



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

ANÁLISIS METALÚRGICO COMPARATIVO DE LOS INSERTOS  
ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN:  
MOTOR DODGE HEMI MAGNUM V8 DE 5.7 LTS,  
MOTOR DODGE RAM V8 DE 5.9 LITROS.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA: ANTONIO ROMO MOLINA.

ASESORES:  
DR. DANIEL ALDAMA ÁVALOS.  
ING. SERGIO ÁNGEL LOZANO CARRANZA.

México

2006.

Agradecimientos.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A Dios y a Jesús, porque sin Ustedes no sería el que soy, Ustedes son los primeros que me guiaron hasta este tema de tesis.

A ti Machita, porque me has brindado todo de todo, y me has tenido una inimaginable paciencia pero al fin ya la concluí. No tengo como agradeceréte. ¡¡¡ Te quiero mucho !!!.

A mi hermano Pablo por tu gran ayuda y tiempo que me brindaste en la corrección de la redacción de esta tesis, sin ti me hubiera tardado más en terminarla, ¡¡¡ Te quiero mucho !!! eeehh!!!.

A Gabito, por que me ayudaste a recordar las aptitudes que tenía de niño y en base a eso me decidí a estudiar esta carrera y por fin, ya llegue al final de esta etapa, ¡¡¡ Te quiero mucho !!!, te extraño.

A Papacito Jesús, por los libros que me obsequiaste, me fueron muy útiles, por la ayuda de mejorar el plano de esta tesis y por el traje que usaré el día del examen profesional. ¡¡¡ Te quiero mucho !!!.

A mis amigas y amigos que estuvieron diciéndome que hay que cerrar círculos, que me quieren volver a ver pero titulado, fueron ustedes como los ángeles que expresan la voluntad de Dios. ¡¡¡ Los quiero y los aprecio mucho !!!



Al Dr. Daniel Aldama Ávalos, porque con usted este tema de tesis continuo y tomó un camino más conveniente y concluyó, por aceptar ser mi asesor, por su invaluable asesoría, tiempo, apoyo, y paciencia que tuvo conmigo en la larga travesía de esta tesis, por sus sugerencias, sin ellas no hubiera conocido a los profesionales que ahora conozco. No tengo como agradeceréte ¡¡¡ Muchas Gracias !!!.



Al Ing. Sergio Ángel Lozano Carranza, porque gracias a usted este tema de tesis tiene sus raíces, por su invaluable asesoría, tiempo, apoyo, y gran paciencia y comprensión conmigo por la decisión que tomé, por el haberme permitido el trabajar unas temporadas con usted, y si yo no lo hubiera conocido, el tema de tesis hubiera sido otro asunto. No tengo como agradeceréte ¡¡¡ Muchas Gracias !!!.

DAIMLERCHRYSLER

Al Gerente del Producto Motores y Tren de Fuerza Ing. Luis Alonso González Aguirre y al Ingeniero Senior del Producto Plataforma Camiones Ing. Alvaro Franco Romero, porque ustedes me recibieron en el Corporativo de DAIMLERCHRYSLER de México y me brindaron su tiempo, su atención, su apoyo, el material e información invaluable para esta tesis, además gracias a ustedes pude estar unos días trabajando en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México. Los aprecio mucho. ¡¡¡ Muchas Gracias !!!.

DAIMLERCHRYSLER

En aquel entonces al Director de Ingeniería del Producto Ing. Mario Medina Ramírez. A los actuales: Gerente General Plataforma Camiones Ing. Andrónico González Ocampo, y el Gerente de Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México. Ing. José Manuel Santiago de DAIMLERCHRYSLER de México por el seguimiento que hicieron para la autorización de mi ingreso

a los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México. ¡¡¡ Muchas Gracias !!!.



DAIMLERCHRYSLER

Al Gerente de Ingeniería de Materiales Ing. Metalúrgico Carlos Rene Millán Castillo, por su autorización del trabajar junto con el Ing. Metalúrgico Luis Antonio Barrera Vidal en esos 2 días en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México. ¡¡¡Muchas Gracias!!!.



DAIMLERCHRYSLER

Al Ing. Senior de Desarrollo de Materiales Luis Antonio Barrera Vidal, por haber aceptado el ayudarme, por su invaluable apoyo, tiempo, paciencia y asesoría que tuvo conmigo en esos 2 días en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México y en los días posteriores. Sin usted no habría Capitulo II. ¡¡¡Muchas Gracias !!!.



Thanks to Mark R. Aue, Thanks a lot for receiving my phones calls and for your great help. If I hadn't known the right EVS and the mechanical and physical properties and the prices, this thesis work would be spread and incomplete. Thank you so much !!!.



Al Ing. Mec. Eric Castillo, por la información que me brindaste para realizar los cálculos de comercialización y los contactos de las casas rectificadoras de motores. ¡¡¡Muchas Gracias!!!.



Al M. en I. Alberto Reyes Solís, al Ing. Cassiodoro Domínguez Crisanto y al Ing. José Guadalupe Sánchez Barrales por haber aceptado el revisar esta tesis y ser parte de mi examen profesional, muchas gracias por sus comentarios sugerencias y correcciones, ¡¡¡se los agradezco mucho!!!.



Al Ing. Rosendo Méndez Gallo por haberme enseñado como calcular las condiciones y los tiempos de torneado y al Ing. Angel Sánchez Razo por enseñarme a utilizar el torno Pinacho A.74 en esos días. ¡¡¡ Muchas Gracias !!!.



A Adriana Mendez C. Ejecutivo de Cuenta, por tu gran ayuda, tiempo, por el trato amable, por la información que me brindaste del sistema de carburación y por el tesito también. ¡¡¡Muchas Gracias !!!.



Al Ing. Carlos Castañeda Cerda,

por su amable atención y por la información recibida, sin ella no habría comparación en las propiedades de los materiales. ¡¡¡Muchas Gracias !!!.



Al Sr. Pedro Martínez por recibirme, por su asesoría, por la información recibida, por los folletos y tiempo concedidos, ¡¡¡Muchas Gracias!!!.

## **INTRODUCCIÓN**

<b>I – ASPECTOS CONCEPTUALES</b>	<b>1</b>
<b>I.1- ANTECEDENTES Y CONCEPCIÓN DE LA IDEA</b>	<b>1</b>
<b>I.2 – JUSTIFICACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>I.3 - HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>I.4 – OBJETIVO</b>	<b>3</b>
<b>I.5 – METODOLOGÍA</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVO PARTICULAR 1</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVO PARTICULAR 2</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO PARTICULAR 3</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO PARTICULAR 4</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO PARTICULAR 5</b>	<b>4</b>
<b>I.6 - MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>I.6.1- METALURGIA DE POLVOS</b>	<b>4</b>
<b>I.6.1.1 – COMPACTACIÓN Y SINTERIZACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>I.6.1.2 – METALURGIA DE POLVOS FERROSOS</b>	<b>7</b>
<b>I.6.2 – EL ACERO DE BAJA ALEACIÓN AL CROMO-MOLIBDENO AISI-SAE 4140</b>	<b>12</b>
<b>I.6.2.1 – EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>I.6.2.2 – EL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO AISI-SAE 4140</b>	<b>14</b>
<b>I.6.3. – EL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA</b>	<b>15</b>
<b>I.6.3.1 – LA RECESIÓN DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE</b>	<b>16</b>
<b>I.6.4 – LA GARANTÍA QUE BRINDA DAIMLERCHRYSLER DE MÉXICO</b>	<b>17</b>
<b>I.6.5 – EL GAS L P</b>	<b>17</b>
<b>I.6.6 – EL SISTEMA DE CARBURACIÓN A GAS L P IMPCO “PREMIER”</b>	<b>18</b>
<b>I.6.6.1 – OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CARBURACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>I.6.6.2 – LA NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-005-SEDG-1999</b>	<b>19</b>
<b>I.6.6.3 – VERIFICACIÓN Y DICTAMEN TÉCNICO</b>	<b>21</b>
<b>I.6.6.4 – EL MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR</b>	<b>22</b>
<b>I.6.6.5 – GARANTÍA Y SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL QUE BRINDA EL EQUIPO DE CARBURACIÓN A GAS L. P. IMPCO “PREMIER”</b>	<b>22</b>
<b>I.6.6.6 – EL HOLOGRAMA TIPO CERO “0” DE VERIFICACIÓN VEHICULAR Y LA EXENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES</b>	<b>23</b>
<b>I.6.6.7 – COSTO DE LOS MANTENIMIENTOS</b>	<b>23</b>
<b>I.6.6.8 – ANÁLISIS DE AHORRO Y RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN</b>	<b>24</b>
<b>I.6.7 – MAQUINABILIDAD</b>	<b>25</b>
<b>I.6.8 - PROPUESTA DE COMERCIALIZACIÓN DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE DE LA CABEZA DEL MOTOR DODGE HEMI MAGNUM V8 DE 5.7 LITROS</b>	<b>25</b>
<b>I.6.8.1 – ENCUESTA REALIZADA A CASAS RECTIFICADORAS DE MOTORES EN EL DISTRITO FEDERAL</b>	<b>27</b>
<b>I.6.8.2- LA INDUSTRIALIZADORA DANAMEX SA DE CV</b>	<b>31</b>
<b>I.7 – CONCLUSIONES</b>	<b>31</b>
<b>II – ANÁLISIS METALÚRGICO COMPARATIVO</b>	<b>34</b>
<b>II.1 - DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>	<b>34</b>
<b>II.1.1 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO- AZUFRE DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO SAE- AISI 4140</b>	<b>34</b>
<b>II.1.2 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO SAE- AISI 4140</b>	<b>35</b>
<b>II.2 – ANÁLISIS METALOGRAFÍCO</b>	<b>38</b>
<b>II.2.1 – EXTRACCIÓN Y ENCAPSULADO DE LAS MUESTRAS</b>	<b>38</b>
<b>II.2.2 – ABRASIÓN Y PULIDO FINAL</b>	<b>40</b>
<b>II.2.3 – ATAQUE QUÍMICO</b>	<b>40</b>
<b>II.3 – PRUEBA MECÁNICA DE DUREZA</b>	<b>40</b>

II.3.1 – DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DUREZA DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO AISI-SAE 4140	40
II.4 - RESULTADOS DEL ANÁLISIS METALÚRGICO	41
II.4.1 – DETERMINACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA	41
II.4.2- RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO- AZUFRE Y DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN	42
II.4.3 – PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE MS-8277 A / PMF16 Y DEL ACERO AISI-SAE 4140	44
II.5 – CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS METALÚRGICO COMPARATIVO	44
III – PROCESO DE REMANUFACTURA DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE	46
III.1 - LIMPIEZA DESENGRASANTE DE LA CABEZA	46
III.2 - LIMPIEZA DE LA CABEZA POR MEDIOS MECÁNICOS	46
III.3 - INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (MAGNAFLUX) DE FISURAS EN ASIENTOS DE VÁLVULAS	47
III.4 – MEDICIÓN DE LA ALTURA DEL VÁSTAGO DE VÁLVULA	47
III.5 - MANDRINADO DEL ASIENTO INTEGRAL DE VÁLVULA DE ESCAPE	48
III.6 - MAQUINADO EN TORNO PARALELO DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA ESCAPE	52
III.7 - INSERCIÓN DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE EN LA CABEZA DEL MOTOR	72
III.8 - CEPILLADO DE VÁLVULAS	72
III.9 - RECTIFICADO DE VÁLVULAS	73
III.10 - MAQUINADO DE LOS ÁNGULOS EN EL ASIENTO DE VÁLVULA	74
III.11 - ASENTADO DE VÁLVULA	77
III.12 - LIMPIEZA DE LA CABEZA	78
III.13 – COSTO DEL PROCESO DE REMANUFACTURA	78
III.14 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REMANUFACTURA DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE	78
IV – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	

# INTRODUCCIÓN.

El motor es la fuente de propulsión o la planta de poder que poseen los vehículos automotores. Un motor es una maquina que convierte la energía térmica en energía mecánica. El calor de la combustión de un combustible produce potencia.

En este trabajo de tesis se analizan metalúrgicamente y en cuanto a propiedades mecánicas y físicas al Inserto Asiento de Válvula de Escape indicado para funcionar con Gas L. P. de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum de 5.7 litros comparándolo con el acero AISI-SAE 4140 que se emplea en la remanufactura del asiento de válvula de escape en cabezas de motores Dodge Magnum V8 de 5.9 litros, también con funcionamiento a Gas L. P.

Con los resultados de los análisis mencionados se demostrará que el Inserto posee propiedades mecánicas superiores a alta temperatura, una maquinabilidad similar a la del acero mencionado y que su precio de venta a las casas rectificadoras de motores puede ser competitivo con el acero empleado en la remanufactura del asiento de válvula de escape.

Se pretende que DAIMLERCHRYSLER de México y FEDERALMOGUL consideren la comercialización de este inserto en las agencias Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorrefacciones en el Distrito Federal, además se pretende que los propietarios de casas rectificadoras estén informados de que este Inserto estaría a la venta, de que ellos podrían indicar a sus clientes de que la remanufactura de los asientos de válvulas de escape puede ser realizada con un Inserto sinterizado de calidad DAIMLERCHRYSLER, los propietarios de casas rectificadoras harían saber a sus clientes de que obtendrían un periodo mayor de garantía en cuanto a la durabilidad de este inserto.

Lo expuesto anteriormente tiene como objetivo de que el inserto mencionado sea introducido comercialmente y aceptado por los propietarios de casas rectificadoras de motores en el Distrito Federal.

Durante varias décadas, un porcentaje considerable de empresas dedicadas al transporte de carga y de servicios han convertido sus vehículos de distribución a sistemas de carburación a Gas L. P. para poder circular todos los días del año y obtener un ahorro del 18.78% en la compra de combustible. Hoy en día, esta tendencia de convertir vehículos que funcionan con gasolina a Gas L. P. continua.

El Gas L. P. es un combustible seco y bastante más agresivo que la gasolina, que puede originar la recesión del asiento de válvula de escape. Esto aunado a que algunas empresas y propietarios con vehículos con funcionamiento a Gas L. P. no proporcionan a tiempo los servicios de mantenimiento a sus vehículos, la probabilidad de recesión en el asiento de válvula de escape se incrementa.

Debido a lo anterior, se incluyen los aspectos básicos en los mantenimientos menores y mayores a vehículos con sistemas de carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER".

El motor puede reconstruirse para su reutilización. Esto puede conseguirse por medio de la rectificación de las piezas gastadas, también por medio de la remanufactura o reconstrucción de estas, o simplemente cambiando la parte dañada por una nueva. Esto anterior para restaurar las tolerancias correctas que deben existir entre cada una de las partes del motor.

La comercialización del Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad Dodge sería la opción óptima para remanufacturar el asiento de válvula de escape en la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P. Las casas rectificadoras de motores brindarían la garantía de 2 años o 40,000 kilómetros lo que ocurra primero y los propietarios de vehículos Dodge a Gas L. P. estarían concientes de que su vehículo está funcionando nuevamente con un material de calidad DAIMLERCHRYSLER resistente a la alta temperatura de combustión del Gas L. P.

En el Capítulo I se explica que el acero AISI 4140 empleado en la remanufactura de asientos de válvula de escape puede ser sustituido por insertos sinterizados que ofrecen un desempeño superior en condiciones de trabajo en motores con funcionamiento a Gas L. P. Se redacta la metodología a seguir para lograr el análisis metalúrgico y de propiedades mecánicas y físicas de los materiales involucrados.

La teoría expuesta explica la influencia de los elementos de aleación en las propiedades de los materiales que se analizan, así mismo, se describe el sistema de carburación a Gas L. P. y de los mantenimientos que son cruciales para evitar la pronta recesión del asiento de válvula de escape. Finalmente, el cálculo del precio de venta aproximado del inserto asiento de válvula de escape de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros en el Distrito Federal.

En el Capítulo II se narra la metodología del análisis metalúrgico para identificar los grados de aleación en los materiales sinterizados y del acero por medio de la determinación de la composición química y el grado de dureza, además de descubrir sus respectivas microestructuras que ayudaran a corroborar sus propiedades mecánicas.

En el Capítulo III se describe a detalle el proceso de remanufactura del asiento de válvula de escape de la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros que está fuera de producción, empleando el acero AISI 4140 para fabricar el inserto asiento de válvula de escape.

En el Capítulo IV se presentan las conclusiones y recomendaciones generales de este trabajo de tesis, incluyendo las conclusiones del Análisis Metalúrgico y de propiedades mecánicas de los materiales involucrados y de remanufactura.

