamente, esto hasta que aparezca una pantalla negra con letras blancas y el título "Sinumerik". Pasando a esta pantalla, se procederá a girar la perilla en sentido en contra de las manecillas de reloj de posición "On" a "Off" del sistema eléctrico ubicada en la parte posterior de la máquina.



Fig. 12 Pantalla de sistema apagado.



Fig. 13 Layout de perilla de apagado de sistema eléctrico.
4. Gire la perilla neumática en sentido contrario a las manecillas del reloj para cerrar el flujo de aire a presión.



Fig. 14 Layout de perilla de apagado de sistema neumático.

## VIII. SISTEMA DE COORDENADA DE PIEZA DE TRABAJO

En adición al sistema de coordenadas entre la máquina y la pieza de trabajo, el sistema de control provee un sistema de coordenadas relativo. Este sistema de coordenadas es usado por la opción de punto de referencia, este puede ser libre de seleccionar y no influye en el sistema de coordenadas de la pieza de trabajo.



Fig. 15 Coordenada cero de pieza de trabajo.

Para la máquina es necesario referenciar la pieza de trabajo, para ello, se alinean los ejes de coordenadas de la pieza de trabajo con los ejes de la máquina, estos avanzan paralelamente.

A este offset se le considera a partir del cero máquina con el cero pieza, es esencial referenciar esta distancia entre ejes en el programa NC, este offset se activa durante el programa en ejecución usando el comando G54. Para trasladar el cero pieza se puede utilizar el comando TRANS



Fig. 16 Offset entre cero pieza y cero máquina.

## IX. AGREGAR HERRAMIENTAS Y DEFINIR OFFSETS

Los offsets de las herramientas consisten en describir la geometría, el recubrimiento y tipo de herramienta. Algunas herramientas incluyen un número definido o un parámetro de borde de corte.

Las herramientas están definidas por la letra "T" (Tool).

En el caso de dar de alta una nueva herramienta la secuencia de operación consiste en presionar la opción "Parámetro Offset", siguiendo de "Lista de herramientas", con esto se mostrará en la pantalla que contiene una lista de herramientas que han sido creadas. Usando los botones "Página arriba" / "Página abajo" para navegar en la lista, la posición de la barra de selección debe de encontrarse en el espacio a ser agregado o modificado y agregar los valores necesarios.

Por último es necesario presionar el botón de "Agregar" para confirmar.



Tool	list			1.Cut.edge	Active	e tool no	1 D 1	$D \rightarrow >$
Туре	т	D <sub>Σ</sub>	Geor	netry	<u>ات</u>			
			Length1	Radius				Measure
₩√	1	1	0.000	0.000	8			tool
₩ ✓	2	1	0.000	0.000	8		1	
*	3	1	0.000	0.000	5			Delete
UY	4	1	0.000	0.000	8			1001
Ľ٧	5	1	0.000	0.000	8			<b>B 1 1</b>
통신	6	1	0.000	0.000	8			Extend
Ξ)		1	0.000	0.000	8			
E.	0	1	0.000	8 889 B	8			Activate
RV.	18	1	0.000	8.888	8			change
Ĩ√	11	1	0.000	0.000	8			P to al
蓋√	12	1	0.000	0.000	8			r ind
~ ·								
								Edges
								New
							888 199	tool
Tool list	1	ool ear	Tool life		Nork offset	R vari- able	Setting data	User data

Fig. 17 Pantalla de lista de herramientas.

En la pantalla de lista de herramientas tenemos como información:

- Type: Símbolo o tipo de herramienta.
- Tool: Número de herramienta y posición en la que se encuentra.
- $D_{\Sigma}$ : Número o contorno de corte de herramienta.
- Geometry: Geometría de la herramienta (Longitud y radio).

En el caso de agregar una nueva herramienta es necesario presionar la opción "Nueva herramienta", esta función ofrece un menú de selección entre taladros y fresados. Después de seleccionar el tipo de herramienta, agregue el número de herramienta en la que estará colocada y finalmente la opción "OK".



# X. DETERMINACIÓN DE OFFSET DE HERRAMIENTA MANUALMENTE

Para determinar el offset de trabajo de una herramienta es necesario saber la geometría, para ello debe de seguir las siguientes indicaciones.

Utilizando la posición "F" como se muestra en la Fig.18, es a partir de la circunferencia menor del husillo hasta el final de la herramienta, con ello se determina la longitud a saber de la herramienta.

En el caso del radio, es necesario del uso de una herramienta de medición (p. ejemplo: Vernier).



Para acceder a editar el offset de la herramienta manualmente es a partir de la siguiente manera, seleccionando la opción "Medición de herramienta", seguido de "Medición manual". Aquí tendremos dos opciones las cuales nos servirán para determinar el ajuste de longitud y de diámetro, la secuencia de estas opciones son: "Ajustar longitud" y "Ajustar diámetro".



## XI. DETERMINACIÓN DE OFFSET DE ÁREA DE TRABAJO

Es importante determinar el área en el que se estará trabajando para evitar colisiones con la pieza de trabajo y la herramienta al realizar recorridos entre cada secuencia.

Para esto es necesario seguir las siguientes instrucciones, seleccionar la opción "Ajuste de parámetros", seguido de "Ajuste de trabajo", aquí se tendrá la oportunidad de editar los valores de trabajo en los ejes "X", "Y" y "Z", por último, seleccionar la opción "Ajustar offset de área de trabajo".







## XII. OPERACIONES DE CONTROL MANUAL

Para realizar operaciones de control manual, como por ejemplo, movimientos en espacio de trabajo, selección de programación, posicionamiento inicial, etc. Es necesario colocar la máquina en modo manual, para ello, se logra a partir de ser presionar el botón "Modo manual".

En el caso de ser necesario el movimiento de los ejes "X", "Y", "Z", "ZP" y "ZM" además de los ejes de rotación "A", "B", "Q" y "SP" se deberá de presionar el botón del eje requerido a movilizar, ya seleccionado, con el apoyo de las teclas "+" y "-", se moverán en dirección establecido en la Fig. 20.



Para evitar alguna colisión al realizar movimientos manuales, se deben de tener consideradas las trayectorias de los ejes, así como, de herramienta y piezas de trabajo. Se recomienda mover los ejes que estén a la vista, por ejemplo, al mover los ejes X, Y, Z, A y B, tendrán que ser controlados por el panel de control frontal, al mover el eje Q, será necesario ser controlado a partir del panel de control lateral, además de tener la puerta de almacén de herramientas abierta para así poder observar la trayectoria del eje.