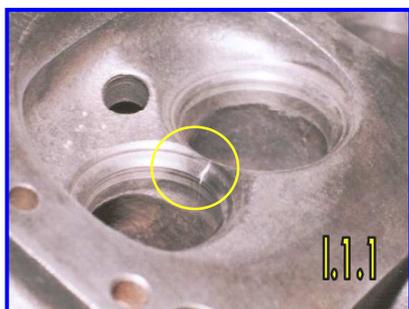
## I – ASPECTOS CONCEPTUALES.

En este capítulo, en la concepción de la idea, se describe brevemente la situación que presentan los asientos integrales de válvula de escape de la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros con funcionamiento a Gas L. P. y el acero que se emplea para realizar la remanufactura de estos. Por medio de los Ingenieros de DAIMLERCHRYSLER de México se supo que el motor antes mencionado está fuera de producción y que el motor Dodge HEMI Mágnum V8 de 5.7 litros es el actual en producción, además concedieron los Insertos de la cabeza de este motor sugiriendo fuesen integrados en el cuerpo de esta tesis. Por esta razón el análisis metalúrgico de los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión del motor antes mencionado se vuelven el cuerpo principal de esta tesis.

En la justificación se describe la razón para realizar el análisis metalúrgico comparativo del Inserto Asiento de Válvula de Escape con el acero AISI-SAE 4140 empleado en la remanufactura y la importancia de la comercialización de los Insertos de calidad DAIMLERCHRYSLER.

### I.1- ANTECEDENTES Y CONCEPCIÓN DE LA IDEA.

En los talleres de rectificación Motores y Turbinas LYV S.A. de C.V. se reciben entre otras, cabezas del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros con funcionamiento a Gas L. P. que generalmente presentan fisuramiento en el área de asiento de válvula de escape como lo muestra la fotografía I.1.1.



**Fotografía I.1.1:** Fisura en los asientos integrales de escape y de admisión de la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros. Detección mediante Magnaflux. Se utilizó cámara fotográfica Canon F1, con rollo fotográfico AGFA ASA 200, con flash, con retoque digital.



**Fotografía I.1.2:** Inserto Asiento de Válvula de Escape fabricado con acero AISI-SAE 4140. Se utilizó cámara digital samsung. Resolución 2 megapíxeles.

La reparación se realiza con la remanufactura del asiento de válvula de escape empleando el acero AISI-SAE 4140 para fabricar el inserto asiento de válvula de escape que se muestra en la fotografía I.1.2.

Este tema de tesis surgió en base a la inquietud de determinar el comportamiento mecánico del acero antes mencionado bajo las condiciones de alta temperatura de la combustión del Gas L. P. Se decidió recurrir al Corporativo DAIMLERCHRYSLER de México por información técnica acerca de la cámara de combustión del motor mencionado. Muy amablemente El Ingeniero Luis Alonso González Aguirre Gerente del Producto Motores y Tren de Fuerza y el Ingeniero Senior del Producto Alvaro Franco Romero, informaron que el motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros está fuera de producción y que el motor que está en producción actualmente es el Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros. Generosamente donaron los Insertos Asiento de Válvula de Escape y el Asiento de Válvula de Admisión de la cabeza del motor mencionado, sugiriendo se incluyeran en el cuerpo de la tesis. Los Insertos que donaron los Ingenieros de DAIMLERCHRYSLER de México se muestran en las fotografías I.1.3 y I.1.4, respectivamente.



**Fotografía I.1.3:** Inserto Asiento de Válvula de Escape sinterizado de la cabeza del nuevo motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros. Cámara digital Samsung. Resolución 2 megapíxeles.



**Fotografía I.1.4:** Inserto Asiento de Válvula de Admisión sinterizado de la cabeza del nuevo motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros. Cámara digital Samsung. Resolución 2 megapíxeles.

Se planeaban realizar análisis comparativos de comportamiento mecánico a alta temperatura de estos materiales. Por la complejidad de los análisis mencionados, no fue viable el realizarlos.

Finalmente se decide dar un enfoque comercial, al proponer que los propietarios de pick-ups o camiones Dodge con Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P. tengan la opción de remanufacturar los Asientos de Válvula de Escape con Insertos de calidad DAIMLERCHRYSLER. Además se decide analizar metalúrgicamente tomando como material principal de comparación el Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del Motor mencionado con el acero AISI-SAE 4140, para corroborar que las propiedades mecánicas del Inserto mencionado son superiores a las del acero.

## I.2 - JUSTIFICACIÓN.

Esta tesis se justifica con tres argumentos. El primer argumento menciona que los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros no se comercializan en los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorefacciones, ya que estos están insertados en la cabeza del motor desde la planta de ensamble. En caso de que un propietario de un camión o pick-up Dodge con el Motor mencionado con funcionamiento a Gas L. P. requiriese de un juego de Insertos Asientos de Válvulas debido a que los asientos de válvula de escape han presentado recesión, el propietario tendría como primera opción adquirir una nueva cabeza del motor con un precio elevado, la segunda opción que el propietario tendría sería recurrir a un taller de rectificación de motores en donde se remanufacturarían los asientos de válvulas de escape generalmente con un acero AISI-SAE 4140.

El segundo argumento es apoyado por la entrevista realizada al Ingeniero Juan Antonio Salido, Gerente de Carbugas de México S.A. de C.V., quien informa que camiones con Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P. no han presentado recesión en los asientos de válvulas de escape, pero añadió, que debido al poco mantenimiento que el propietario brinda al sistema de carburación de Gas L.P., la recesión o el fisuramiento en el asiento de válvula de escape podría presentarse en el futuro.

Y en el tercer argumento se expone, que es un hecho, que el empleo del acero mencionado es una opción de remanufactura en México D. F., sin embargo, es un material no avalado por DAIMLERCHRYSLER de México, además, actualmente no existe la opción de remanufactura de asientos de válvulas de escape con materiales de calidad DAIMLERCHRYSLER.

Expuesto lo anterior, se justifica que el Inserto Asiento de Válvula de Escape especialmente, de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros será comparado con el acero AISI-SAE 4140 y

serán sometidos a un análisis metalúrgico y metalográfico comparativos, pruebas de dureza y comparación de algunas propiedades mecánicas y físicas para corroborar que el Inserto de calidad referida posee un comportamiento mecánico a alta temperatura superior que el acero antes mencionado.

Por lo anterior, se justifica la propuesta de comercialización del Inserto Asiento de Válvula de Escape a través de los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorefacciones en el Distrito Federal.

Se demostrará que la remanufactura con Insertos de calidad referida sería la opción óptima para remanufacturar los asientos de válvulas de escape en cabezas de Motores Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P.

### **I.3 - HIPÓTESIS.**

Con los resultados de esta tesis será posible presentar argumentos válidos para que DAIMLERCHRYSLER de México y FEDERALMOGUL Valvetrain North America y FEDERALMOGUL de México tomen en consideración la importancia de comercializar en el Distrito Federal, el Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P., brindándole la opción al propietario de un camión o pick-up Dodge con el motor antes mencionado, del remanufacturar los asientos de válvula de escape con Insertos de calidad DAIMLERCHRYSLER.

Además, en base a los resultados del análisis metalúrgico comparativo se comprobará principalmente que el Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del motor mencionado tiene un comportamiento mecánico superior, en comparación con el acero al cromo-molibdeno AISI-SAE 4140, además, se compararán sus maquinabilidades y demostrando que el precio final de venta del Inserto es competitivo. Expuesto lo anterior, se demostrará la importancia de que el Inserto Asiento de Válvula de Escape, sea comercializado en los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorefacciones en el Distrito Federal.

### **I.4 – OBJETIVO.**

Investigar el comportamiento mecánico y físico a temperatura ambiente y alta temperatura del Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P. comparándolo con el acero AISI- SAE 4140 empleado en la remanufactura de asientos de válvula de escape, a base de un análisis metalúrgico comparativo, pruebas mecánicas de dureza y con el análisis de algunas propiedades mecánicas y físicas para comprobar que el Inserto de la cabeza del motor mencionado posee propiedades mecánicas superiores, una maquinabilidad similar y un precio competitivo en comparación con el acero empleado en la remanufactura de los asientos de válvula de escape.

Además, se calculará el precio de venta final del Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad referida y se realizará una encuesta a Gerentes y Propietarios de casas rectificadoras de motores, para integrar la propuesta de comercialización del Inserto en los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y casas de autorefacciones en el Distrito Federal.

Finalmente, describir con detalle el proceso de remanufactura del asiento de válvula de escape en la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros.

### **I.5 - METODOLOGIA.**

**Objetivo Particular 1:** Realizar análisis metalúrgicos a los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros y al acero AISI-SAE 4140 para determinar:

- El porcentaje en peso de la composición química.
- La microestructura.

**Objetivo Particular 2:** Realizar pruebas mecánicas de dureza a los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros y al acero AISI-SAE 4140.

**Objetivo Particular 3:** Analizar comparativamente las propiedades mecánicas y físicas del Inserto Asiento de Válvula de Escape con el acero AISI-SAE 4140 para determinar sus comportamientos mecánicos a temperatura ambiente y a alta temperatura.

**Objetivo Particular 4:** Realizar una propuesta de comercialización aceptable del Inserto Asiento de Válvula de Escape de la Cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros en agencias Chrysler-Jeep-Dodge y casas de autorefacciones en el Distrito Federal.

**Objetivo Particular 5:** Realizar el proceso de remanufactura del asiento de válvula de escape en la Cabeza del Motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros.

## I.6 - MARCO TEÓRICO.

Los aceros sinterizados ofrecen mejoradas propiedades mecánicas a alta temperatura debido a la distribución homogénea de los elementos de aleación en comparación con los aceros aleados. El motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros posee Asientos de Válvula de Escape de acero de alta velocidad sinterizados.

DAIMLERCHRYSLER de México comercializa su camión Dodge 4000 con motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros. Cuando el Camión antes mencionado es convertido para funcionar con Gas L. P., la garantía que ofrece DAIMLERCHRYSLER de México es de 2 años o 40,000 kilómetros, lo que ocurra primero, cuando el equipo de carburación a Gas L. P. instalado en el camión Dodge 4000 es de la marca IMPCO "PREMIER". Poco más del 50% de estas unidades vendidas a nivel nacional, han sido convertidas para utilizar Gas L. P. como combustible.\* El Gas L. P. que es utilizado como combustible sustituto de la gasolina en vehículos de transporte privado y particular ha sido durante décadas una alternativa conveniente puesto que existe un ahorro del 18.78%\*\* en la compra de Gas L. P., además, los vehículos con funcionamiento a Gas L. P. están exentos del programa "Hoy No Circula" incluso en periodos de contingencia ambiental. Sin embargo, el Gas L. P. por ser un combustible seco, genera un mayor degradamiento en las partes que constituyen la cámara de combustión principalmente en el asiento de válvula de escape.

En un porcentaje considerable, la remanufactura del asiento de válvula de escape en camiones o pick-ups Dodge con funcionamiento a Gas L. P será necesaria en el futuro, debido a la recesión del asiento de válvula de escape. Por ello la propuesta de comercialización del Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER en el Distrito Federal. Los propietarios de estos vehículos obtendrían un mayor beneficio en cuanto a calidad, durabilidad, garantía y precio.

### I.6.1 - METALURGIA DE POLVOS.

La metalurgia de polvos es una técnica de proceso que envuelve la producción de polvos de metal y conversión de estos polvos en estructuras de ingeniería útiles. Los pasos esenciales para producir

---

\* Cifra estimada por los Ingenieros de DAIMLERCHRYSLER de México.

\*\* Análisis de ahorro mensual calculado, ver pagina 24.

estas estructuras son la compactación de los polvos de metal en máquinas troqueles rígidos con forma para producir compactos verdes y el subsiguiente sinterizado que es el calentamiento del compactado a alta temperatura por debajo del punto de fusión de los productos o al menos de sus constituyentes principales para adherir las partículas entre sí por difusión.<sup>17</sup>

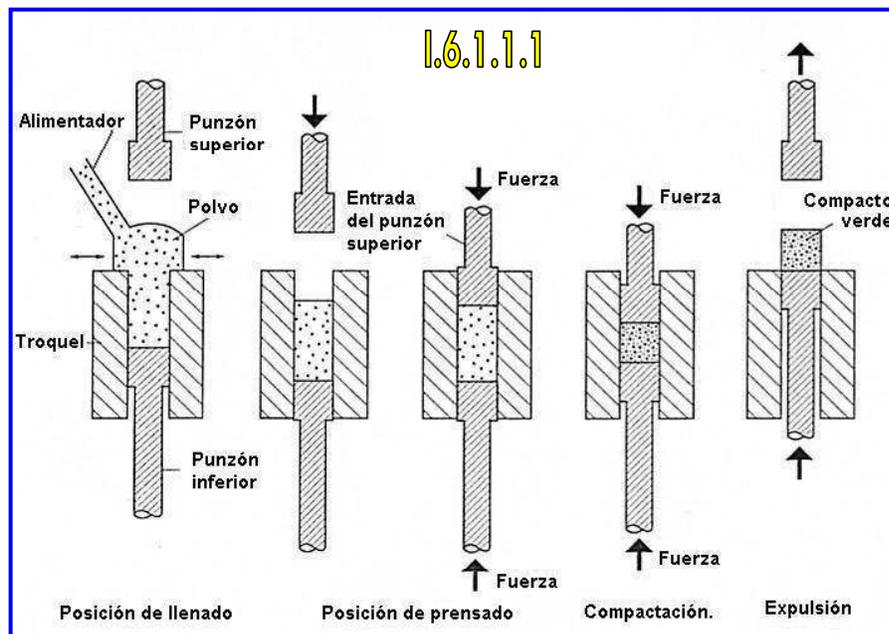
### I.6.1.1 – COMPACTACIÓN Y SINTERIZACIÓN.

El objetivo de la compactación es el de comprimir las partículas hacia una forma, incrementar la densidad y proveer de resistencia al compacto.

En la compactación el polvo de hierro es comprimido a una alta densidad por la aplicación de presión. Sin embargo, en el estado comprimido, el compacto verde tiene una resistencia modesta y requiere sinterización para obtener alta resistencia. La compactación deforma las partículas la cual está asociada con la disminución en porosidad y ganancia en resistencia de las partículas adheridas. Existen muchas opciones de compactación. En la metalurgia de polvos se usan bastante las altas presiones y equipo robusto para deformar las partículas a temperatura ambiente en formas deseadas bajo esfuerzos uniaxiales. La compactación uniaxial es la más prevalente.

La compactación en máquina troquel comprende la presurización del polvo en un equipo herramienta rígido que consta del cuerpo del troquel, punzón inferior, punzón superior y alimentador.

Primeramente, por un alimentador el polvo es descargado por gravedad dentro de la cavidad del troquel abierto y el punzón inferior está en la posición de llenado durante la descarga del polvo, entonces este desciende a una posición inferior creando más espacio para el punzón superior que entra en la cavidad del troquel. Comúnmente en un ciclo de prensado los dos punzones trabajan hacia el centro del compacto para densificar el polvo con un prensado de doble acción. Después de la aplicación de la presión pico, el punzón superior es extraído del troquel mientras el punzón inferior empuja el compacto verde afuera de la cavidad. Después de este punto el ciclo se repite. El ciclo de compactación en troquel es mostrado en la figura I.6.1.1.1.<sup>17</sup>



<sup>17</sup> Powder Metallurgy of Iron and Steel. Randall M. German. The Pennsylvania State University. John Wiley & Sons, Inc. Product Features. p.: 29.

\* Compacto Verde: Llamado así al comprimido después de la compactación.

<sup>17</sup> op cit. Compaction. Page: 128-130.

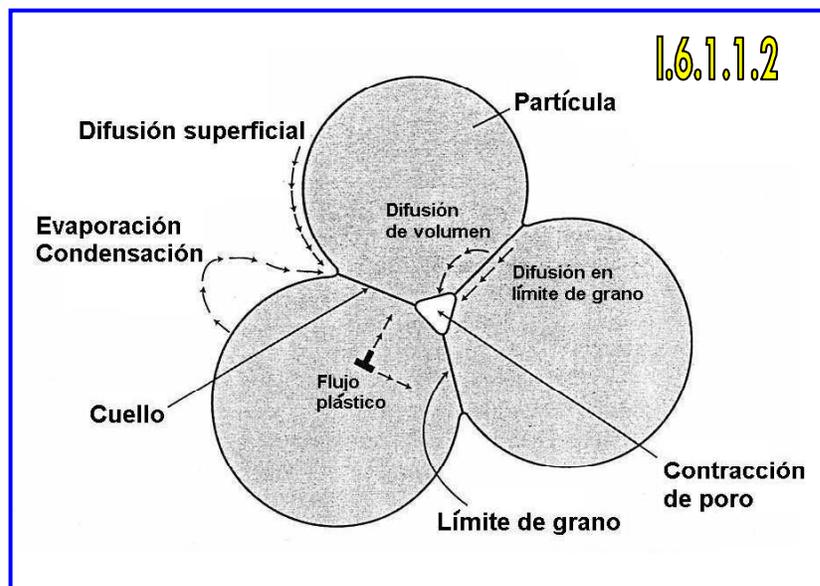
Cuando un polvo de acero es comprimido, las partículas se deslizan entre sí, se deforman, se adhieren y endurecen. Después de la compactación las partículas se vuelven lisas, con caras planas donde los contactos deformaron. Las partículas han sido deformadas y forzadas a conformarse unas con otras, con cierto enclavamiento. Esencialmente, la compactación fuerza las partículas hacia un contacto íntimo hasta deformarse con un perfil poligonal. Esto es lo que confiere a la partícula la resistencia en verde.

La sinterización es el paso clave para transformar el compacto verde en una estructura de alta resistencia. Esto involucra el calentamiento del compacto a una temperatura donde las partículas sueldan unas con otras. La mejoría de la resistencia ocurre a nivel atómico. Las adhesiones por soldadura entre las partículas se forman y crecen a través del movimiento de los átomos individuales. La sinterización contribuye al cambio de la estructura en una microestructura establecida. El tamaño de grano se incrementa y puede volverse más grande que la partícula inicial. La transición de partícula a grano ocurre cuando las partículas sinterizadas, forman una estructura consistente de muchos granos. Durante la sinterización, la microestructura muestra cambios en porosidad, tamaño de poro y la forma de poro. A la temperatura de sinterización la tasa alta de movimiento atómico promueve progresivamente el crecimiento de adhesiones entre las partículas con cuellos interpartículas establecidos. El flujo atómico es altamente dependiente de la temperatura, a más altas temperaturas se incrementa el movimiento atómico. Entonces, hasta cierto punto, a más altas temperaturas generalmente se mejoran las propiedades de sinterizado.

El compacto es introducido en un horno para sinterizar, el primer resultado durante el calentamiento es la remoción de lubricantes y otras adiciones de polímeros usados para dar forma al compacto, para facilitar el prensado y conferir adherencia a las partículas. El proceso es denominado pirólisis. Esto significa que el polímero es calentado a una temperatura donde se vuelve inestable y se evapora. El calentamiento primeramente derrite el polímero y entonces las adhesiones moleculares se rompen, formando pequeñas moléculas que se evaporan del compacto. Esto se cumple a temperaturas por debajo de los 550 °C.

Subsecuentemente, el compacto es calentado a alta temperatura que induce el movimiento atómico y la adhesión por sinterización, en un rango de temperatura de 1100 a 1350 °C.

Dos distinciones importantes relacionadas en transporte de masa se relacionan con los átomos que originan la formación de adhesiones. La primera es el transporte superficial, el átomo proviene de la superficie de un poro. La segunda es el transporte de volumen o de masa donde el átomo proviene desde el interior de las partículas. La importancia de esta distinción se refiere a la contracción o cambio dimensional durante la sinterización. El transporte superficial no da cambios dimensionales, mientras que el transporte de volumen o de masa produce contracción.



La figura I.6.1.1.2<sup>17</sup> esquematiza tres partículas que sufren la sinter-adhesión y muestra las diversas rutas que los átomos pueden tomar para formar la adhesión por sinterización.

La sinter-adhesión entre las partículas en contacto es la región crítica. Este es el punto donde los átomos son depositados para mejorar la resistencia del compacto. El crecimiento de los cuellos ocurre con mayor rapidez a más altas temperaturas. La contracción está asociada con el incremento en densidad.

A la temperatura pico el compacto sinterizado es enfriado a temperatura ambiente y removido del horno. Las fases de transformación pueden ser manipuladas durante el enfriamiento para inducir altas resistencias.<sup>17</sup>

### I.6.1.2 – METALURGIA DE POLVOS FERROSOS.

Las aleaciones ferrosas constituyen el dominio en la metalurgia de polvos y los componentes automotrices constituyen la aplicación principal.

Los elementos de aleación son añadidos a los materiales de metalurgia de polvos ferrosos por las mismas razones que son añadidos a los aceros forjados y a los aceros fundidos, primeramente para mejorar la resistencia y la templabilidad.<sup>1</sup>

Una aplicación de los aceros para herramienta por metalurgia de polvos es la de fabricar asientos de válvulas para motores de automóviles.<sup>17</sup> Dentro de la clasificación de los aceros para herramienta por metalurgia de polvos se encuentran los aceros de alta velocidad sinterizados.

El Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros es un acero herramienta de alta velocidad sinterizado, con lubricantes sólidos para alta temperatura y una aleación de óxidos metálicos<sup>10</sup>.

Los aceros de alta velocidad sinterizados son básicamente un grupo de aleaciones a base de hierro conteniendo de 20-30% de elementos de aleación en forma de carburos. El suavizamiento de estos aceros no es apreciable hasta que se alcanzan los 600 °C. La microestructura de estos sinterizados consiste en una matriz de martensita templada tenaz con una dispersión de carburos resistentes al desgaste y de alta dureza.

Los aceros de alta velocidad sinterizados pueden contener una gran cantidad de pequeñas partículas de carburos distribuidos homogéneamente en la matriz, en donde esto no puede ser logrado por métodos convencionales. Otras ventajas de estos sinterizados es que la flexibilidad de aleación puede incrementarse, se mejora la tenacidad, tienen buena maquinabilidad y se mejora la vida del sinterizado.<sup>16</sup> Estos aceros por metalurgia de polvos proveen al menos el doble de vida de servicio en comparación con las fundiciones de aceros para herramientas<sup>17</sup>.

Los elementos de aleación básicos de los aceros de alta velocidad son: el carbono (C), cromo (Cr), tungsteno o wolframio (W), molibdeno (Mo) y vanadio (Va)<sup>16</sup>. El Inserto Asiento de Válvula de Escape dentro de su composición química contiene los elementos de aleación mencionados, además de manganeso (Mn). La Tabla I.6.1.2.1 muestra la composición química de este Inserto.

<sup>17</sup> op cit. Atomic Motion. p.: 189.

<sup>17</sup> op cit. Sintering Behavior. Pages: 181-182. Current Situation. p.: 30.

<sup>1</sup> ASM HANDBOOK. Volume 1. Properties and Selections: Irons, Steels and High Performances Alloys. ASM Internacional Handbook Committee. ASM International. Composition. p.: 809.

<sup>17</sup> op cit. Wear. p.: 458.

<sup>10</sup> FEDERALMOGUL PMF-16 Sintered Powder Metal Specification Sheet. Material Type.

<sup>16</sup> Sintered Metallic and Ceramic Materials. Preparation Properties and Applications. G.S. Upadhyaya. John Wiley & Sons, LTD. Sintered High-Speed Steels. p.: 143.

<sup>17</sup> op cit. Wear. p.: 458.

<sup>16</sup> op cit. Sintered High-Speed Steels. p.: 143.

<b>TABLA I.6.1.2.1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.<sup>6</sup></b>	
<b>Elemento</b>	<b>Composición química (%)</b>
Carbono	0.7 - 1.1
Cromo	3.5 - 4.5
Molibdeno	4.5 - 7.5
Tungsteno	6.0 - 7.0
Vanadio	1.5 - 2.5
Manganeso	0.2 - 0.5
Oxidos Metálicos	2.0 – 4.0
Hierro	Balance

El Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros posee una microestructura martensítica con una distribución de carburos. Los elementos tales como el molibdeno, tungsteno y vanadio son formadores de carburos, además del cromo. Estos elementos son también añadidos para incrementar la templabilidad y resistencia y promueven la formación de martensita.

Con respecto a el Inserto Asiento de Válvula de Admisión de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros, es un acero al molibdeno sinterizado con sulfato de manganeso y una aleación de óxidos metálicos.<sup>9</sup> Este Inserto posee una microestructura perlítica y esta aleación tiene una alta resistencia al impacto<sup>2</sup>.

Los elementos de aleación que posee este Inserto son: el carbono (C), cobre (Cu), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y azufre (S). La Tabla I.6.1.2.2 muestra la composición química de este Inserto.<sup>18</sup>

<b>TABLA I.6.1.2.2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ADMISIÓN.<sup>7</sup></b>	
<b>Elemento</b>	<b>Composición química (%)</b>
Carbono	0.65 - 0.9
Molibdeno	0.6 - 0.9
Níquel	0.2 - 0.6
Cobre	1.75 - 2.25
Manganeso	0.2 - 0.6
Azufre	0.2 – 0.35
Hierro	Balance

<sup>6</sup> DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-8277-A "Powder Metallurgy-Exhaust Valve Seat Materials. page: 2.

<sup>9</sup> FEDERALMOGUL PMF-3 Sintered Powder Metal Specification Sheet. Material Type.

<sup>2</sup> ASM HANDBOOK. Volume 7. Powder Metal Technologies and Applications. ASM Internacional Handbook Committee. ASM International. Iron-Base Powders. p.: 1073.

<sup>18</sup> Sintered Metallic and Ceramic Materials. Preparation Properties and Applications. G.S. Upadhyaya. John Wiley & Sons, LTD. Sintered High-speed Steels. P.: 143.

<sup>7</sup> DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-6946-B "Powder Metallurgy-Intake Valve Seat Materials. page: 2.

### I.6.1.2.1 – LA INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN.

Se describirá la influencia de los elementos de aleación que conforman a los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros como sigue.

#### I.6.1.2.1.1 – La influencia del contenido de carbono en sinterizados.

El carbono es el elemento de aleación más importante en las aleaciones de metalurgia de polvos porque este fortalece al hierro y lo habilita para ser tratado térmicamente<sup>1</sup>, por lo tanto, el contenido de carbono en el material sinterizado se convierte en la variable más crítica. El contenido de carbono es controlado por la adición de grafito.

Los aceros por metalurgia de polvos de alto contenido de carbono en la condición de sinterizado tienen una microestructura ferrita/perlita. Estos aceros pueden ser tratados para incrementar la resistencia a la tensión, mejorar la dureza y mejorar la resistencia a la fricción.

En el Inserto Asiento de Válvula de Escape, los requerimientos para la máxima mejora de la resistencia es una microestructura que es predominantemente martensítica, pero que contenga suficientes productos de transformación en el centro de la parte que provea tenacidad.

Otra forma de asegurar la mejora en la resistencia en la aleación de metalurgia de polvos es el obtener una microestructura en el núcleo de la parte que debe contener no más de 70% de martensita.

El carbono es necesario para la respuesta del tratamiento térmico y se combina con elementos formadores de carburo que son resistentes al desgaste.<sup>2</sup>

El contenido de carbono puede afectar el carburo así como a la matriz. Esto produce la cantidad requerida y el tipo de carburo, y además tiene un papel importante en la operación de endurecimiento.<sup>18</sup>

Con respecto al Inserto Asiento de Válvula de Admisión, su fortalecimiento es debido a su microestructura perlítica.<sup>1</sup>

#### I.6.1.2.1.2 – La influencia del contenido de molibdeno y tungsteno en sinterizados.

Los sinterizados que contienen cantidades significativas de Tungsteno y/o Molibdeno que se combinan con el carbono forman carburos de Tungsteno y/o Molibdeno. El éxito de un acero herramienta depende de la microestructura. Una distribución fina y homogénea de carburos con tamaño de grano pequeño es más exitosa. Los carburos finos son usados cuando se desean obtener superficies lisas y con mejorada resistencia al impacto. Tales materiales exhiben alta resistencia, tenacidad y resistencia al desgaste.<sup>17</sup>

El molibdeno retarda el comienzo de la transformación perlítica y consecuentemente tiene un efecto muy marcado en la templabilidad de los aceros. Durante el proceso de sinterización, a través de la interdifusión de los componentes en la aleación, las partículas de molibdeno comienzan rápidamente a carburizarse. El molibdeno y el tungsteno desempeñan funciones similares, ambos promueven la resistencia al temple.<sup>18</sup>

El Tungsteno y/o el Molibdeno son elementos de aleación esenciales para el desarrollo de suficiente resistencia al temple, habilitando a estos sinterizados para desempeñarse en operaciones mecánicas de trabajo a altas velocidades. Ambos elementos forman carburos primarios resistentes al

<sup>1</sup> op cit. Composition. p.: 809.

<sup>2</sup> ASM HANDBOOK. Volume 7. Powder Metal Technologies and Applications. ASM International Handbook Committee. ASM International. Heat Treatment of Ferrous Powder Metallurgy Parts. p.: 647. Iron and Carbon Steels. p.: 756. Particulate Metallurgy Tool Steels. p.: 789.

<sup>18</sup> op cit. Alloying Elements in HSS. p.: 143.

<sup>1</sup> op cit. Composition. p.: 809.

<sup>17</sup> op cit. Wear. p.: 457.

<sup>18</sup> op cit. Sintered Fe-Mo alloys. p.: 69-70. Alloying Elements in HSS. p.: 144.

desgaste que parcialmente se disuelven durante el tratamiento térmico para proveer una precipitación fuerte o respuesta de endurecimiento secundaria en el temple. Carburos finos son usados para obtener superficies lisas y mejorar la resistencia al impacto<sup>2</sup>.

#### I.6.1.2.1.3 – La influencia del contenido de cromo en sinterizados.

La oxidación puede ser reducida o incluso prevenida si los elementos son prealeados con otros elementos que son menos sensibles a la oxidación, o usar compuestos que son más resistentes a la oxidación como el cromo. Es sabido que el cromo es un elemento de aleación formador de carburos estables. En la metalurgia de polvos el cromo es añadido en forma de carburos que se mantienen estables durante el calentamiento hacia la temperatura de sinterización.<sup>18</sup>

Los aceros de alta velocidad contienen cerca de 4% de cromo para proveer buena templabilidad durante el tratamiento térmico<sup>2</sup>. El cromo incrementa la fracción de austenita retenida y encabeza el endurecimiento secundario después del temple.<sup>18</sup> También es añadido para promover la formación de martensita<sup>2</sup>.

#### I.6.1.2.1.4 – Influencia del contenido de vanadio en sinterizados.

El vanadio actúa como un refinador de grano, ya que éste provee un carburo muy estable que previene el crecimiento de grano durante el tratamiento térmico.<sup>18</sup>

El Vanadio también contribuye con un endurecimiento secundario durante el tratamiento térmico, pero su función principal es formar carburos resistentes al desgaste.

#### I.6.1.2.1.5 – La influencia del contenido de cobre en sinterizados.

El cobre es frecuentemente añadido al hierro porque éste se funde y se difunde rápidamente, incrementando grandemente la resistencia del hierro. Cuando el cobre se funde, es arrastrado por capilaridad dentro de los poros más pequeños disponibles. El cobre activa la sinterización de las partículas que están en contacto, resultando en una desaparición rápida de los límites de partícula y en un crecimiento de cuello substancial. El cobre también es añadido para controlar el tamaño de la parte durante la sinterización, ya que el níquel induce la contracción y el cobre causa la expansión.

El cobre forma una fase líquida a la temperatura convencional de sinterización de 1120 °C (2050 °F) y se combina con el hierro para formar una solución sólida que provee un incremento considerable en resistencia y dureza.<sup>2</sup>

El cobre además, es utilizado para acelerar los procesos de sinterización y homogenización. El cobre ayuda a disolver el níquel en el hierro e incrementa la templabilidad.<sup>1</sup>

---

<sup>2</sup> op cit. Particle Metallurgy High-Speed Steels. p.: 789-790. Carbides. p.: 1072.

<sup>18</sup> op cit. Sintered Fe-Mn-Cr alloys. p.: 82. Sintered Manganese and Chromium-containing Steels. p.: 83, 85.

<sup>2</sup> op cit. Particle Metallurgy High-Speed Steels. p.: 789.

<sup>18</sup> op cit. Alloying Elements in HSS. p.: 144.

<sup>2</sup> op cit. Martensitic Steels. p.: 1073.