Fig. 20 Dirección y sentidos de ejes.

Para la variación de la velocidad en ejes de traslados, así como de rotación, podrá realizarlo a partir de las perillas de avance de husillo, el botón "Rápido" y "Variable"



Fig. 21 Perilla de velocidad

giro de husillo.



Fig. 22 Perilla de velocidad.



Fig. 23 Botón de variación de velocidad x10 x100 x1000, etc.

## XIII. SELECCIÓN E INICIO DE PROGRAMAS

Para seleccionar programas ya antes establecidos, ya sea por el proveedor o usuario, se debe de seguir la siguiente secuencia, presionar el botón de "Modo automático", seguido de "Director de programa", de aquí se deberá de seleccionar el programa a utilizar con el uso del cursor, continuará con la opción "Ejecutar" para seleccionar el programa a ejecutar y por último la opción "Iniciar ciclo".



De ser el caso de crear un nuevo programa deberá seleccionar la opción "Director de programa" seguido de "Directorios NC", "Nuevo", "Nuevo directorio" y "Nuevo archivo", a partir de esto se escribirá el nombre del nuevo programa con las teclas alfanuméricas y confirmar con la opción "OK".



# XIV. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE PROGRAMACIÓN NC

¿Cómo se debe de nombrar un programa?

Cada programa creado debe de tener nombre para poder identificarlo, el nombre puede ser libremente escogido durante la creación del programa, se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Los primeros dos caracteres deben de ser letras.
- Usar únicamente letras, dígitos y guion bajo.
- El punto decimal debe de ser usado para la separación de extensión de archivo.
- No utilizar más de 27 caracteres.

¿Cuál es la estructura y su contenido?

La programación NC consiste en una secuencia de bloques, esta secuencia debe de estar referenciada con el carácter "N" y numeración del renglón, por ejemplo, N10, N20, N30, ....., N99999. Se recomienda que la secuencia se lleve de 10 en 10, de ser necesario agregar líneas de programación, podrá hacerlo entre líneas, por ejemplo, entre N10 y N20, se podrá agregar hasta 9 líneas, N11, N12, N13, N14, N15, N16, N17, N18 y N19.

En el caso de la estructura, consiste en el uso de una letra y un valor numérico. Dependiendo de la letra a utilizar es la función que realiza la máquina, en el caso del valor numérico, es la cantidad de la función, sean traslados, dirección, velocidad, etc.

Por otro lado, existen caracteres especiales, los cuales son utilizados para realizar operaciones básicas, comparaciones, separaciones o bloques, entre otros.

La tabla que se muestra define el significado de cada letra o función en programación NC, así como, los valores máximos y mínimos en el que trabaja.

Función	Significado	Valores	Información						
D	Offset de herramienta	0, , 9	Contiene la compensación de cada herramienta T (Tool).						
F	Velocidad de avance (Feedrate)	0.001, , 99 999.999	Velocidad entre la herramienta y la pieza. La unidad de avance es mm/min (G94) o mm/rev (G95).						
G	Función en código G	Valores enteros	Las funciones G y número determina la función a realizar.						
GO	Interpolación lineal		Avance en coordenadas (cartesianas, polares y con eje adicional) sin giro de husillo.						
G1	Interpolación lineal		Avance en coordenadas (cartesianas, polares y con eje adicional) con giro de husillo.						
G2	Interpolación circular		Avance circular en sentido a las manecillas del reloj (a partir de puntos o ángulos de referencia).						
G3	Interpolación circular		Avance circular en sentido contrario a las manecillas del reloj (a partir de puntos o ángulos de referencia).						
TRANS	Interpolación lineal		TRANS X Y Z; Traslado en dirección al eje.						
ROT	Interpolación circular		ROT RPL= Rotación en los planos G17 a G19.						
SCALE	Factor de escala		SCALE X Y Z; Factor de escala en dirección al eje.						
MIRROR	Reflejo		MIRROR X ó Y ó Z; Coordenada en el eje a reflejar.						
G25	Limitación de velocidad y área		Limitación de velocidad baja de husillo o de área de trabajo; G25 Só G25 X Y Z						

G26	Limitación de velocidad y área		Limitación de velocidad alta de husillo o de área de trabajo; G25 Só G25 X Y Z
G17	Plano X/Y		Área de trabajo en el plano X/Y.
G18	Plano Z/X		Área de trabajo en el plano Z/X.
G19	Plano Y/Z		Área de trabajo en el plano Y/Z.
G54 a G59	Offset de área de trabajo		Offsets de área de trabajo, los cuales pueden ser programados para piezas utilizadas frecuentemente.
G90	Dimensión absoluta		Avance en el espacio por coordenadas absolutas.
G91	Dimensión incremental		Avance en el espacio por incrementos.
G94	Velocidad de avance efectivo		Velocidad de avance en mm/min.
G95	Velocidad de avance efectivo		Velocidad de avance en mm/rev.
H0 a H9999	Funciones H	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Valores transferidos del PLC; definidos por la manufactura de la máquina.
I	Parámetro de interpolación	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje X, dependiendo de sentido de giro G2 o G3.
J	Parámetro de interpolación	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje Y, otro sentido a I.
к	Parámetro de interpolación	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje Z, otro sentido a I.
11	Punto intermedio de interpolación circular	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje X, especificación de interpolación circular.
J1	Punto intermedio de interpolación circular	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje Y, especificación de interpolación circular.
К1	Punto intermedio de interpolación circular	(+/-) 0.0000001, , 9999.9999	Pertenece al eje Z, especificación de interpolación circular .
L	Subrutinas	L1, , L9999999	Instancia de subrutina.
м	Función adicional	0, , 99 (Enteros)	Funciones antes guardadas, sólo cinco por bloque.
M0	Paro programado		Se detiene la secuencia de maquinado para revisión, continuar presionando "NC START".