<sup>18</sup> op cit. Alloying Elements in HSS. p.: 144.

<sup>2</sup> op cit. Particle Metallurgy High-Speed Steels. p.: 789. Iron-Cooper Alloys. p.: 726. Nickel Steels. p.: 727. Heat Treatment of Ferrous Powder Metallurgy Parts. p.: 647.

<sup>1</sup> ASM HANDBOOK. Volume 1. Properties and Selections: Irons, Steels and High Performances Alloys. ASM Internacional Handbook Committee. ASM International. Ferrous Powder Metallurgy Materials. p.: 809-810.

La expansión de los aceros al cobre sinterizados es debida a las siguientes cuatro principales contribuciones del cobre:

- Penetración de la colada entre las partículas de hierro.
- Penetración de la colada a lo largo de los límites de grano.
- Difusión de cobre hacia el interior de las partículas de hierro desde la superficie de la partícula.
- Difusión de cobre hacia el interior de los granos de hierro desde los límites de grano.

La penetración del cobre entre las partículas de hierro es el resultado de fuerzas de capilaridad y esta penetración de cobre fundido a lo largo de los límites de grano lidera la densificación del sinterizado.<sup>18</sup>

En la condición de sinterizado los aceros al cobre tienen una microestructura perlítica.<sup>2</sup>

El Inserto Asiento de Válvula de Admisión de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum de 5.7 litros es el que contiene la aleación de cobre.

#### **I.6.1.2.1.6 – La influencia del contenido de níquel en sinterizados.**

El níquel que tiene un punto de fusión más alto en comparación con el cobre, se combina con el hierro por difusión en estado sólido debido a que el níquel no se difunde muy rápidamente en el hierro a la temperatura típica de sinterización de 1120 °C. El níquel fortalece las aleaciones ferrosas fabricadas por metalurgia de polvos a través de un fortalecimiento por solución sólida e incrementa la templabilidad. Los aceros sinterizados con adiciones de níquel son usados principalmente en partes tratadas térmicamente que necesitan una combinación de resistencia, resistencia a la fricción y buena tenacidad al impacto.

La presencia de níquel incrementa la contracción durante la sinterización, las adiciones de cobre ayudan a mantener las dimensiones durante la sinterización.<sup>1</sup>

#### **I.6.1.2.1.7 – La influencia del contenido de manganeso y azufre en sinterizados.**

Algunos materiales incluyendo el azufre y el sulfato de manganeso son empleados como agentes para facilitar el maquinado en los aceros sinterizados.

El azufre puede ser prealeado en los polvos durante el proceso de producción primario.<sup>4</sup> El azufre es disuelto en la colada antes de la atomización para formar sulfato de manganeso con cantidades controladas de manganeso. Estas adiciones resultan en partículas de sulfato de manganeso en los poros como una fase gris o como una fase de sulfato de manganeso dentro de las partículas de hierro. El prealeado produce una fina dispersión de sulfatos dentro de las partículas.

Además, el manganeso es añadido para mejorar la resistencia y es un agente que confiere templabilidad a los aceros y no es utilizado en más del 0.5%.<sup>2</sup>

---

<sup>18</sup> op cit. Sintered Fe-Cu Alloys. p.: 56-57.

<sup>2</sup> op cit. Iron-Copper and Copper Steels. p.: 756.

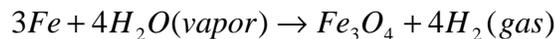
<sup>1</sup> op cit. Composition. p.: 809, 810.

<sup>4</sup> ASM HANDBOOK Volume 16. Machining. ASM International. Free-Machining Agents. p.: 674.

<sup>2</sup> op cit. Free Machining Steels. p.: 727. Production of Steel Powders. p.: 123.

### I.6.1.2.2 – EL TRATAMIENTO AL VAPOR.

El tratamiento al vapor comienza primeramente con un calentamiento del sinterizado en una atmósfera seca a una temperatura por debajo de 370 °C (700 °F). Entonces es posible formar un óxido de hierro estable y protector llamado magnetita o hematita ( $Fe_3O_4$ ), introduciendo vapor de agua dentro del horno para tratamiento térmico alcanzando temperaturas mas altas. Con la introducción del vapor, la temperatura es incrementada hasta 520 – 570 °C (cerca de 1000 °F), formando la capa tenaz de óxido de hierro negro, de acuerdo con la siguiente reacción química:



La magnetita o hematita forma un recubrimiento superficial fuerte que sella la superficie porosa como se muestra en la figura I.6.1.2.2.1.<sup>17</sup>

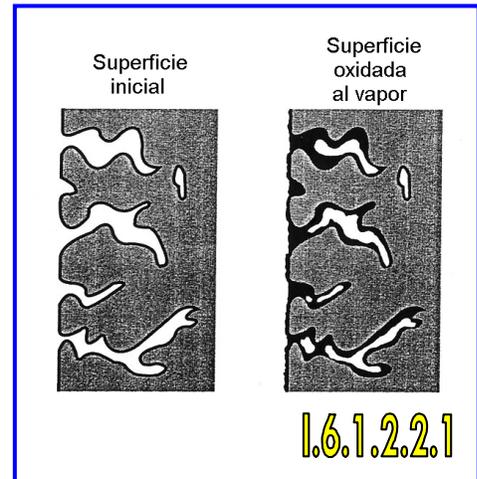
El tratamiento al vapor no puede ser descrito como un tratamiento térmico porque no ocurren cambios estructurales en la matriz. En este proceso, la magnetita ( $Fe_3O_4$ ) es formada en la superficie porosa interconectada, rellenando la porosidad. La magnetita tiene una dureza equivalente de 50 HRC.

El rellenado de la porosidad con una segunda fase dura como lo es la magnetita, el acero de metalurgia de polvos ofrece una resistencia mejorada a la prueba de dureza.

La resistencia a la ruptura transversal es incrementada modestamente en aceros de metalurgia de polvos con un contenido de carbono de 0.8%.<sup>2</sup>

Este proceso incrementa la densidad, la dureza, las resistencias a la compresión, a la fricción y a la corrosión.<sup>1</sup>

También, el tratamiento al vapor mejora la vida en almacén y reduce la porosidad interconectada, se incrementa la resistencia última a la compresión y la resistencia al desgaste.<sup>2</sup>



### I.6.2 – EL ACERO DE BAJA ALEACIÓN AL CROMO-MOLIBDENO AISI-SAE 4140.

El acero AISI-SAE 4140 es un acero al cromo-molibdeno que pertenece a la familia de aceros de baja aleación con medio contenido de carbono.<sup>1</sup> Los aceros al cromo-molibdeno son preferidos en la construcción de componentes para altas temperaturas porque ellos poseen excelente resistencia, tenacidad y resistencia a la corrosión. Estos aceros en su mayoría son empleados a altas temperaturas desde 316 °C y mayores.<sup>5</sup> Este acero puede ser usado a temperaturas tan altas como 480 °C (900 °F). También son usados en aplicaciones que requieren una combinación de templabilidad moderada con buena resistencia y tenacidad, pero en que las condiciones de servicio son moderadamente severas.<sup>1</sup>

<sup>17</sup> op cit. Steam. p.: 336-337.

<sup>2</sup> op cit. Heat Treatment of Ferrous Powder Metallurgy. p.: 652-653.

<sup>1</sup> op cit. Heat Treatment of Ferrous P/M Materials. p.: 811.

<sup>2</sup> Op cit. Ferrous Powder Metallurgy Materials. p.: 756.

<sup>1</sup> op cit. Ultrahigh-Strength Steels. p.: 430.

<sup>5</sup> ASM HANDBOOK. Volume 19. Fatigue and Fracture. ASM International. Fracture Resistance of Heat-Resistant (Cr-Mo) Ferritic Steels. p.: 704.

<sup>1</sup> op cit. Ultrahigh-Strength Steels. p.: 432.

Este acero es ampliamente usado en las industrias gaseras y con combustibles fósiles.<sup>5</sup>

Los elementos de aleación que constituyen a este acero son: el carbono (C), cromo (Cr), molibdeno (Mo), manganeso (Mn) y silicio (Si). La tabla I.6.2.1 muestra la composición química del acero AISI-SAE 4140.

<b>TABLA I.6.2.1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO AISI-SAE 4140.</b> <sup>14</sup>	
<b>Elemento</b>	<b>Composición química (%)</b>
Carbono	0.38 - 0.43
Silicio	0.15 – 0.35
Manganeso	0.75 – 1.00
Cromo	0.80 – 1.10
Molibdeno	0.15 – 0.25

### I.6.2.1 – EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN.

A continuación se describirá la influencia de los elementos de aleación de este acero.

#### I.6.2.1.1 - La influencia del contenido de carbono.

El carbono tiene el mayor efecto en las propiedades del acero y es el elemento principal que endurece al acero. Debido a su alto contenido de carbono, el acero 4140 tiene buena templabilidad y resistencia.<sup>1</sup> La dureza de la martensita es gobernada primariamente por el contenido de carbono, pero también es influenciada por el contenido de aleación.<sup>3</sup>

#### I.6.2.1.2 - La influencia del contenido de cromo.

El cromo es añadido al acero para incrementar la resistencia a la corrosión y a la oxidación, para incrementar la templabilidad, para mejorar la resistencia a altas temperaturas y para mejorar la resistencia al desgaste. El cromo es un formador de carburos, carburos complejos de hierro-cromo se precipitan lentamente en solución en austenita; por consiguiente, es necesario un tiempo suficiente de calentamiento antes del templado.<sup>1</sup> Los aceros que contienen entre 0.15 y 0.64 % de carbono y 0.70 a 1.15% de cromo generalmente se carburizan.

La presencia del cromo aumenta la resistencia al desgaste de la superficie endurecida. El cromo puede ser empleado como un elemento para endurecer el acero. A altas temperaturas, el cromo contribuye a incrementar la resistencia y es generalmente usado para aplicaciones de esta naturaleza en conjunto con molibdeno.<sup>1</sup>

<sup>5</sup> op cit. Fracture Resistance of Heat-Resistant (Cr-Mo) Ferritic Steels. p.: 704.

<sup>14</sup> Manual Técnico de Productos. Aceros Carpenter-Fortuna. Edición Año 2000. p.: I AM 4.

<sup>1</sup> op cit. Carbon. p.: 144. Ultrahigh-Strength Steels. p.: 432.

<sup>3</sup> ASM HANDBOOK. Volume 9. Metallography and Microstructure. ASM International. Formerly Ninth Edition. Microstructures of Carbon and Alloy Steels p.: 178.

<sup>1</sup> op cit. Chromium. p.: 145.

<sup>1</sup> op cit. Chromium. p.: 145-146.

### I.6.2.1.3 - La influencia del contenido de molibdeno.

El molibdeno es un elemento de aleación que tiene una solubilidad limitada en hierros  $\gamma$  y  $\alpha$  y es un fuerte formador de carburos. Además, ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros.

El molibdeno puede inducir un endurecimiento secundario durante el tratamiento de temple de aceros enfriados por inmersión. Además, incrementa la resistencia a la deformación a temperaturas elevadas.

### I.6.2.1.4 - La influencia del contenido de Manganeso.

El manganeso es benéfico para la calidad de superficie, además contribuye en la resistencia y la dureza pero en menor grado que el carbono. El manganeso tiene un efecto fuerte en el incremento de la templabilidad en el acero.

### I.6.2.1.5 - La influencia del contenido de silicio.

El silicio es menos efectivo que el manganeso en el incremento de la resistencia y la dureza. Además, incrementa la resistencia del acero a las altas temperaturas.<sup>1</sup>

## I.6.2.2 – EL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO AISI-SAE 4140.

Este acero por ser de baja aleación al cromo-molibdeno y por su buena templabilidad, puede ser templado al aceite para formar martensita en vez de ser templado al agua, ya que con el templado al aceite es más lento el enfriamiento reduciendo los gradientes de temperatura y los esfuerzos internos debido a la contracción durante el temple, la distorsión y la tendencia al fisuramiento se minimiza.<sup>19</sup>

Para obtener la microestructura martensítica revenida de este acero se requirió del siguiente tratamiento térmico:

- Austenizado a 900 °C durante 48 minutos.
- Templado en aceite.
- Revenido a 610 °C durante 96 minutos.\*

En el Capítulo II sección II.4.1 de esta tesis, se tiene registrada la microestructura de este acero en la fotomicrografía II.4.1.3 en donde se muestra claramente una microestructura martensítica revenida.

También las propiedades mecánicas y físicas de este acero se tienen registradas en la Tabla II.4.3.1.

---

<sup>1</sup> op cit. Molybdenum. p.: 146. Effects of Composition. p.: 640. Manganese. p.: 144. Effects of Alloying Elements p.:145. Elevated-Temperature Properties of Ferritic Steels. p.: 640.

<sup>19</sup> Structure and Properties of Engineering Alloys. William F. Smith. Second Edition. Mc Graw Hill, Inc. 1993. p.: 154.

\* Procedimiento de tratamiento térmico para el acero AISI-SAE 4140 (TCMO 4T) proporcionado por Aceros Fortuna S.A. de C.V.

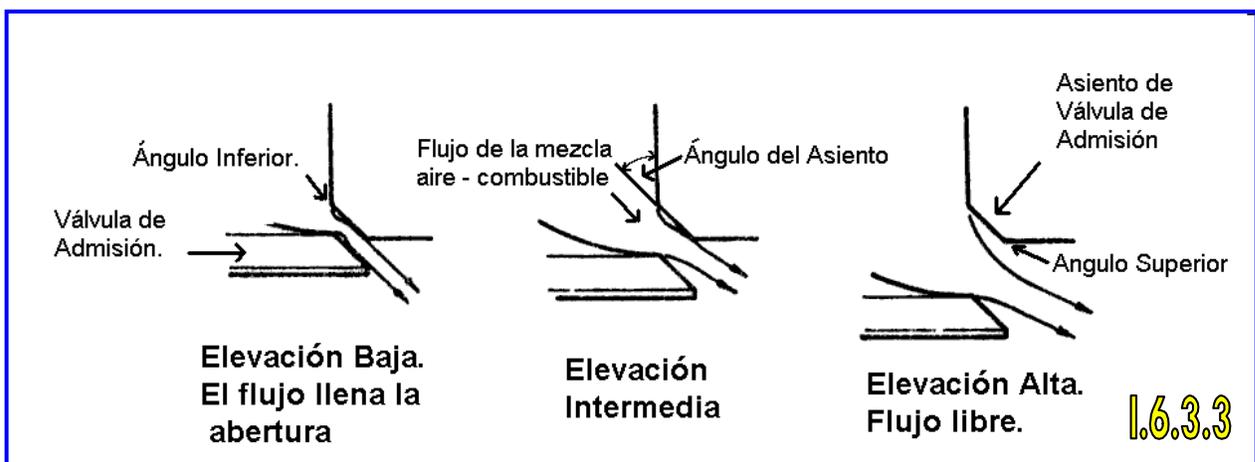
### I.6.3 – EL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA.

Las altas temperaturas generadas por la combustión y el flujo de los gases de la combustión a través de los conductos de escape, someterían al área de asiento de válvula de escape a un desgaste excesivo por alta temperatura si esta área de asiento no poseyera aleaciones especiales que resistan altas temperaturas, fuerzas de impacto y desgaste. Por ello, en motores que poseen cabezas de aluminio como el Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros, que se muestra en la fotografía I.6.3.1, requieren de insertos como asiento de válvula de escape de materiales especiales que mantienen su dureza a altas temperaturas, con alta resistencia a la adhesión y al desgaste abrasivo. El Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros está fabricado con un acero herramienta de alta velocidad sinterizado con lubricantes sólidos y una aleación de óxidos metálicos resistentes a alta temperatura. Este material es efectivo en ambientes a alta temperatura en donde se utilizan combustibles alternativos como lo es el Gas. L. P.<sup>3</sup> Este Inserto se muestra en la fotografía I.6.3.2.



El asiento de válvula tiene una doble función. La primera función es el cierre perfecto de la válvula en relación a su base. La segunda es una función con respecto a la circulación de los gases, ésta es asegurada por los ángulos inferior, superior y el ángulo de asiento.