M2Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M30Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.M17Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.M17Final de subrutinaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M3Giro de husilloGiro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.M4Giro de husilloGiro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.M5Paro de husilloPara giro de husillo.M6Cambio de herramientaÚnicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.MFunciones MFuncionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.NNúmero de bloque o línea0,, 99999999NNúmero de bloque o línea0,, or y 99999999
M2Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M30Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.M17Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.M17Final de subrutinaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M3Giro de husilloGiro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.M4Giro de husilloGiro de husilloM5Paro de husilloPara giro de husillo.M6Cambio de herramientaÚnicamente si es activada control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.MFunciones MFunciones MNNúmero de bloque o línea0, , 99999999NNúmero de bloque o línea0, , 99999999
M2   Final o reinicio de programa   bloque de la secuencia de proceso.     M30   Final o reinicio de programa   Es posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.     M17   Final de subrutina   Es posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.     M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el commando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número es escrito al con con un
M30   Final o reinicio de programa   Es posicionado al último     M30   Final o reinicio de programa   Es posicionado al último     M17   Final de subrutina   Es posicionado al último     M17   Final de subrutina   Es posicionado al último     M3   Giro de husillo   Es posicionado al último     M3   Giro de husillo   Biro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Para giro de husillo     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número es escrito al
M30Final o reinicio de programaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso como M2.M17Final de subrutinaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M3Giro de husilloGiro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.M4Giro de husilloGiro de husilloM5Paro de husilloPara giro de husillo.M6Cambio de herramientaÚnicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.MFunciones M0,, 99999999 (Únicamente enteros)NNúmero de bloque o línea0,, 99999999 (Únicamente enteros)NNúmero de bloque o línea0,, 99999999
M30   Final o reinicio de programa   bloque de la secuencia de proceso como M2.     M17   Final de subrutina   Es posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.     M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funciones M     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999     Únicamente por la máquina.   Puede ser usado para identificar bloques o líneas control y con un número, es escrito al
M17   Final de subrutina   Es posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.     M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999   identificar bloques o líneas con un número es escrito al
M17Final de subrutinaEs posicionado al último bloque de la secuencia de proceso.M3Giro de husilloGiro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.M4Giro de husilloGiro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.M5Paro de husilloPara giro de husillo.M6Cambio de herramientaÚnicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.MFunciones MFunciones MNNúmero de bloque o línea0,, 99999999 (Únicamente enteros)NNúmero de bloque o línea0,, 99999999
M17   Final de subrutina   bloque de la secuencia de proceso.     M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999     (Únicamente enteros)   Con un número es escrito al
M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un púmero, es escrito al
M3   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido a las manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número es escrito al
MIS   Giro de Itustilo   Ias manecillas del reloj.     M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número es escrito al
M4   Giro de husillo   Giro de husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funciones M     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999     (Únicamente enteros)   On un número, es escrito al
M4   Giro de husillo   contrario a las manecillas del reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funciones M     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999     (Únicamente por la máquina.   Puede ser usado para identificar bloques o líneas (Unicamente enteros)
M5   Paro de husillo   reloj.     M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número, es escrito al
M5   Paro de husillo   Para giro de husillo.     M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funciones M     N   Número de bloque o línea   0, , 999999999     (Únicamente por la máquina.   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un púmero, es escrito al
M6   Cambio de herramienta   Únicamente si es activada con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999 (Línicamente enteros)   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número, es escrito al
M6   Cambio de herramienta   con M6 la vía del panel de control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999     (Únicamente enteros)   con un número, es escrito al
M6   Cambio de herramienta   control; otra manera de realizar el cambio es usando el comando T.     M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999     (Únicamente enteros)   con un número, es escrito al
M   Funciones M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0,, 999999999 (línicamente enteros)   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número, es escrito al
M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0, , 99999999 (Línicamente enteros)   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número, es escrito al
M   Funciones M   Funcionalmente no es definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999 (Línicamente enteros)   Puede ser usado para identificar bloques o líneas con un número, es escrito al
M   Funciones M   definida por el sistema de control y puede ser utilizada libremente por la máquina.     N   Número de bloque o línea   0,, 99999999   identificar bloques o líneas (Únicamente enteros)
N   Número de bloque o línea   0, , 99999999   control y puede ser utilizada
N Número de bloque o línea 0,, 99999999 identificar bloques o líneas
N Número de bloque o línea 0,, 99999999 identificar bloques o líneas   Image: Notation of the state o
N Número de bloque o línea 0, , 999999999 identificar bloques o líneas (Únicamente enteros) con un número, es escrito al
(Unicamente enteros)   con un número, es escrito al
inicio del bloque.
Es usado si la subrutina está
P Número de subrutinas repetidas 0,, 999999999 corriendo demasiadas veces y
(Unicamente enteros)   esta contenido en el mismo
Dioque.
S Velocidad de husillo 0.001, , 99999.999
es i pili.
1 32000 cambiada directamente
T Número de herramienta (Únicamente enteros) utilizando el comando To
(+/_) 0 001
X Eje Qagaga aga Posición en el espacio.
Y Eje (+/-) 0.001, , Posición en el espacio.
Z Eje Gagaga aga Posición en el espacio.

Tabla 2. Comandos básicos de código G y M (NC).

# XV. SELECCIÓN DE PLANO

Para asignar el área de trabajo, la compensación de radio o longitud de una herramienta, se debe de indicar en que plano bidimensional se encuentra trabajando, para ello se tiene que indicar que plano se encuentra trabajando.

Los planos individuales son utilizados para definir la dirección de rotación por el círculo de interpolación circular. En el plano en el cual el círculo es trasverso, la abscisa y la ordenada están designadas por la dirección de rotación.



Fig. 24 Visualización de planos de trabajo.

## XVI. DIMENSIONANDO ABSOLUTO/INCREMENTAL

Con las instrucciones G90/G91, se escriben los datos de posicional de X, Y, Z. Están evaluados por un punto de coordenada (G90) o por incrementos en el plano (G91). G90/G91 están aplicados a todos los ejes.

Función G	Dimensión
G90	Absoluta
G91	Incremental

Tabla 4. Asignación de dimensión.



Fig. 25 Dimensión Absoluta e Incremental.

En el caso de la dimensión absoluta G90, el movimiento de la máquina estará dimensionado por coordenadas cartesianas, no depende de la posición anterior, sino, de la posición en los ejes al que se quiere llegar.

Por otro lado, con la dimensión incremental G91, el movimiento de la máquina estará dimensionado por aumentos, los cuales su punto de origen es la posición anterior.

## XVII. UNIDADES DE DIMENSIÓN MILÍMETROS/PULGADAS

Las dimensiones base del sistema son las pulgadas (in) y milímetros (mm), las dimensiones pueden ser agregadas directamente en el programa.

Función G	Dimensión
G70	in
G71	mm

Tabla 5. Asignación de dimensión.

## XVIII. MOVIMIENTO EN EJES

La interpolación lineal con travesía rápida es a partir del comando G0, es utilizado para un rápido posicionamiento de la herramienta, pero no para la maquinación de una pieza de trabajo.