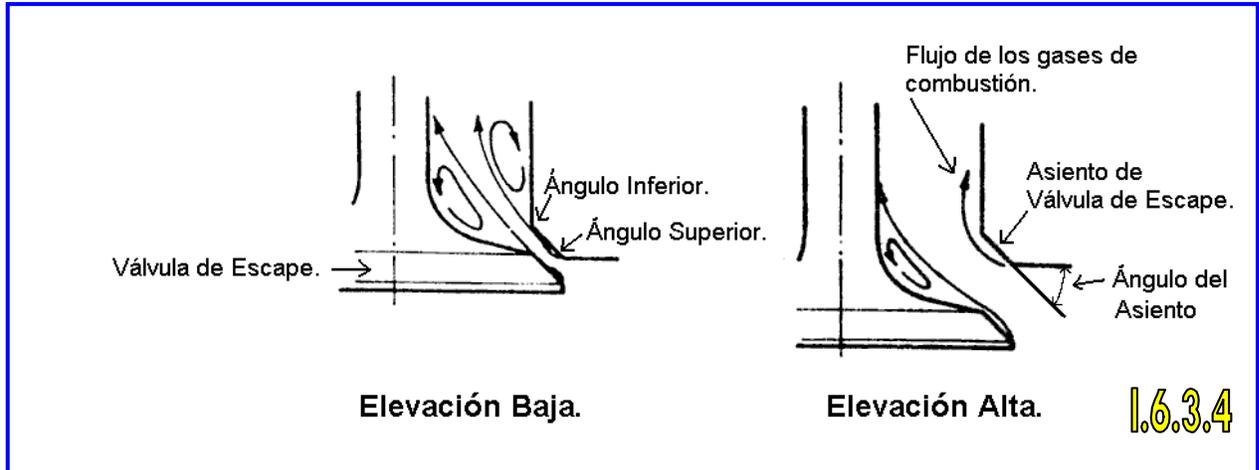
Las válvulas de admisión que alimentan la cámara de combustión, su función consiste en asegurar el paso libre de la mezcla aire-combustible, permitiendo el llenado óptimo de los cilindros. La figura I.6.3.3<sup>11</sup> muestra la influencia que los ángulos de un asiento de válvula de admisión con respecto a la forma de los flujos de la mezcla aire-combustible a distintas elevaciones de la válvula de admisión.



<sup>3</sup> FEDERALMOGUL PMF-16 Sintered Powder Metal Specification Sheet. Material Type.

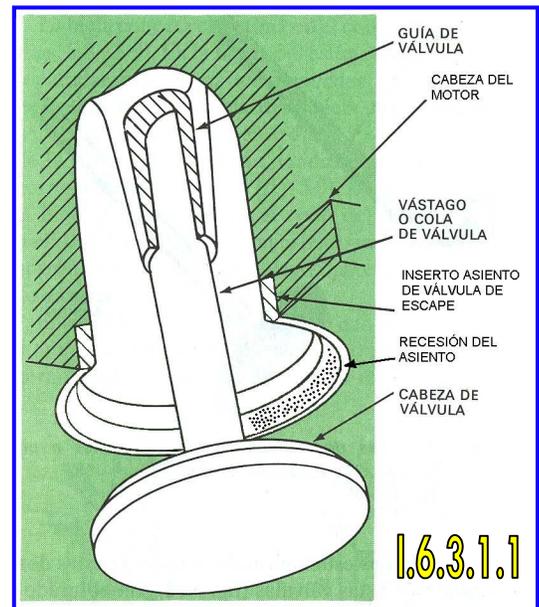
<sup>11</sup> Introduction to Internal Combustion Engines. Richard Stone. Third Edition. 1999. MacMillan Press LTD. Flow characteristics. p.: 287.

Con respecto a los asientos de válvula de escape, una de las funciones de los ángulos inferior y superior es la evacuación de los gases de la combustión. La figura I.6.3.4.<sup>11</sup> muestra la influencia que los ángulos de un asiento de válvula de escape con respecto a la forma de los flujos de los gases de la combustión a distintas elevaciones de la válvula de escape.<sup>20</sup>



### I.6.3.1 – LA RECESIÓN DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.

Cuando el asiento de válvula de escape es sometido a los gases de combustión de un combustible seco como lo es el Gas L. P., el asiento de escape se calienta en exceso, si no existe la debida carburación pueden ocurrir microsoldaduras entre la válvula de escape y su asiento. Estas microsoldaduras se originan debido a que se ha suprimido el contenido de plomo por usar el Gas L. P. en vez de gasolina. Las pequeñas cantidades de plomo forman un lubricante entre la cara de la válvula y el asiento de ésta. Esto evita que las partículas de material que se desprenden del asiento de válvula se adhieran a la cara de éste. Como las válvulas son más duras que los asientos, partículas microscópicas de metal del asiento se adhieren a las válvulas. Sin este revestimiento de plomo las partículas de material del asiento tienden a adherirse en la cara de la válvula. Gradualmente estas partículas forman minúsculos abultamientos que se convierten en superficies cortantes. En consecuencia, el asiento de válvula es gradualmente raspado y se va hundiendo, es decir se va produciendo la recesión del asiento de válvula de escape. Esto causa la rápida recesión de los asientos de escape y esto es mas



<sup>11</sup> op cit. Flow characteristics of poppet valves p.: 290.

<sup>20</sup> www.autorepara.com

común en motores con funcionamiento a Gas L. P o gas carburante.<sup>21</sup> Lo expuesto anteriormente se muestra en la figura I.6.3.1.1.<sup>16</sup>

Los Ingenieros de DAIMLERCHRYSLER de México indican que para evitar la pronta recesión del asiento de válvula de escape en el motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P., se requiere el sistema de carburación IMPCO "PREMIER".

#### I.6.4 – LA GARANTÍA QUE BRINDA DAIMLERCHRYSLER DE MÉXICO.

DAIMLERCHRYSLER de México otorga una garantía de 2 años o 40,000 kilómetros lo que ocurra primero, en su Camión Dodge 4000 modelo 2006 utilizando Gas L. P., así mismo, el Inserto Asiento de Válvula de Escape goza de esta excelente garantía. Este periodo de garantía es otorgado al camión antes mencionado si se le instala el equipo de carburación a Gas L. P. marca IMPCO "PREMIER".\*

#### I.6.5 – EL GAS L. P.

Cuando el Gas Licuado de Petróleo o Gas L. P. es utilizado como combustible para vehículos automotores se le denomina Gas Carburante o Gas para carburación. Debido a lo anterior el Gas L. P. es un combustible alternativo.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDG-1999 en su capítulo 3.-Definiciones, del apartado 3.2.- Gas L. P. o gas licuado de petróleo, define: "Combustible en cuya composición predominan los hidrocarburos butano, propano o sus mezclas".<sup>8</sup>

El Gas L. P., se obtiene del petróleo crudo y es una mezcla de propano y butano principalmente y se convierte en líquido cuando se somete a presión. Cuando se retira la presión, el líquido vuelve a ser un gas.

Un porcentaje considerable de los vehículos para el transporte de carga y de pasajeros utilizan Gas L. P. como combustible. Los vehículos automotores con funcionamiento a Gas L. P., sus emisiones contaminantes de hidrocarburos (HC) no quemados se reducen en un 40% y las de monóxido de carbono (CO) en un 60% en comparación con vehículos automotores con funcionamiento a gasolina, por esta razón los vehículos con funcionamiento a Gas L. P. están exentos del programa "Hoy No Circula"<sup>22</sup> y en periodos de contingencia ambiental.

El Gas L. P. ha sido durante décadas una alternativa conveniente puesto que hay un ahorro mensual del 18.78% con respecto al precio por litro de gasolina que es de \$6.56, el litro de Gas L. P. es de \$4.85.\*\*

Existe una disminución en rendimiento de combustible del 10% aproximadamente cuando se emplea Gas L. P. Esto es debido a la más baja densidad del Gas L. P. y a la ligera más alta demanda de oxígeno (15.6:1), en comparación con la gasolina (14.7:1). La más baja densidad de combustible desplaza aire en el múltiple de admisión, y por lo tanto, menos aire por ciclo es inducido a los cilindros.<sup>24</sup> La relación aire-combustible de 15.6:1, influye en la formación de mayores cantidades de óxidos de nitrógeno (NOx) dentro de la composición de los gases de la combustión. Estos óxidos reaccionan con la humedad para formar ácido nítrico.<sup>27</sup>

<sup>21</sup> [www.babcox.com](http://www.babcox.com)

<sup>16</sup> Mecánica del Automóvil Tomo II. Editorial Marcombo. 3ª edición. Barcelona, España. 1993.

\* Información proporcionada por los Ingenieros de DAIMLERCHRYSLER de México.

<sup>8</sup> Impresión del DIARIO OFICIAL del día Viernes 9 de Julio de 1999. p.: 2.

<sup>22</sup> <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/1/images/gaslp.pdf>.

\*\* Precio por litro de los combustibles en Junio de 2006.

<sup>24</sup> [www.nett.ca/faq\\_lpg.html](http://www.nett.ca/faq_lpg.html)

<sup>27</sup> [www.bredl.org](http://www.bredl.org)

### I.6.6 – EL SISTEMA DE CARBURACIÓN A GAS L. P. IMPCO “PREMIER”.

Un sistema de carburación a Gas L. P. tiene por objeto cambiar el combustible tradicional que es la gasolina por otro combustible más limpio, siendo en este caso el Gas L. P., sustituyendo los componentes del sistema de inyección de gasolina, por otros específicos para trabajar con Gas L. P., aprovechando el resto de los sistemas del vehículo en forma normal. El sistema de carburación a Gas L.P. IMPCO “PREMIER” se muestra en la fotografía I.6.6.1.\*\*



#### I.6.6.1 – OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CARBURACIÓN.

El Gas L. P que se encuentra almacenado en estado líquido en el interior del tanque de Gas L. P. circula a través de la manguera de alta presión en estado líquido de 80 a 120 PSI de presión al filtro-cierre IMPCO modelo FL-204 (válvula de corte de combustible). Esta válvula de corte de combustible funciona por vacío. Cuando se detecta un ligero vacío (2 pulgadas de columna de agua), se abre y deja que pase combustible del tanque a un Regulador a través de un filtro de combustible, filtrando los sólidos contenidos en el líquido a la presión mencionada. El filtro-cierre también bloquea el paso del combustible cuando el motor se encuentra parado, ya que dicho dispositivo se abre con el mismo vacío que genera el motor mediante una manguera interconectada a una toma del mezclador que transmite este vacío.

El Regulador IMPCO modelo LB es un regulador y vaporizador combinado de dos etapas. Este recibe el líquido a la presión del tanque procedente del filtro-cierre de combustible. En la primera etapa se reduce esa presión a 1.5 PSI que es inferior a la atmosférica.

\*\*

Fotografía proporcionada por INGENIERIA EN SISTEMAS DE CARBURACIÓN, S.A. de C.V. Equipos de Carburación a Gas L. P. IMPCO.

Cuando arranca o funciona el motor, se crea un vacío parcial de 1.5 pulgadas de columna de agua en la manguera de gas vapor al carburador, lo que abre el regulador permitiendo el paso de combustible al mezclador.

A la vez que se reduce la presión desde aproximadamente de 80-120 PSI hasta la presión de 1.5 PSI, el Gas L. P. líquido se expande en el regulador para vaporizarse, produciendo un enfriamiento. Para compensar este enfriamiento y contribuir a la vaporización, el agua del sistema de enfriamiento del motor circula por un intercambiador de calor que se encuentra dentro del cuerpo del regulador-vaporizador, razón por la cual debemos proveerle siempre el flujo de agua.

La segunda etapa es donde tenemos el vacío generado por el motor equivalente a 1.5 pulgadas de columna de agua de presión, es decir, la manguera de gas vapor que une el Regulador-Vaporizador al Carburador-Mezclador conduce gas vapor a una presión negativa de 1.5 pulgadas de columna de agua.

Al momento de arrancar el motor se genera una demanda de mezcla aire-combustible en el múltiple de admisión traducida en forma de vacío el cual se genera en la apertura de las válvulas de admisión y transmitiendo dicho vacío por la manguera de gas vapor que llega hasta el Regulador-Vaporizador, suministrando en esta forma el combustible necesario para que el motor opere.

La Tabla I.6.6.1.1 muestra los elementos de un sistema de carburación a Gas L. P. marca IMPCO "PREMIER" que sustituyen a los elementos que trabajan con gasolina de un motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros.<sup>13</sup>

<b>TABLA I.6.6.1.1: ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CARBURACIÓN A GAS L.P. IMPCO "PREMIER" QUE SUSTITUYEN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA.</b>	
SE SUSTITUYE:	POR:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque de gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un tanque de Gas L.P de 120 litros.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La bomba de gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La presión del combustible.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La tubería de gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una manguera de alta presión.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El filtro de gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El filtro-cierre de Gas L.P. FL-204 IMPCO.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los inyectores de gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un Carburador – mezclador FB IMPCO.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se adiciona:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un Regulador – vaporizador LB IMPCO.</li> <li>• Kit de mangueras y accesorios complementarios.</li> </ul>

#### **I.6.6.2 – LA NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-005-SEDG-1999.**

Esta norma es establecida por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Energía que trata acerca del "Equipo de aprovechamiento de Gas L. P. en vehículos automotores y motores estacionarios de combustión interna. Instalación y mantenimiento."

En base a esta norma se establecerán las características y especificaciones de los siguientes componentes en una instalación a Gas L. P. en un vehículo automotor como sigue:

##### **I.6.6.2.1 – El tanque de Gas L. P.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.1.- Recipientes para contener Gas L. P., del subapartado 4.1.1.- Capacidad, de esta norma establece:

- 4.1.1.2.- "La capacidad total de Gas L. P. para automóviles y camiones, no debe ser mayor

de 450 litros al 100% capacidad agua, exceptuando autotanques de reparto de Gas L. P. en los que se permite abastecer de Gas L. P. al motor del mismo autotanque”.

- 4.1.1.3.- “Cuando los recipientes estén soportados por debajo de los vehículos con una capacidad de carga de hasta 5500 kg. de peso bruto vehicular, la capacidad máxima del recipiente debe ser de 150 litros al 100% capacidad agua, pudiéndose instalar más de un recipiente, siempre y cuando la suma de sus capacidades no exceda los 450 litros al 100%”.

#### **I.6.6.2.2 – Herrajes para el tanque de Gas L. P.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.4.- Herrajes y tornillería, de esta norma establece:

- 4.4.1.- Cuando el recipiente se instale soportado del chasis o piso del vehículo automotor, el herraje del soporte cuando sea de acero comercial, debe ser como mínimo de 6 mm. de espesor por 5 cm de ancho, se permite el uso de soportes o herrajes soldados al recipiente por el fabricante del recipiente y/o cualquier otro herraje que cumpla con una sección transversal equivalente de 323 mm<sup>2</sup>, en ningún caso se permite utilizar cadenas como soportes.
- 4.4.2.- En caso de usar acero de mayor resistencia al comercial se permite el uso de soportes con otras medidas, siempre y cuando resistan sin deformación permanente una carga estática aplicada en cualquier dirección equivalente a 4 veces el peso del recipiente lleno con Gas L. P.
- 4.4.6.- Los tornillos utilizados deben ser de acero grado 5 y 9.5 mm. de diámetro nominal, como mínimo, se permiten grados mayores siempre y cuando el diámetro sea el indicado para el esfuerzo a la tensión resultante de soportar una carga estática equivalente a cuatro veces el peso del recipiente lleno de Gas L. P.

#### **I.6.6.2.3 – La manguera de alta presión.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.2.- Tuberías y mangueras para Gas L. P., del subapartado 4.2.1.- Tuberías y mangueras para conducción de Gas L. P. a presión no regulada, de esta norma establece:

- 4.2.1.2.- Cuando la conducción de Gas L. P. sea por manguera su diámetro nominal debe ser como máximo de 9.5 mm.
- 4.2.1.3.- Las tuberías y mangueras deben instalarse de forma tal que en ningún momento entren en contacto con el motor o partes en movimiento del vehículo automotor, motor o montacarga.
- 4.2.1.5.- Las tuberías o mangueras no deben tener dobleces que reduzcan su diámetro.

En el subapartado 4.2.2.- Mangueras para conducción de Gas L. P. a presión regulada, de esta norma establece:

- 4.2.2.1.- Las mangueras deben ser de material que no se degrade con el Gas L. P.; resistir la presión de trabajo y soportar la temperatura máxima de operación del motor.

En el subapartado 4.2.3.- Mangueras para el calentamiento del regulador–vaporizador, de esta norma establece:

- 4.2.3.1.- Cuando se utilice el agua o refrigerante del motor para calentar el regulador-

vaporizador las mangueras deben ser del tipo calefacción automotriz.