Todos los ejes pueden tener una travesía simultánea, para algunos ejes, la velocidad máxima está definida por la máquina. Al moverse un solo eje, la velocidad será mayor, en cambio, al mover varios ejes al mismo tiempo, tendrá una velocidad menor.

En el caso de tener una interpolación lineal, la herramienta gira y se mueve desde el punto de inicio al punto final, para esto se debe de utilizar el comando G1, la determinación de la velocidad de la herramienta es determinada por el comando "F"



Fig. 26 Avance directo de husillo.

## XIX. INTERPOLACIÓN CIRCULAR

La herramienta se mueve a partir de dos puntos de referencia, el de inicio y final. La dirección es determinada por la función G2 y G3.

En el caso de G2, el sentido de giro con respecto a las manecillas de reloj. Por otro lado, G3 su sentido de giro es contrario a las manecillas del reloj.

Para realizar el maquinado de una pieza que cuente con una geometría circular, se puede lograr a partir de diferentes programaciones y comandos.



Fig. 27 Giro de interpolación.

Sentido de giro	Comandos	Información							
G2/G3	X Y I J	Puntos central y final							
G2/G3	CR= X Y	Radio y punto final							
G2/G3	AR= I J	Ángulo y punto central							
G2/G3	AR= X Y	Ángulo y punto final							
G2/G3	AP= RP=	Coordenadas polares y circunferencia							

Tabla 6. Comandos para interpolación de circunferencias.

 A partir de un punto de inicio, un punto final, así como un punto central a la circunferencia a realizar y radio de la misma. Comandos a utilizar: CR=... (radio) y MP (punto central).



Fig. 28 Circunferencia a partir de un punto de inicio, punto final y radio.

 A partir de un punto de inicio, punto final y un punto central indicados a partir de coordenadas en los ejes de trabajo, en el caso del espacio de trabajo G17 se utilizarán los ejes X/Y, para G18 los ejes X/Z y G19 los ejes Y/Z. En el caso de referenciar el eje X será con la variable de coordenada I, para Y es J y Z con la letra K.



Fig. 29 Circunferencia a partir de un punto de inicio, final y central, por sistema de coordenadas.

3. A partir de un punto inicial y final, además de un radio, para así determinar la coordenada del punto central.



Fig. 30 Circunferencia a partir de un punto de inicio y final, además del radio de la misma.

# XX. INTERPOLACIÓN DE HÉLICE

Una interpolación de hélice se debe de sincronizar dos movimientos en el espacio, uno depende de la circunferencia a manufacturar y el segundo determina la altura o el paso de la pieza.

Por otro lado, se debe de considerar el espacio en el cual se trabajará, ya sea G17, G18 o G19. El movimiento lineal empieza a partir del eje perpendicular al plano de trabajo.

Para determinar el número de circunferencias que determina el paso, es programado con el comando "TURN=".

En el caso de la herramienta, se debe de considerar que la superficie a desbastar sea menor al radio de la misma, de no ser así, podría fracturar la misma. Así mismo la velocidad de avance y de giro de husillo.

Nota: Materiales con mayor dureza (acero), la velocidad de giro de husillo es menor (aproximado a 600 rpm). En el caso de un material con menor dureza (aluminio o plástico), el giro de husillo debe ser mayor (aproximado a 1500 rpm).

Sentido de giro	Comandos	Información							
G2/G3	X Y I J TURN=	Puntos central y final							
G2/G3	CR= X Y TURN=	Radio y punto final							
G2/G3	AR= I J TURN=	Ángulo y punto central							
G2/G3	AR= X Y TURN=	Ángulo y punto final							
G2/G3	AP= RP= TURN=	Coordenadas polares y circunferencia							

Tabla 7. Comandos para interpolación de hélice.



Fig. 31 Pieza con geometría de hélice.

## XXI. CUERDAS INTERNAS

El desbaste para generar una cuerda en una pieza, es necesario considerar la herramienta a utilizar, la velocidad de avance, así como, la velocidad de giro de husillo y el plano a trabajar.

En el caso de la herramienta, se utiliza un "machuelo" para generar los hilos de la cuerda, para determinar la herramienta a utilizar, será necesario medir la cantidad de hilos del tornillo, así como, el espacio entre el mismo. Por otro lado, para las velocidades de avance como de giro, deben de ser sincronizadas, tanto en la penetración como a la salida de la herramienta. Para seleccionar el plano a trabajar se usaran los comandos G17 a G19.



El comando a utilizar para la realización de cuerdas es "G33".

Fig. 32 Machuelo con área a penetrar y distancia entre hilos.

Nota: Antes de realizar un desgaste para la cuerda, es necesario haber realizado una circunferencia menor a la cuerda para que la herramienta no presente un desgaste o ruptura.

Para la compensación de giro y avance, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

F [mm/min] = S [rpm] x Paso de hilo [mm/rev]

Cabe mencionar que se debe de tomar en cuenta el sentido de giro M3/M4.

## XXII. NOTAS

De ser necesaria la utilización de comandos de alta programación, se recomienda consultar la bibliografía que se muestra al final de este documento.

Por otro lado, si se buscan ejemplos de programación, puede consultar "Programas - Gcode" realizados por el autor de este manual, así como, el manual de "Siemens".

# XXIII. BIBLIOGRAFÍA

[1] GROB (2006), *Manejo G503 N° - GM4182 / U09252*, Silao Gto: Universidad Politécnica UNICCAT.

[2] SIEMENS (2009), Sinumerik 802D sl Milling, Alemania, Siemens AG.

[3] E. Avendaño (2017). Programas prueba, Volkswagen Planta Guanajuato, Silao.

[4] E. Avendaño (2017). TPM GROB, Volkswagen Planta Guanajuato, Silao.

[5] E. Avendaño (2017). *Registro de mantenimiento*, Volkswagen Planta Guanajuato, Silao.

## XXIV. ANEXOS

## Códigos prueba

Programa 1: "Caja"

Descripción: Rectángulo de 6cm de ancho, 11cm de largo y 4 cm de altura.