#### **I.6.6.2.4 – El Regulador-Vaporizador.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.5.- Regulador-Vaporizador, de esta norma establece:

- 4.5.1.- Su instalación debe ser dentro del compartimiento del motor en un lugar de acceso seguro para su mantenimiento, debe estar sujeto firmemente.

#### **I.6.6.2.5 – El Carburador-Mezclador para Gas L. P.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.6.- Carburador para Gas L. P., de esta norma establece:

- 4.6.1.- “Debe instalarse en el espacio originalmente diseñado para el de gasolina”.

#### **I.6.6.2.6 – El Filtro-Cierre para Gas L. P.**

En el capítulo 4.- Especificaciones, del apartado 4.8.- Filtro para Gas L. P., de esta norma establece: “Debe estar instalado entre el recipiente y la válvula automática interruptora de paso de Gas L. P. en un lugar que permita su mantenimiento o sustitución.”<sup>8</sup>

#### **I.6.6.3 – VERIFICACIÓN Y DICTAMEN TÉCNICO.**

Cuando el equipo de carburación a Gas L. P. está completamente instalado en el vehículo automotor se procede a la verificación de la instalación de acuerdo a la Norma. La Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDG-1999 en el capítulo 9.- Procedimiento para la evaluación de la conformidad, del apartado 9.4.- Verificación, se define a ésta:

- 9.4.1.- “A la constancia ocular o comprobación mediante medición y pruebas que se realizan para evaluar la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana”.

Una vez que el vehículo ha pasado la Verificación, se procede a elaborar el Dictamen Técnico. De acuerdo al apartado 9.5.- Dictamen, de esta misma norma, se define:

- 9.5.1.- “Al documento que emite la Unidad de Verificación mediante el cual se determina el grado de cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana”.

La Unidad de Verificación es definida en el apartado 9.6 como sigue:

- 9.6.1.- “A la persona física o moral acreditada y aprobada conforma a la ley, que realiza actos de verificación”.

La Unidad de Verificación es un perito autorizado por la Secretaría de Energía, el cual extiende el Dictamen Técnico, que es el documento que ampara que el vehículo cuenta con todas las normas de seguridad establecidas en la NOM-005-SEDG-1999.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> op cit. p.: 2-4.

<sup>8</sup> op cit. p.: 5.

#### **I.6.6.4 – EL MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR.**

Es importante subrayar la importancia que tiene el proveerle el servicio de mantenimiento oportuno a las unidades automotrices que usan Gas L. P. asegurando en esta forma su correcta operación, durabilidad, economía y mayores rendimientos; eliminando los costosos paros durante los recorridos de trabajo.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDG-1999 en su capítulo 7.- Mantenimiento, nos indica lo siguiente:

- 7.1.- Se debe realizar mantenimiento preventivo, por lo menos cada seis meses, a la instalación de aprovechamiento a Gas L. P., y se debe contar con un libro bitácora donde se registrará el mantenimiento y modificaciones.
- 7.2.- Las válvulas del recipiente y medidor del nivel del Gas L. P. deben cambiarse cada 5 años como máximo, contados a partir de la fecha de inicio de operación del sistema de aprovechamiento a Gas L. P.
- 7.3.- El espesor de la placa de los recipientes debe ser medido y evaluado a los 10 años de su fecha de fabricación.
- 7.4.- Las mangueras para la presión no regulada deben de cambiarse cada 2 años, contados a partir de la fecha de inicio de operación del sistema de aprovechamiento a Gas L. P.<sup>8</sup>

De acuerdo a lo anterior y a las recomendaciones del fabricante de los equipos de carburación a Gas L. P. marca IMPCO se debe dar el mantenimiento a dichos equipos cada seis meses o 10,000 kms. de recorrido, lo que acontezca primero. Ahora bien a los seis meses de instalado el equipo el mantenimiento será menor y a los siguientes seis meses será mayor, repitiéndose este ciclo sucesivamente.

- El mantenimiento MAYOR consiste en desarmar, lavar y cambiar los repuestos de las tres piezas principales: filtro-cierre, regulador y mezclador, así como limpieza general, del resto de los componentes, cambio de filtro de aire y carburación final, concluyendo con una revisión a los sistemas eléctrico y de enfriamiento, así como revisar las posibles fugas en el tanque y la terminal de las mangueras.
- El mantenimiento MENOR, consiste en todo lo anterior, con excepción del cambio de repuestos que no se realiza.<sup>13</sup>

#### **I.6.6.5 – GARANTÍA Y SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL QUE BRINDA EL EQUIPO DE CARBURACIÓN A GAS L. P. IMPCO “PREMIER”**

Los equipos de carburación IMPCO “PREMIER” tienen garantía de 1 año o 20,000 kms. y 90 días de garantía con respecto a la instalación del equipo de carburación. La garantía quedará sin efecto cuando el equipo haya sido utilizado en condiciones anormales y/o intervenido por personal no autorizado por la empresa Ingeniería en Sistemas de Carburación S.A de C.V. y/o no se realicen los mantenimientos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEDG-1999 y los mantenimientos especificados por el fabricante del vehículo, en este caso particularmente por DAIMLERCHRYSLER de México.

Cuando el cliente opta por instalar el equipo de carburación IMPCO “PREMIER” en su vehículo automotor, el cliente obtiene automáticamente un Seguro de Responsabilidad Civil Productos con la siguiente cobertura:

---

<sup>8</sup> op cit. p.: 5.

<sup>13</sup> Manual IMPCO de Sistemas de Carburación a Gas L. P. p.: 98.

Responsabilidad Civil de daños a terceros causados por:

- a) El equipo de carburación a Gas L. P. marca IMPCO y sus componentes.
- b) El combustible Gas L. P.
- c) La instalación del equipo de carburación a Gas L. P. marca IMPCO.

La suma asegurada es de hasta \$200,000. por evento.

El costo de la conversión a Gas L. P. con el sistema de carburación IMPCO "PREMIER" es de \$13,200 pesos.\*

#### **I.6.6.6 – EL HOLOGRAMA TIPO CERO "0" DE VERIFICACIÓN VEHICULAR Y LA EXENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES.**

Cuando los propietarios de vehículos han realizado la conversión al sistema de carburación a Gas L. P., estos vehículos pueden obtener el Holograma Tipo Cero "0" de verificación vehicular para exentar el programa "Hoy No Circula", que les concede circular los 365 días de año y también exentar el "Programa de Contingencias Ambientales" como lo estipula La Secretaria del Medio Ambiente.<sup>25</sup>

#### **I.6.6.7 – COSTO DE LOS MANTENIMIENTOS.**

Para asegurar el buen funcionamiento del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros con funcionamiento a Gas L. P., es fundamental realizar los programas de mantenimiento que establece DAIMLERCHRYSLER de México. El Camión Dodge 4000 tiene establecido un programa de mantenimiento cada 10,000 kilómetros. El costo de los mantenimientos se indica a continuación:

- Mantenimiento de 10,000 kms: \$1240 + IVA.
- Mantenimiento de 20,000 kms: \$1475 + IVA.
- Mantenimiento de 30,000 kms: \$1612 + IVA.
- Mantenimiento de 40,000 kms: \$2894 + IVA.
- Mantenimiento de 50,000 kms. \$2394 + IVA.
- Mantenimiento de 60,000 kms. \$2794 + IVA.\*\*

Además, los mantenimientos que establece Ingeniería en Sistemas de Carburación S.A. de C.V. para el sistema de carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER" deben realizarse cada 4 meses, o en periodos menores a 6 meses ó 10,000 kilómetros, lo que suceda primero. El costo de los mantenimientos se indican como sigue:

- Mantenimiento menor: \$590 IVA incluido.
- Mantenimiento mayor: \$1290 IVA incluido.\*

---

\* Información brindada por INGENIERÍA EN SISTEMAS DE CARBURACIÓN S.A. DE C.V. Equipos de carburación a Gas L. P. marca IMPCO.

<sup>25</sup> [www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/verificacion\\_vehicular\\_primer\\_semestre\\_2006.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/verificacion_vehicular_primer_semestre_2006.pdf)

\*\* Información brindada por Distribuidor Chrysler -Jeep-Dodge.

### I.6.6.8 – ANÁLISIS DE AHORRO Y RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN.

Con el siguiente análisis se calculará el ahorro en compra de combustible promedio que se obtiene al instalar el equipo de carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER" en un camión con motor V8 y el cálculo del tiempo de la recuperación de la inversión.

En promedio, un camión con motor V8 gasta \$900 a la semana en la compra de gasolina. Para obtener el gasto mensual de gasolina calculamos:

$$\$900 \times 4 \text{ semanas} = \$3600$$

Para obtener el consumo mensual de litros de gasolina calculamos:

$$\$3600 \div \$6.56 \text{ precio por litro de gasolina} = 548 \text{ litros de gasolina mensuales.}$$

Existe una diferencia en rendimiento del Gas L. P. con respecto a la gasolina de un 10%, con la siguiente operación obtenemos los litros de Gas L. P. que se emplearían para alcanzar el mismo rendimiento de 548 litros de gasolina:

$$548 \text{ litros de gasolina mensuales} \times 1.10 \text{ (diferencia en rendimiento)} = 602.8 \text{ litros de Gas L. P mensuales.}$$

Para obtener el gasto mensual en la compra de Gas L. P: calculamos:

$$602.8 \text{ litros de Gas L.P. mensuales} \times \$4.85 \text{ precio por litro de Gas L.P.} = \$2923.58 \text{ mensuales.}$$

El ahorro mensual en la compra de combustible con un camión con motor V8 con el Sistema de Carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER" es:

$$\$3600 \text{ gasto mensual de gasolina} - \$2923.58 \text{ gasto mensual de Gas L. P.} = \$676.42$$

El ahorro mensual en la compra de combustible es de \$676.42 que es el 18.78%

El tiempo de recuperación de la inversión se calcula como sigue:

$$\$13,200 \text{ costo de la conversión} \div \$676.42 \text{ ahorro mensual} = 19.51 \text{ meses.}$$

El tiempo de recuperación de la inversión es de 19.51 meses.

### I.6.7 – MAQUINABILIDAD.

La maquinabilidad es la habilidad o facilidad con que un material puede ser removido de una pieza de trabajo. Esto representa la interacción de la herramienta de corte, las condiciones de corte y la pieza de trabajo.

La diferencia en maquinabilidad entre los aceros y los aceros sinterizados puede ser explicada por la presencia de porosidad y las diferencias en microestructura.

Con la rápida solidificación de los polvos usados en la producción de aceros herramienta sinterizados se elimina la segregación que se presenta en los aceros herramienta convencionales ya que estos sinterizados poseen una microestructura muy fina con una distribución muy uniforme de pequeños carburos e inclusiones no metálicas. Como resultado, estos sinterizados exhiben mejor maquinabilidad, mejor control dimensional y tenacidad durante operaciones de corte en comparación con los aceros herramientas de alta velocidad convencionales de la misma composición química.

La Tabla I.6.7.1 muestra las condiciones típicas de torneado para los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión y del acero AISI-SAE 4140.

<b>TABLA I.6.7.1: CONDICIONES DE TORNEADO DE ACEROS DE ALTA VELOCIDAD SINTERIZADOS Y DEL ACERO AISI-SAE 4140.</b>										
Inserto Asiento de Válvula de / Material	Profundidad de corte		Herramienta de corte de alta velocidad				Herramienta de corte de carburo			
	mm	in	Velocidad de corte		Avance		Velocidad de corte		Avance	
			m/min	ft/min	mm/rev	in/rev	m/min	ft/min	mm/rev	in/rev
Escape*	-----	-----	-----	-----	-----	-----	61	200	0.1	0.004
Acero AISI-SAE 4140 <sup>4</sup>	4	0.150	32	105	0.40	0.015	90	300	0.5	0.020
Admisión*	-----	-----	-----	-----	-----	-----	61	200	0.1	0.004

### I.6.8 - PROPUESTA DE COMERCIALIZACIÓN DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE DE LA CABEZA DEL MOTOR DODGE HEMI MAGNUM V8 DE 5.7 LITROS.

Se propone que el Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del Motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros sea comercializado en los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorefacciones en el Distrito Federal.

Los propietarios de camiones o pick-ups Dodge con funcionamiento a Gas L. P., en caso de que los asientos de válvula de escape de sus vehículos presentasen recesión, tendrían la opción de recurrir a una casa rectificadora de motores en donde se realice la remanufactura de los asientos de válvula de escape con Insertos Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER, además de obtener un periodo de garantía de 2 años o 40000 kilómetros lo que ocurra primero, en comparación con el periodo de garantía con un rango de 3 meses a 1 año que ofrecen las rectificadoras en el Distrito Federal.

\* FEDERALMOGUL Recommended Valve Seat Insert Machining Conditions. (PowerPoint document)

<sup>4</sup> ASM HANDBOOK Volume 16. Machining. ASM International. Turning. Tables 2 and 3. p.: 144-145.

El precio aproximado de comercialización del Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER en el Distrito Federal sería como se calcula a continuación:

- FEDERALMOGUL Valvetrain North America fabrica y distribuye 500,000 Insertos Asiento de Válvula de Escape al año en un rango de precio de \$ 0.70 a \$ 0.80 centavos de dólar.
- FEDERALMOGUL de México importaría e incrementaría los precios anteriores de un 25 a 30% por los gastos de importación y el acondicionamiento para su comercialización en el Distrito Federal y otros gastos no especificados. Tomando el precio de \$ 0.80 centavos de dólar y aplicando el incremento de 30%, el precio sería de: \$1.04 dólares.
- Actualmente, FEDERALMOGUL de México distribuye y vende sus autorefacciones a Auto Refacciones Franco S.A de C.V. otorgándole aproximadamente un 45% de descuento en sus pedidos.  
FEDERALMOGUL de México para poder ofrecer el descuento mencionado en la venta de sus autorefacciones y no perder la ganancia del 30%, realiza un aumento de seguridad de un 85 – 90%. Tomando el aumento del 90% el precio de seguridad sería de: \$1.976 ≈ \$1.98 dólares.

Aplicando el 45% de descuento y convirtiendo dólares a pesos mexicanos según el tipo de cambio al día...

$$\text{\$ 1.98 dólares} - 45\% \text{ de descuento} = \text{\$1.089} \approx \text{\$1.09 dólares.}$$

$$\text{\$ 1.09} \times \text{\$11.20} = \text{\$ 11.208} \approx \text{\$11.21 pesos mexicanos.}$$

- Por lo tanto, FEDERALMOGUL de México distribuiría y vendería el Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL a la casa Auto Refacciones Franco S.A. de C. V. con su descuento respectivo del 45% en el precio de \$11.21 pesos mexicanos.\*
- El propietario de Auto Refacciones Franco S.A. de C. V. indicó que la ganancia aplicada a las autorefacciones que comercializa es del 20%\*\* :

$$\text{\$11.21} + 20\% = \text{\$13.45 pesos mexicanos.}$$

La casa Auto Refacciones Franco S.A. de C.V. vendería el Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL a las casas rectificadoras en el Distrito Federal a un precio de:

**\\$13.45 pesos mexicanos.**

---

\* Datos proporcionados por FEDERALMOGUL de México.

\*\* Datos proporcionados por el Sr, Tomas Franco, propietario de Auto Refacciones Franco S.A. de C.V.

### I.6.8.1 – ENCUESTA REALIZADA A CASAS RECTIFICADORAS DE MOTORES EN EL DISTRITO FEDERAL.

Se realizó una pequeña encuesta visitando cuatro casas rectificadoras de motores en el Distrito Federal, exponiéndoles a los propietarios y gerentes de estas casas el precio de \$13.45, la maquinabilidad y el periodo de garantía de 2 años o 40,000 kilometros lo que ocurra primero y las medidas nominales que presentaría el Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL en caso de ser comercializado. A continuación se enlistan los datos de las casas rectificadoras encuestadas y se incluye la información proporcionada por los Directores, Gerentes y Propietarios respectivos.

- MOTORES Y TURBINAS LYV, S.A. de C.V.

Dirección: Dr. Ignacio Barajas Lozano N° 64. Col. Doctores. C.P. 06780 México D.F.

Teléfonos: 5530 3912, 5538 4963.

Gerente: Ing. Sergio Lozano Carranza.

Su testimonio: El Ing. Sergio Lozano fabrica los insertos según se requieran y el costo es de \$25 por inserto. Por lo general se fabrican los insertos con alturas de 0.250" y los inserta con una presión de 0.006". El ofrece 1 año de garantía en el inserto.