### Código G:

N05 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato – Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N10 G0 T1 G17 G90 X40 Y40 Z40 S500 F100 M3 //Condiciones iniciales, herramienta 1, plano XY, movimiento cartesiano, X=40, Y=40, Z=20, giro S=500rpm, avance en eje Z con velocidad transversal de 100mm/min, giro sentido horario. N20 G1 Z0 N30 Y150 N40 X100 N50 Y40 N60 X40 N70 Z40 N40 G0 Z60 X10 Y10

N60 M2 //Fin de programa

N05 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato – Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N10 G0 G17 G91 X40 Y40 Z40 S500 F100 M3 N20 G1 Z-40 N30 Y110 N40 X60 N50 Y-110 N60 X-60 N70 Z40 N40 G0 Z20 X-10 Y-10 N60 M2 //Fin de programa

- MSG ("…") Comentario en programa (no afecta programación).
- G17 Plano de trabajo XY, eje axial Z.
- G90 Dimensiones Absolutas (Se mueve en coordenadas).
- G91 Dimensiones Incrementales (Se mueve a partir de incrementos positivos o negativos).
- S Revoluciones de giro por minuto en el husillo (RPM).
- M3 Sentido de giro del husillo, en este caso sentido horario.
- F Velocidad de avance en mm por minuto (mm/min).
- G0 Avance sin giro de husillo.
- G1 Avance con giro de husillo.
- M2 Fin de programa.

#### Programa 2: "Probeta Lean Center"

**Descripción:** Cilindro de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura, a partir de un cilindro de mayor diámetro o bloque.

### Código G:

N05 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato – Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N10 T1 D1 G90 G17 S500 F200 M3 //Herramienta 1, Absoluta, Plano XY, Giro 500rpm, Avance 200mm/min, Dir. <sup>Giro</sup> Horario</sup> N20 G0 X100 Y100 Z150 N30 G1 Z0 N40 G2 I0 J50 AR=360 //Avance radial Horario, Centro de circunferencia I y J, 360° N50 Z150 N60 G0 X50 Y50 N70 M2

- MSG ("…") Comentario en el programa.
- I y J son centros de circunferencias, en el caso de I es en el eje X y J eje Y.
- AR son los grados de avance en una circunferencia.
- Cuidar el movimiento del cero máquina con el cero pieza.

**Programa 3:** "Logo Volkswagen" **Descripción:** Logo Volkswagen 8 cm de diámetro y 1 cm de grosor.

## Código G:

N05 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato - Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N10 T1 D1 G90 G17 S500 F500 M3 //Tool 1, offset 1, Coordenadas absolutas, Plano XY, Giro 500 rpm, Avance 500 mm/min, Giro N20 G0 X81 Y56 Z15 N30 G1 Z5 N40 X56 Y7 N50 X42 Y35 N60 X28 Y7 N70 X4 Y56 N80 Z15 N90 X76 Y66 N100 Z5 N110 X56 Y28 N120 X49 Y45 N130 X36 N140 X28 Y28 N150 X9 Y66 N160 Z15 N170 X63 Y72 N180 Z5 N190 X49 Y47 N200 X36 N210 X21 Y72 N220 Z15 N230 X56 Y84 N240 Z5 N250 X42 Y56 N260 X28 Y84 N270 G2 I14 J-39 AR=360 N280 Z15 N290 G0 X0 Y0 N300 M2

- MSG ("...") Comentario en el programa (no afecta programación).
- G2 Indica interpolación circular, seguido de punto final y radio de circunferencia.

#### Programa 4: "VW"

**Descripción:** Letras V y W, se estima que el área de trabajo es de 21cm de largo y 11cm de ancho, así como 2cm de grosor.

### Código G:

N10 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato – Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N20 T1 D1 G90 G17 S500 F500 M3 N30 G0 X60 Y10 Z10 N40 G1 Z-10 N50 X40 N60 X10 Y100 N70 X30 N80 X50 Y40 N90 X70 Y100 N100 X90 N110 X60 Y10 N120 Z15 N130 X120 Y10 N140 X100 Y100 N150 X120 N160 X130 Y55 N170 X140 Y100 N180 X160 X170 Y55 N190 X180 Y100 N200 X200 N210 X180 Y10 N220 X160

N230 X150 Y55 N240 X140 Y10 N250 X120 N260 Z15 N270 G0 X0 Y0 N280 M2

- Se considera el cero de la pieza en la orilla inferior izquierda, considerando eje X como largo y eje Y como ancho. Por parte del eje Z, se considera el cero en la esquina de una cara y coincida con los demás ejes.
- Perforación de 1cm y grosor de pieza de 2cm.
- Diámetro de cortador en un rango entre 1mm a 3mm.

**Programa 5:** "Probeta con cuerda interna"

**Descripción:** Cilindro de 5 cm de diámetro, 10 cm de altura y cuerda interna en centro de circunferencia.

## Código G:

N05 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato - Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N10 T1 D1 G90 G17 S500 F200 M3 //Herramienta 1, Absoluta, Plano XY, Giro 500rpm, Avance 200mm/min, Dir. Giro Horario N20 G0 X100 Y100 Z150 N30 G1 Z0 N40 G2 I0 J50 AR=360 //Avance radial Horario, Centro de circunferencia I y J, 360° N50 Z150 N60 G0 X50 Y50 N70 T2 D2 M6 //Cambio a herramienta 2 con offset 2 N80 G0 X100 Y150 Z150 S600 M3 N90 G33 Z50 K0.8 //Inicio de cuerda, K es la distancia entre dientes mm/rev. N100 Z150 K0.8 M4 //Fin de cuerda, sale cortador en sentido contrario a la misma mm/rev. N110 G0 X10 Y10 N120 M2

- MSG ("...") Comentario en el programa.
- I y J son centros de circunferencias, en el caso de I es en el eje X y J eje Y.
- AR son los grados de avance en una circunferencia.
- Cuidar el movimiento del cero máquina con el cero pieza.
- T2 debe de ser herramienta para cuerda y D2 su offset o compensación.
- K [mm/rev], distancia entre dientes e indica la distancia por revolución.

Programa 6: "Prueba de herramientas"

**Descripción:** Programa para probar el cambio de herramienta así como los offsets de las mismas. Se busca realizar las pruebas en una placa de 10 cm x 15 cm y 3 cm de grosor.

#### Código G:

N10 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato - Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N20 T1 D1 G90 G17 S1000 F500 M3 N30 G0 X20 Y20 Z20 N40 G1 Z-15 N50 Z20 N60 T2 M6 N70 G0 X20 Y50 Z20 N80 G1 Z-15 N90 Z20 N100 T3 M6 N110 G0 X20 Y80 Z20 N120 G1 Z-15 N130 Z20 N140 T4 M6 N150 G0 X60 Y20 Z20 N160 G1 Z-15 N170 Z20 N180 T5 M6 N190 G0 X60 Y50 Z20 N200 G1 Z-15 N210 Z20 N220 T6 M6 N230 G0 X60 Y80 Z20 N240 G1 Z-15 N250 Z20 N260 T7 M6 N270 G0 X100 Y20 Z20 N280 G1 Z-15 N290 Z20 N300 T8 M6 N310 G0 X100 Y50 Z20 N320 G1 Z-15 N330 Z20 N340 T9 M6 N350 G0 X100 Y80 Z20 N360 G1 Z-15 N370 Z20 N380 G0 X0 Y0 Z100 M2

- Checar cero máquina y cero pieza, el programa está considerado para iniciar en cero piezas.
- Cuidar el cambio de herramienta que no llegue a pegar con la pieza.
- Al hacer cambio de herramienta identificar si continúa el programa en última posición o en cero pieza.
- Checar offsets "D", se pueden utilizar en diferentes herramientas o una D para cada herramienta.
- Checar si el proceso es necesario agregar el giro de 90° en el eje A, de ser así, regresar el eje al final de la manufactura.

**Programa 7:** "Betriebs" **Descripción:** Placa de 35 cm x 9 cm x 1 cm, con frase "Betriebs"

## Código G:

N10 MSG ("Volkswagen Planta Guanajuato - Lean Center: Emanuel Avendaño Servin") N20 G17 G90 T1 D1 S1000 F500 M3 N30 G0 X10 Y10 Z20 N40 G1 Z-5 N50 Y20 N60 X20 Y30 N70 Y60 N80 X10 Y70 N90 Y80 N100 X40 N110 G2 I0 J-15 AR=180 N120 G2 I0 J-40 AR=180 N130 X10 N140 Z10 N150 X80 Y10 N160 Z-5 N170 X70 Y20 N180 Y40 N190 G2 I20 J0 AR=180 N200 X100 Y30 N210 X80 N230 X90 Y20 N240 X100 N250 X110 Y10 N260 X80 N270 Z10 N280 X130 N290 Z-5 N300 X120 Y20 N310 Y60 N320 X130 N330 Y50 N340 X140 N350 Y40 N360 X130 N370 Y30 N380 X135 Y20 N390 X140 Y30 N400 X150 N410 Y20 N420 X140 Y10 N430 X130

N440	Z10
N450	X160
N460	Z-5
N470	Y45
N480	X170
N490	Y40
N500	G2 I7.5 J0 AR=180
N510	Y30
N520	X180
N530	G3 I-5 J0 AR=180
N540	Y10
N550	X160
N560	Z10
N570	X197.5
N560	Z-5
N570	Y40
N580	Z10
N590	Y45
N600	Z-5
N610	Y55
N570	X207.5
N580	Y45
N590	X197.5
N600	Z10
N610	Y40
N620	Z-5
N630	X207.5
N640	Y10
N650	X197.5
N660	Z10
N670	X260
N680	Z-5
N690	X230
N700	X220 Y20
N710	Y40
N720	G2 I20 J0 AR=180
N710	X250 Y30
N720	X230
N730	X240 Y20
N740	X250
N750	X260 Y10
N760	∠10 V225
N770	X285
N780	Z-5
N790	X280
N800	X270 Y20
N810	Y60

N820 X280 N830 Y40 N840 X285 N850 G2 I0 J-15 AR=180 N860 Z10 N870 X310 Y25 N880 Z-5 N890 X320 N900 G3 I5 J0 AR=180 N910 X310 Y45 N920 G2 I15 J0 AR=180 N930 X330 N940 G3 I-5 J0 AR=180 N950 X340 Y25 N960 G2 I-15 J0 AR=180 N970 Z10 N980 T2 M6 N990 G0 X35 Y65 Z10 N1000 G1 Z-5 N1010 Z10 N1020 X40 Y30 N1030 Z-5 N1040 Z10 N1050 X90 Y40 N1060 Z-5 N1070 Z10 N1080 X240 Y40 N1090 Z-5 N1100 Z10 N1110 X285 Y250 N1120 Z-5 N1130 Z10 N1140 X65 Y75 N1150 Z-5 N1160 X335 N1170 Z10 N1180 X0 Y0 Z25 N1190 M2

- Revisar I y J de circunferencias, depende del sistema de coordenadas o de la posición inicial.
- Revisar si el cambio de herramienta regresa a posición final o posición cero máquina.
- Herramienta 1 se considera un diámetro máximo de 2.5 mm.
- Herramienta 2 tiene como diámetro 10 mm.

## Mantenimiento

#### Tiempo entre revisiones

- Limpieza de máquina (área de maquinado) Cada que se utilice.
- Sistema hidráulico 6 meses a excepción del nivel de aceite.
- Sistema neumático 6 meses.
- Sistema de refrigeración 6 meses.
- Equipo eléctrico 6 meses.

#### Medidas de seguridad

Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento y servicios, deben de tomarse seriamente las siguientes precauciones de seguridad.

- Posicionar los dispositivos de tal manera que se pueda acceder sin problemas al punto de intervención.
- Desconecte la máquina, esto se logra desconectando el interruptor principal y bloqueo con el cerrojo de seguridad para evitar que alguien vuelva a conectarlo por descuido, así como, los circuitos ajenos de tensión que pudieran existir.
- Suprima la presión de los sistemas hidráulico y neumático.
- Antes de entrar en el área de trabajo desactive el sistema automático de extinción de incendios.
- De ser necesario, indicar con carteles de advertencia.
- Debe de evitar por completo la posibilidad de que durante los trabajos de mantenimiento se puedan efectuar movimientos, existan medios que estén bajo presión o hayas tensiones eléctricas.

Para el mantenimiento y el servicio de la máquina sólo se puede emplear personal que haya recibido suficiente formación profesional en correspondencia con el tipo de actividades a desarrollar.

Al terminar cualquier trabajo de servicio y mantenimiento deben apretarse siempre los cierres roscados aflojados, así como, montarlos nuevamente y comprobar su correcto funcionamiento.

Si en los trabajos de servicio y mantenimiento se han desmontado revestimientos protectores y dispositivos de seguridad.

Al finalizar las tareas de mantenimiento, se debe de activar de nuevo el sistema automático de extinción de incendios.

## Limpieza de la máquina

No se deben de emplear materiales corrosivos o perjudiciales para la salud o al medio ambiente tales como hidrocarburos clorados (PER, TRI y similares).