Indicó que sí adquiriría el Inserto de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL por el precio y por el rango mayor de garantía que este Inserto ofrece.

Las fotografías I.6.8.1.1 y I.6.8.1.2 muestran las dimensiones nominales del Inserto Asiento de Válvula de Escape y las sobremedidas que prefiere el Ing. Sergio Lozano Carranza para este Inserto.



- GRUPO CASTILLO. AUTORECTIFICACIONES CASTILLO, S.A de C.V.

Dirección: Netzahualcoyotl N° 146. Col. Aragón La Villa. C.P. 07000. México D.F.

Teléfonos: 5577 1407, 5577 9075. Fax: 5577 8972.

Gerente: Ing. Andrés Castillo.

Su testimonio: El Ing. Andres Castillo adquiere los insertos en un rango de \$15 a \$20. El los pide con una altura de 0.300" y los inserta con una presión de interferencia de 0.007" a 0.010". El ofrece 6 meses de garantía en el inserto. Se ignora el tipo acero aleado de los insertos que él adquiere.

Indicó que sí compraría el Inserto de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL por la maquinabilidad, por el precio y por el rango mayor de garantía que éste ofrece. Además, indicó que se acoplaría a las medidas de este Inserto siempre y cuando éste posea dimensiones mayores a las nominales o en sobremedida. Indicó que compraría también el Inserto Asiento de Válvula de Admisión de Calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL.

Las fotografías I.6.8.1.3 y I.6.8.1.4 muestran las dimensiones nominales del Inserto Asiento de Válvula de Escape, y las sobremedidas que prefiere el Ing. Andrés Castillo para este Inserto.



- RECTIFICACIONES INSURGENTES S.A de C.V. Diesel, Gasolina, Refacciones y Ajustes.

Dirección: Norte 16 N° 5002 y Pte. 116 N° 283. Col. Capultitlán. C. P. 07370. México D.F.

Teléfonos: 5537 6180 al 82.

Propietario: Sr. Valentín Hernández Vargas.

Su testimonio: El señor Hernández pide le fabriquen los insertos asiento de válvula de escape que él utiliza con alturas de 0.250" a 0.275" y los inserta con una presión de interferencia de 0.004" a 0.005". El recibe los insertos en un periodo de 24 horas, el costo individual del inserto es de \$25. El brinda 3 meses de garantía en el inserto. Se ignora el tipo acero aleado de los insertos que él adquiere.

Indicó que sí compraría el Inserto de Calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL por el ahorro en el tiempo de remanufactura, por el precio y por el rango mayor de garantía que éste ofrece. Además, indicó

que se acoplaría a las medidas de este Inserto siempre y cuando posea dimensiones mayores a las nominales o en sobremedida.

Las fotografías I.6.8.1.5 y I.6.8.1.6 muestran las dimensiones nominales del Inserto Asiento de Válvula de Escape, y las sobremedidas que prefiere el Sr. Valentín Hernández Vargas para este Inserto.



- RyCSA. Refacciones y Cigüeñales S.A. DE C.V. Taller de Rectificación Automotriz y Diesel. Refacciones para Motores. Motores a cambio.

Dirección: Calzada de Guadalupe N° 41 esquina Cobre. C.P. 06270 México D.F.

Teléfono: 5529 6064 al 67. Fax: 5526 9129.

Director General: Ing. León Bonder.

Su testimonio: El Ing. León Bonder adquiere los insertos asiento de válvula de escape de 0.250" de altura a \$15. y él prefiere que los fabriquen con un diámetro exterior nominal + 0.007". El recibe los insertos en un periodo mayor a 24 horas. Si decide adquirirlos en un periodo de 24 horas el costo es de \$30 por inserto. El brinda de 6 meses a 1 año de garantía en el inserto. Además, indicó que algunos de sus clientes le han exigido un periodo de garantía de 2 años. Se ignora el tipo acero aleado de los insertos que él adquiere.

Indicó que sí le convendría adquirir el Inserto de Calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL por el ahorro en el tiempo de remanufactura, por el precio y por el rango mayor de garantía que éste ofrece. Pero indicó que no le convendría maquinar el Inserto. El requeriría los Insertos con las medidas que el maneja.

Las fotografías I.6.8.1.7 y I.6.8.1.8 muestran las dimensiones nominales del Inserto Asiento de Válvula de Escape, y las sobremedidas que prefiere el Ing. León Bonder para este Inserto.



#### I.6.8.1.1 – RESUMEN DE EL RESULTADO DE LA ENCUESTA.

La propuesta de comercialización expuesta ante los Propietarios, Gerentes y Directores de casas rectificadoras de motores tuvo buena aceptación debido a las siguientes conveniencias y ventajas:

- El precio de venta del Inserto de \$13.45 fue aceptado, ya que los insertos que ellos utilizan tienen un rango de precio de \$15 a \$30. Todos los encuestados indicaron que sí lo comprarían.
- Fue de su agrado el saber que podrían adquirir el Inserto el día que se requiere, ya que actualmente ellos deben esperar 24 horas para obtener los insertos por parte del fabricante de insertos, los directivos concordaron con el ahorro de tiempo que ellos obtendrían para concluir la remanufactura.
- La garantía de 2 años o 40000 kilómetros fue bien recibida, ya que ellos brindan una garantía en un rango de 3 meses a 1 año. Indicaron que algunos de sus clientes han estado exigiendo un periodo de garantía mayor aplicable al inserto.
- El Inserto también tuvo aceptación debido a que es maquinable. El 66% de los encuestados indicó que se acoplarían a las medidas del Inserto si llegase a comercializarse, y que es necesario que los rangos de medidas del Inserto sean mayores a los nominales o al estándar para insertarlo con las presiones de interferencia que ellos aplican.

#### I.6.8.2- LA INDUSTRIALIZADORA DANAMEX S.A. DE C.V.

Existe otra opción para adquirir insertos asiento de válvula de escape, la Industrializadora Danamex S.A. de C.V., importa y comercializa insertos de la marca Martin Wells. Esta empresa tiene a su disposición un inserto asiento de válvula de escape maquinable para trabajar en motores con funcionamiento a Gas L. P. Este inserto tiene un diámetro exterior de 1.547" + 0.006" y una altura de 0.375". Este inserto se comercializa a un precio de \$36 y no se ofrece garantía. El tipo de aleación de este inserto no fue proporcionada y este se muestra en la fotografía I.6.8.2.1.



## I.7 – CONCLUSIONES.

La cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros está fabricada con una aleación de aluminio que confiere conductividad y expansión térmicas superiores. Además, la cámara de combustión hemisférica confiere un distanciamiento entre asientos de válvulas de admisión como de escape considerable mejorando en gran medida la conductividad y la expansión térmica puesto que hay más material de aleación entre los asientos de válvulas. En comparación, en la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros, los asientos de admisión como de escape están uno al lado del otro, esto conlleva a cierta restricción en la conductividad y expansión térmicas originando las fisuras. Estas fisuras, también pueden originarse debido a la reprecipitación de carbono en la microestructura martensítica ocasionando un extra endurecimiento y al mismo tiempo un aumento en la fragilidad disminuyendo la resistencia al impacto de la fundición gris G2500.

El Inserto Asiento de Válvula de Escape posee un mayor contenido de elementos de aleación en comparación con el acero AISI-SAE 4140 (ver pagina 43). Además, por haber sido fabricado por el proceso de metalurgia de polvos esto evidencia que el Inserto mencionado ofrece propiedades mecánicas y físicas superiores, más consistentes y constantes debido a que los elementos de aleación están distribuidos fina y homogéneamente en la microestructura. En cambio, el acero AISI-SAE 4140 por ser fabricado inicialmente por fundición sus elementos de aleación están más dispersos. Esto evidencia que las propiedades mecánicas y físicas del Inserto son superiores (ver pagina 44).

Aunque el Inserto Asiento de Válvula de Escape está especialmente fabricado para soportar el desgaste abrasivo y fuerzas de impacto a alta temperatura, éste podría presentar recesión debido a la falta de mantenimiento en el Sistema de Carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER". Para mantener en óptimas condiciones el motor del vehículo se debe mantener la relación aire-combustible sugerida de 15.6:1. Si la carburación es incorrecta, la relación de aire-combustible se empobrece, o sea, que hay más aire en la mezcla, esto provocaría la quema del combustible y no la combustión, generando una temperatura más alta en la cámara de combustión, provocando la formación de microsoldaduras entre la válvula de escape y su asiento, dando pie a la recesión gradual del asiento de válvula de escape. Además, si la relación aire-combustible es pobre en combustible, se generaría humedad en la cámara de combustión provocando la siguiente reacción química con el óxido de nitrógeno:



El ácido nítrico atacaría gradualmente los elementos de la cámara de combustión y los sistemas de escape del vehículo. Esta es la razón de que los motores con funcionamiento a Gas L. P. por lo general tienen menos durabilidad, pero esto solo ocurre cuando no se brindan los servicios de mantenimiento al sistema de carburación a Gas L. P. Por ello es fundamental y de gran importancia el realizar los programas de mantenimiento establecidos por Ingeniería de Sistemas de Carburación S.A de C.V para los sistemas IMPCO y realizarlos en base a la norma NOM-005-SEDG-1999 en conjunto con los programas de mantenimiento establecidos por DAIMLERCHRYSLER de México para camiones Dodge. Realizando lo anterior, la vida de servicio útil del Inserto se prolonga, además, el usuario conserva las garantías y beneficios que ofrecen DAIMLERCHRYSLER de México e Ingeniería en Sistemas de Carburación S.A. de C.V.

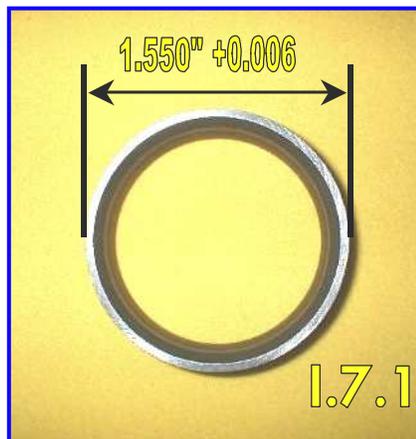
Con respecto al ahorro que se obtiene en un camión con motor V8 con el Sistema de Carburación en la compra de Gas L. P. es conveniente, puesto que mensualmente se obtiene un ahorro del 18.78% en la compra de este combustible, obteniéndose el mismo rendimiento que brinda la gasolina. Aunque los servicios de mantenimiento establecidos por DAIMLERCHRYSLER de México son económicos, los servicios de mantenimiento necesarios al sistema de carburación a Gas L. P. incrementan el costo de mantenimiento del vehículo en \$1880 cada año, pero, debido a que este vehículo puede circular todos los días del año, incluso en periodos de contingencia ambiental, las pérdidas de ganancia son mínimas. Las empresas incrementan sus ganancias por utilizar flotillas de transporte de carga y de servicios a Gas L. P.

La velocidad de corte y el avance sugeridos para torneear el Inserto Asiento de Válvula de Escape con herramienta de corte de carburo son menores debido al contenido de carburos de tungsteno, molibdeno, vanadio y cromo distribuidos homogéneamente en la microestructura. Las condiciones de torneado con herramienta de corte de alta velocidad no son adecuadas para aleaciones con carburos, se obtendrían superficies de torneado deficientes. Las condiciones de torneado del Inserto son de importante consideración para las casas rectificadoras de motores, para que los Gerentes y Directivos tengan en consideración las condiciones de torneado sugeridas por FEDERALMOGUL Valvetrain North America para evitar contratiempos en el maquinado del material y con la herramienta de corte.

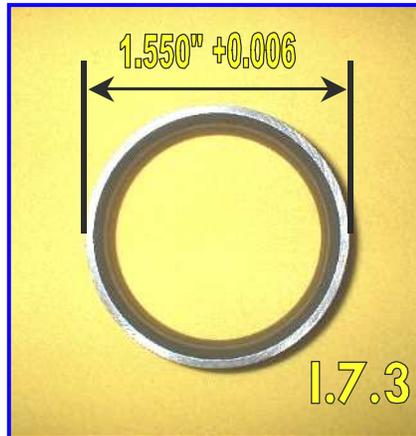
El precio de venta del Inserto Asiento de Válvula de Escape de \$13.45 es muy competitivo con respecto a los precios de insertos nacionales con rango de precio de \$15 a \$30 y con el inserto importado Martín Wells de \$36.

Como el Inserto Asiento de Válvula de Escape de Calidad DAIMLERCHRYSLER es maquinable, tuvo aceptación entre los Gerentes y Directivos de casas rectificadoras de motores, puesto que en algunas ocasiones se requiere redimensionar para satisfacer las condiciones de inserción de cada casa rectificadora. La garantía de 2 años o 40,000 kilómetros, lo que suceda primero, que ofrece este Inserto es muy superior a las garantías de los insertos nacionales con rango de 3 meses a 1 año y en el inserto importado no se ofrece garantía.

Los Gerentes y Directivos antes mencionados indicaron que comprarían el Inserto de calidad DAIMLERCHRYSLER puesto que es conveniente para ellos, además, sugirieron que este Inserto fuese comercializado en medidas mayores a la estándar. En base a la encuesta realizada, propongo que el Inserto sea comercializado en dos medidas, un primer Inserto con  $1.550'' + 0.006''$  de diámetro exterior con una altura de  $0.250'' + 0.010''$ , éste se muestra en las fotografías I.7.1 y I.7.2.



Y un segundo Inserto con  $1.550'' + 0.006''$  de diámetro exterior con una altura de  $0.250'' + 0.050''$ . Esto se muestra en las fotografías I.7.3 y I.7.4.



Estas son las dos medidas de comercialización que propongo para que las necesidades de los Gerentes y Directivos de casas rectificadores de motores sean cubiertas en promedio.

## II – ANÁLISIS METALÚRGICO COMPARATIVO.

En este capítulo se expondrá el procedimiento realizado mediante un análisis metalúrgico, en donde se determinará la composición química de los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión para identificarlos de acuerdo con las normas MATERIAL STANDARD: MS-8277 “POWDER METALLURGY – EXHAUST VALVE SEAT MATERIALS” y EL MS-6946 “POWDER METALLURGY – INTAKE VALVE SEAT MATERIALS” de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION.

Además, se determinará la composición química del acero AISI-SAE 4140 para identificarlo con la especificación de Aceros Fortuna S.A. de C.V.

También se identificará la microestructura de los Insertos y del acero mencionados. En base a los análisis anteriores e identificando el tratamiento térmico aplicado al acero, se identificarán las propiedades mecánicas y físicas del Inserto Asiento de Válvula de Escape comparándolas con el acero AISI-SAE 4140.

### II.1 - DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.

En este análisis se determinará el contenido en peso de carbono (C), azufre (S) y de los elementos de aleación de los materiales involucrados.

#### II.1.1 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO- AZUFRE DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO AISI-SAE 4140.

**A)** Empleando una “Cortadora de disco abrasivo automatizada” marca Struers de los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México que se muestra en la fotografía II.1.1.1., se extrae una muestra del Inserto Asiento de Válvula de Escape, una muestra del Inserto Asiento de Válvula de Admisión y también una muestra de la barra de acero AISI-SAE 4140. Enseguida las muestras obtenidas son enjuagadas en agua para eliminar el líquido refrigerante proveniente de la cortadora de disco abrasivo.

**B)** Después las muestras son pesadas en una balanza. El peso de las muestras está registrado en la Tabla Comparativa II.4.2.1.



**C)** Para determinar el contenido de Carbono (C) y Azufre (S) de las muestras se empleó un “Determinador de carbono / azufre” marca LECO modelo CS-444 de los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México que se muestra en la fotografía II.1.1.2.



**D)** Los resultados de la determinación del contenido de carbono (C) y azufre (S) de los Insertos Asientos de Válvula de Escape y de Admisión y del acero AISI-SAE 4140 están registrados en la Tabla Comparativa II.4.2.1.