Emplear únicamente los productos de limpieza para máquinas de distribución usual en el mercado.

En ningún caso deben usarse para la limpieza aparatos de vapor, agua o aire a presión. De lo contrario corre el peligro de que la suciedad y los productos de limpieza penetren en las guías y las juntas.

Ello podría impedir el funcionamiento de:

- Funciones de seguridad
- Interruptores finales
- Sistemas de medición

Retirar las virutas con un gancho para virutas, nunca recogerlas con la mano sin algún tipo de protección (guantes).

## Sistemas hidráulico, neumático y refrigeración

Los trabajos de las instalaciones hidráulica, neumática o del refrigerante sólo deben ser efectuados por personal debidamente calificado bajo las directrices y determinaciones en vigor de la localidad donde esté instalada la máquina.

Antes de soltar una conducción o desmontar una unidad de control o de accionamiento, hay que suprimir la presión del sistema. Asegure las cargas, desconecte las bombas y descargue los acumuladores de presión. En el caso de máquinas con descarga automática de la presión también hay que comprobar en el manómetro si la instalación ha descargado toda la presión.

Los acumuladores de presión están equipados con válvulas de seguridad. Las válvulas de seguridad cuentan con un ajuste fijo y están precintadas. Ajustar dichas válvulas implica peligro de muerte, por lo que debe abstenerse de modificar el ajuste.

La comprobación y el mantenimiento de los acumuladores de presión han de llevarse de acuerdo con las normas nacionales en vigor.

Los acumuladores de presión deben llenarse exclusivamente con nitrógeno.

Observe la presión de llenado de las botellas de nitrógeno. Si la presión de la botella es mayor que la presión máxima de funcionamiento del acumulador de presión hay que conectar una válvula certificada de seguridad intercalada.

Si hay escapes de líquido hidráulico bajo alta presión existe el riesgo de explosión, incendio y lesiones corporales. Por este motivo hay que subsanar inmediatamente la falta de estanqueidad y los desperfectos del sistema de conducciones.

Compruebe a intervalos regulares la integridad de los tubos y las conducciones a presión así como los atornillamientos, cámbielos de inmediato en cuanto presenten el más mínimo desperfecto.

Cambie a intervalos regulares los tubos a presión de acuerdo con las prescripciones en vigor.

Transporte y monte las conducciones hidráulicas y de aire a presión de manera apropiada. No cambie las conexiones. La grifería, la longitud y la calidad de las conducciones de tubos han de satisfacer los requisitos pertinentes.

Pueden presentarse desperfectos en las cañerías, tubos flexibles y piezas de la máquina, si al volver a poner en funcionamiento el dispositivo eléctrico tras efectuar una reparación o cambiarlo de sitio.

Evite en cualquier circunstancia que penetre aceite en el piso.

Cualquier duda con la composición y funcionamiento de algún sistema hidráulico, neumático o de refrigeración, verifique con el manual.

#### Equipo eléctrico

Los trabajos en el equipo eléctrico y en el armario eléctrico sólo deben ser ejecutados por el personal especializado. Para ello deben observarse las directrices y determinaciones sobre la instalación y explotación de dispositivos eléctricos que estén en vigor en la localidad donde se esté instalada la máquina.

Se debe de desconectar la tensión de las piezas de la máquina y de los dispositivos en las que haya que llevar a cabo trabajos de inspección, mantenimiento o reparación. Primero hay que comprobar si las piezas desconectadas han quedado efectivamente sin tensión, después se procede a poner la toma a tierra, cortocircuitar, así como aislar las piezas vecinas que estén bajo tensión.

Al realizar trabajos en grupos constructivos de alta tensión, tras desconectar la tensión debe efectuarse la toma de la tierra del cable de suministro eléctrico y cortocircuitar los condensadores con una toma a tierra.

Use exclusivamente los fusibles originales con la intensidad de corriente prescrita y la respuesta temporal prescrita. Si se producen varias averías en el suministro de corriente eléctrica hay que desconectar la máquina de inmediato.

Al trabajar con herramientas con toma a tierra como, por ejemplo, soldador de cobre, taladradoras manuales y similares, hay que desconectar el interruptor principal de la máquina y los circuitos de tensión ajenos que pudiera haber.

Los tableros de circuitos impresos y las conexiones de enchufe sólo pueden retirarse cuando la máquina o el dispositivo en cuestión estén sin corriente. Hay que proteger de la suciedad los enchufes que no estén utilizando con capuchones ciegos o clavijas inactivas.

Tenga cuidado con las cargas eléctricas almacenadas. Verifique la ausencia de tensión mediante un aparato de medición (multímetro).

Cualquier duda con la composición y funcionamiento de algún sistema eléctricoelectrónico, verifique con el manual.

				R	legi	stre	o de	e M	lan	ten	imi	ient	to														
			CNC GROB	- G4182														Vo	lks	wag	gen						
	S	iemens - "	'Sinumerik	802 - D SL I	Mil	ling	<b>y</b> "							L	ear	n Ce	ent	er -	Sil	ao	- G	uan	ajι	iate	b		
																			_								
					_																						
	Re	visión de	sistemas											_					_		_	_					
Fecha						jun-18	dic-18	jun-19	dic-19	jun-20	dic-20	jun-21	dic-21	jun-22	dic-22	jun-23	dic-23	jun-24	dic-24	jun-25	dic-25	jun-26	dic-26	jun-27	dic-27	jun-28	dic-28
1	Li	impieza de	e la máquin	ia																							
2		Sistema I	Hidráulico																		L					Ľ	$\Box$
3		Sistema N	Neumático																						$\square$	$\square$	$\square$
4	Si	stema de I	Refrigeracio	ón																					$\square$	$\square$	$\square$
5		Equipo	Eléctrico		L				L		L						L		L	L	L					$\square$	$\square$
					-				-	-		-						-		-	-	-	-	-	$\vdash$		
	Año	No	otas	* Avería	s o r	cam	<mark>hbiq</mark>	<mark>o de</mark>	e pi	eza	as																
	2017																										
	2018																										
	2019																										_
	2020																										
	2021																										
	2022																										
<u> </u>	2023																										
	2024																										
	2025																										
	2026																										
	2027																										
	2028																										

## Registro de mantenimiento

Tabla 8. Registro de mantenimiento.

	т	PM			Estándi	ares Tentativos de Mantenim	iento Autón	omo					Fecha	deel	aborac	ión: 4 A	tosto 2	2017
				E.c.		Babiahammanan a		Jan Carl		ten Cánas Bina	Loordinadores							
Objež Identi antici pad e falla cipiji	<u>C.C.</u> ten: fear tear tear tear tear			Equi		Jean Beukebamanagement												
Lay-Out	No	LUGAR	CALLENIO	EQUIPO DE Beguridad	NÉTODO	CONDICIÓN I DEAL	HERRAMIENTA	REPONBABLE	ENCASO DE DETECTAR ANCIMINITA	FRECLIENCIA Y ACTIVIDAD	TIBMPO (MIN)	TURNO N AN	MANA Z-≠Ž	59 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	IANA ± ≠ ₹			
		GRDB	<b>@</b>	3	Seguro de puertas enclavado	Luz werde	N/A	Técnico Operadán	Notificación Coordinador		3							
- 	1	Dentro de la máquina	•	000	Cabina cambio de herramientas, porta herramientas en el eje Xy cabina en general	Ubre de rebabas	Equipo de limpieza	Técnico Operación	Notificación Coordinador		5							
	2	Sistema htdráulico	۲	3	Verificar sistema hidráulico: Presostato de nitrógeno	Nitrögeno: Nåx 132bar Nin 115bar	N/A	Técnico Operación	Notificación Coordinador		1							
z	3	Sistema hidráulico	0	0	Verificar sistema hidráulico: Nivel hidráulico	Dentro del rango "Niáx-Nin"	N/A	Técnico Operación	Notifi cación Coordinador		1	2 88						
	٠	Sistema hidráulico	۲	3	Verificar sistema hidráulico: Presostato hidráulico	Hidráulico: Năx 151bar Ni n 100bar	N/A	Técnico Operación	Notifi cación Coordinador		1	2 00						
	5	Sistema de Iubricación	۲	3	Verificar el sistema de lubricación central: Nivel y presostato	Nivel dentro del rango "Niax- Nin" Presostato en área verde	N/A	Técnico Operadón	Notificación Coordinador		1	- 80						
3	6	Sistema de enfitamiento	6	3	Vertil car mei ytemperatura dei sistema	Nivel dentro del rango "Nia: Nin" Temperatura menora 40°C	N/A	Técnico Operación	Notificación Coordinador		1							
	7	Bomba de recirculación	6	3	Verificar el presostato de bomba de recirculación	En modo manual 18-51. En modo automático la bomba trabata constantemente	N/A	Técnico Operación	Notifi cación Coordinador		1	1 00						
	8	Gabinete eléctrico	1	00	Vertilicartemperatura de gabinete eléctrico	Nienara 40°C	N/A	Técnico Operación	Notificación Coordinador		1	2 88						
4	9	Sistema de Iubricación	۲		Verificarel sistema de lubricación de grasa fluida: Nivel de grasa y presostato	Nivel dentro del rango "Nax- Nin" Presostato en área verde	N/A	Técnico Operación	Notificación Coordinador		1	- 88						
	ш	Gabeta de herramientas	۲	0	Vertil car las herramientas	Herramientas en husillo y posición	N/A	Técnico Operación	Notificación Coordinador		1	2 88						
	n	Estación sopietadora	•	00	Revisar espreas y niveles	Umpio y sin residuos	Equipo de li mpi eza	Técnico Operación	Notificación Coordinador		•							
1	12	Niesa de control	۲	0	Limpia (Nariposa, dispositivos y mesa en general )	Umpio-y sin residuos	Equipo de limpieza	Técnico Operación	Notificación Coordinador		•							
Limpi	en	Batación de trabajo	6		Limpiesa de essación de trabajo, superficie, equipos de trabajo, radillos, bandejas ypiso	Limpio, sin residuos y libre de fugas	Rysipo de Gespieso	Técnico Operación	Norilicación Coordinador	$\triangle$	10	1 00 2 00 3 00						
Пм	áquin	a trabaiando	8	Bots	as de seguridad 😝 Gafas de seguridad		inspección	Diario			ان من 19 ملاد است مستلد مست							
M	áquin	a apagada	1 3 3	Gua Gua Tap	intes 🧿 Mascarilla ones auriculares 🎦 Armés		O Lubricación ∆ Limpieza	Semanal Mensual			Caracter of	-						
					"Nota: Cuelquiersustancia quimica Agua resid	usada ode manejoespecial en la lim usi generada durance la limpiesa debe	i nicza dłobera szg z szyregarszceni	regarse en el cor a central de entr	nevedor de residua signes.	a pelignana.	Tanatan J	-						

# TPM (Mantenimiento autónomo)

					ت ال ال ال ال ال ال ال ال ال ال ال ال ال		<b>0</b> 3			
N°	Fecha	N. C.	Observaciór	1	N°	Fecha	N. C.	Obser	vación	<u> </u>
1					9					
2					10					
3					11					
4					12					
5					13					
6					14					
7					15					
8					16					

Tabla 9 y 10. Puntos de revisión TPM.

ANEXO 2	)
---------	---

GROB MEXICO S.A. DE C.V. C.P. 76149



Abril 17, 2017 Volkswagen planta Silao Atn: : COTIZACIÓN No.: COTIZACIÓN Estimado cliente, Nos permitimos poner a su consideración la siguiente cotización: Servicio técnico para mantenimiento correctivo de centro de maquinado G4183 con número de parte en BetriebsManagement. 2 técnico de GROB México - Costo por horas de trabajo 49 horas .....USD (Tiempo normal de trabajo 10, 11, 12 y 13 de Abril, 2 Ingenieros) .....USD - Viáticos por día 7 días (3.5 días de viáticos, 2 Ingenieros) .....USD - Costo por tiempo de viaje 12 horas (Viaje Querétaro-Silao-Querétaro, 2 viajes, 2 ingenieros) .....USD - Viaje Qro-Silao-Qro (680 km) ( 2 Viajes redondos ) TOTAL .....USD 10,720.00

Cotización según reportes de servicio semana 15

PRECIOS MÁS I.V.A. Condiciones de Pago: 30 días.

Reciba un afectuoso saludo,

General Director GROB México, SA de CV

Fig. 1. Cotización confidencial de proveedor.



Fig. 1. Circuito de 3 pistones.



Fig. 2. Circuito "Pelota".







Fig. 4. Comparación antes y después de circuito motor.


Fig. 5. Comparación antes y después de conexión de sensores.



Fig. 6. Comparación antes y después de protección de conexiones.