## **II.1.2 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO AISI- SAE 4140.**

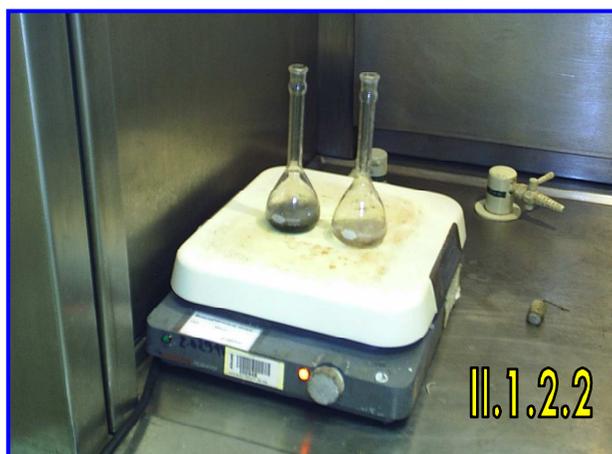
**A)** Nuevamente empleando la “Cortadora de disco abrasivo automatizada” marca Struers se extrae una muestra del Inserto Asiento de Válvula de Escape y una muestra del Inserto Asiento de Válvula de Admisión. Las muestras extraídas son enjuagadas en agua para eliminar el líquido refrigerante proveniente de la cortadora de disco abrasivo. De la barra de acero AISI-SAE 4140 se extrajeron virutas. Las muestras y las virutas obtenidas son pesadas en una balanza. El peso de las muestras está registrado en la Tabla Comparativa II.4.2.1.

**B)** Posteriormente en vasos de precipitados se vierten 30 mililitros de acetona en cada uno. Las muestras obtenidas son sumergidas en la acetona durante 30 minutos. Con esta acción las muestras se

limpiaron de la posible grasa impregnada. Esto se muestra en la fotografía II.1.2.1. Después de los 30 minutos transcurridos las muestras son sacadas de los vasos de precipitados y secadas.



**C)** Posteriormente, en dos matraces se vierte ácido clorhídrico en una concentración 1:1. En un matraz se sumerge la muestra del Inserto Asiento de Válvula de Escape y en el otro matraz la muestra del Inserto Asiento de Válvula de Admisión. Los matraces se colocan sobre una parrilla eléctrica. La parrilla eléctrica se pone en encendido y se le ajusta en máxima temperatura. Progresivamente las muestras se disuelven en el ácido clorhídrico ebuliente como se muestra en la fotografía II.1.2.2. Regularmente se vierte ácido clorhídrico en los matraces para reponer el ácido que se evapora manteniendo un volumen constante. Esto se repite hasta que las muestras se disuelven por completo. Una vez disueltas las muestras en el ácido clorhídrico, los matraces se retiran de la parrilla eléctrica y se enfrían en chorro de agua.



**D)** Enseguida ambos matraces se aforaron en 100 mililitros con agua desionizada para obtener el mismo volumen. Para eliminar el exceso de grafito en las muestras disueltas, éstas se filtraron con papel filtro.

**E)** Posteriormente en otro matraz se hizo un estándar con los elementos de aleación siguientes: Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), y Vanadio (V).

**F)** Para determinar el porcentaje en peso de los elementos de aleación de los Insertos Asientos de Válvula de Escape y de Admisión se utilizó un “Espectrómetro de Emisión por Plasma” modelo IRIS Intrepid II XSP de Thermo Electron Corporation de los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México que se muestra en la fotografía II.1.2.3.



**G)** El Espectrómetro de Emisión por Plasma primeramente fue alimentado por el matraz que contenía el estándar de los elementos de aleación. Después el espectrómetro se alimentó con el matraz que contenía la muestra disuelta del Inserto Asiento de Válvula de Escape. Posteriormente el espectrómetro fue alimentado con la muestra disuelta del Inserto Asiento de Válvula de Admisión.

Los resultados de la composición química del Inserto Asiento de Válvula de Admisión están registrados en la Tabla Comparativa II.4.2.1.

**H)** Las virutas extraídas de la barra de acero AISI-SAE 4140 se colocaron en un matraz con ácido clorhídrico en una concentración 1:1. El matraz fue colocado sobre una parrilla eléctrica y ajustando el encendido de la parrilla eléctrica a máxima temperatura. Progresivamente las virutas se disolvieron en el ácido clorhídrico ebullente como lo muestra la fotografía II.1.2.4. Fue necesario verter ácido clorhídrico varias veces para mantener el volumen adecuado en el matraz puesto que las virutas demoraron en disolverse.



**I)** Una vez disueltas las virutas en el ácido clorhídrico, el matraz se retira de la parrilla eléctrica y es enfriado en chorro de agua. El matraz es aforado a 100 mililitros con agua desionizada.

**J)** En otro matraz se prepara un estándar con los elementos de aleación siguientes: Cromo (Cr), Manganeso (Mn), Silicio (Si), y Molibdeno (Mo).

**K)** Utilizando nuevamente “El Espectrómetro de Emisión por Plasma”, primeramente éste es alimentado por el matraz que contiene el estándar de los elementos de aleación previamente preparado. Posteriormente es alimentado por el matraz que contiene el acero AISI-SAE 4140 disuelto en ácido clorhídrico.

**L)** Los resultados de la composición química de los elementos de aleación del acero AISI-SAE 4140 están registrados en la Tabla Comparativa II.4.2.1.

## II.2 – ANÁLISIS METALGRÁFICO.

El análisis metalográfico comparativo de los materiales mencionados constará del proceso que se explica como sigue:

### II.2.1 – EXTRACCIÓN Y ENCAPSULADO DE LAS MUESTRAS.

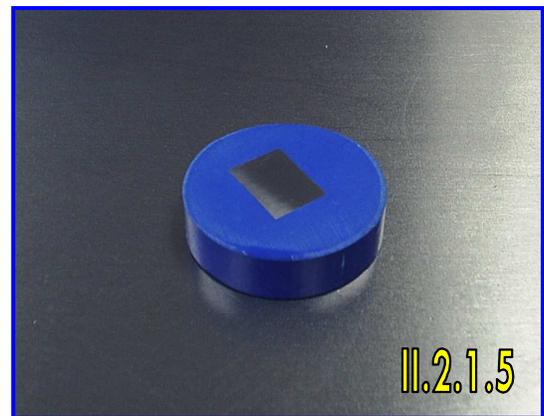
**A)** Para obtener las secciones de los materiales mencionados se utilizó una cortadora de disco abrasivo automatizada de la Marca Struers de los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México que se muestra en la fotografía II.2.1.1.

El tamaño de las muestras de los Insertos Asiento de Válvula fueron de aproximadamente de 2.3 cm de largo.

El tamaño de la muestra del acero AISI-SAE 4140 fue de 1.6 cm. de largo por 1.1cm. de alto como se muestra en la fotografía II.2.1.2.



**B)** Posteriormente las muestras extraídas se encapsularon en Ftalato de Diallyl azul marca Buehler empleando una prensa de montaje modelo Simplimet 3 marca Buehler que se muestra en la fotografía II.2.1.3. La muestra del Inserto Asiento de Válvula de Escape se encuentra a la izquierda del encapsulado, y la muestra del Inserto Asiento de Válvula de Admisión se encuentra a la derecha del encapsulado, como se muestra en la fotografía II.2.1.4. El muestra de acero AISI-SAE 4140 se encuentra encapsulada como se muestra en la fotografía II.2.1.5.



## II.2.2 – ABRASIÓN Y PULIDO FINAL.

**A)** La abrasión de las muestras encapsuladas fue realizada con lijas de agua, primeramente con lija # 150, después con lija # 300 y finalmente con lija # 600.

**B)** El pulido final con acabado a espejo fue realizado sobre paño empleando alumina de 3 micras como pulidor.

## II.2.3 – ATAQUE QUÍMICO.

Para revelar la microestructura de las muestras encapsuladas, éstas fueron atacadas químicamente con Nital al 4%.

Las descripciones de las microestructuras descubiertas en las muestras encapsuladas se encuentran registradas en la sección II.4.1. Determinación de la Microestructura.

## II.3 – PRUEBA MECÁNICA DE DUREZA.

En este apartado se determinarán los grados de dureza que poseen los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión y del acero AISI-SAE 4140.

### II.3.1 – DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DUREZA DE LOS INSERTOS ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE Y DE ADMISIÓN Y DEL ACERO AISI-SAE 4140.

Para determinar el grado de dureza de los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión y del acero AISI-SAE 4140 se utilizó el Probador de Dureza Wilson/Rockwell Serie 500 de los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México que se muestra en la fotografía II.3.1.1. Se empleó un marcador de diamante de forma cónica. Los grados de dureza obtenidos están registrados en la Tabla Comparativa II.4.2.1.



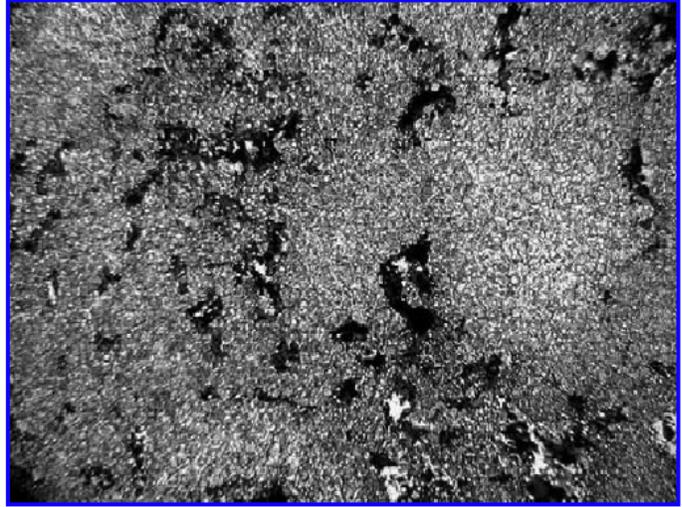
## II.4 - RESULTADOS DEL ANÁLISIS METALÚRGICO.

En este apartado se registran los resultados obtenidos de la determinación de la microestructura, el contenido de carbono-azufre y de los elementos de aleación y en las pruebas de dureza y la determinación de los materiales involucrados como sigue:

### II.4.1 – DETERMINACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA.

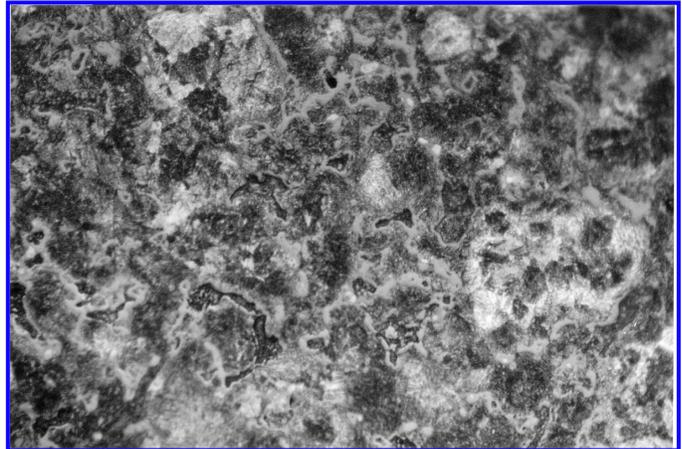
FEDERALMOGUL Valvetrain North America indicó que el Inserto Asiento de Válvula de Escape apropiado para trabajar con Gas L. P. es el PMF-16, o sea, el MS-8277 A de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION. La microestructura es la siguiente:

**Fotomicrografía II.4.1.1-** Inserto Asiento de Válvula de Escape sinterizado: Matriz de Martensita con una distribución uniforme de carburos finos, lubricantes sólidos (aproximadamente 7% por volumen) y óxidos metálicos formados por un tratamiento al vapor. Atacado con Nital, 500X.<sup>6</sup>



La microestructura siguiente corresponde al Inserto Asiento de Válvula de Admisión que corresponde al Material Standard MS-6946 B de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION.

**Fotomicrografía II.4.1.2 –** Inserto Asiento de Válvula de Admisión sinterizado: Perlita fina con distribución homogénea de sulfuro de Manganeso y Poros. Atacado con Nital al 4%. 400X.<sup>7</sup>

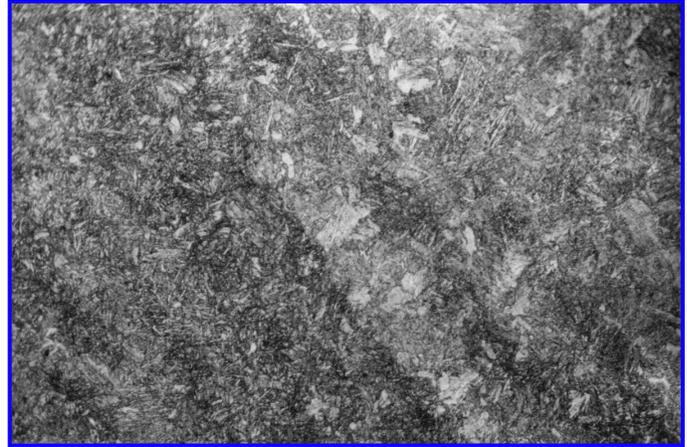


<sup>6</sup> Pie de foto y Fotomicrografía del: DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-8277 A "Powder Metallurgy-Exhaust Valve Seat Materials. page: 3.

<sup>7</sup> Pie de foto del: DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-6946 B "Powder Metallurgy-Intake Valve Seat Materials. page: 2. Fotomicrografía II.4.1.2 tomada en microscopio metalografico con cámara profesional Canon F1 con rollo fotográfico AGFA ASA 200.

La microestructura siguiente corresponde al acero AISI-SAE 4140 que corresponde a la especificación TCMO 4T de Aceros Fortuna S.A de C.V.

**Fotomicrografía II.4.1.3** – Acero AISI-SAE 4140 (TCMO 4T): Ahujas de martensita revenida producto de un tratamiento térmico de temple, con pocas inclusiones de sulfuro. Atacado con Nital al 4%. 400X.\*



#### II.4.2 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO-AZUFRE Y DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN.

Los resultados de la determinación del contenido de carbono-azufre y de la determinación del contenido de los elementos de aleación de los Insertos Asiento de Válvula de Escape y de Admisión de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros y del acero AISI-SAE 4140 se muestran en la Tabla II.4.2.1.

TABLA II.4.2.1: TABLA COMPARATIVA.**												
Muestra	Peso (g)***	Peso (g)****	Composición Química									Dureza
			C	S	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	Ni	V	
Inserto Asiento de Válvula de Escape.	0.9702	0.8176	1.516	1.294		5.56	13.61	0.96	6.25	1.59	1.36	65 HRA
Inserto Asiento de Válvula de Admisión.	1.368	0.8359	0.415	0.081		0.767	0.113	2.452	0.681	0.609	0.076	104.1 HRB
Acero AISI-SAE 4140.	0.0960	0.1056	0.405	0.011	0.44	0.80	0.95		0.19			102.9 HRB

\* Pie de foto determinado por el Ing. Senior de Desarrollo de Materiales Luis Antonio Barrera Vidal en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México. Fotomicrografía tomada en microscopio metalografico con cámara profesional Canon F1 con rollo fotográfico AGFA ASA 200.

\*\* Determinación de la composición química y pruebas de dureza realizados por el Ing. Senior de Desarrollo de Materiales Luis Antonio Barrera Vidal en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México.

\*\*\* Peso de las muestras que se utilizaron para determinar el contenido de carbono-azufre.

\*\*\*\* Peso de las muestras que se utilizaron para determinar el contenido de los elementos de aleación.

Debido a que no hubo certeza en la determinación del contenido de carbono-azufre y de los elementos de aleación en el Inserto Asiento de Válvula de Escape para identificarlo con alguno de los grados de aleación en el Material Standard MS-8277, se decidió pedir información a FEDERALMOGUL en Waupun, Wisconsin en Estados Unidos. Muy amablemente Mark R. Aue, Business Director of Valvetrain North America, indicó que el material adecuado para el Inserto Asiento de Válvula de Escape para funcionar con Gas L. P. es el PMF-16 del Sintered Powder Metal Specification Sheet de FEDERALMOGUL, que concuerda con el Material Standard: "MS-8277 A" de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION.

Con respecto a los resultados de la determinación del contenido de carbono-azufre, de los elementos de aleación y de la dureza en el Inserto Asiento de Válvula de Admisión, concordaron con el Material Standard MS-6946 B de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION.

Finalmente, los resultados de la determinación del contenido de carbono-azufre y de los elementos de aleación en el acero AISI-SAE 4140 concordaron con el acero TCMO 4T de Aceros Fortuna. La prueba de dureza concordó dentro del rango de dureza que especifica Aceros Fortuna.

De acuerdo con la información y los resultados obtenidos, se muestra en la Tabla II.4.2.2 la identificación plena de materiales con sus designaciones, composiciones químicas y durezas correspondientes.

TABLA II.4.2.2: IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES.															
Pieza / Material	DESIGNACION		Composición Química												Dureza
	Daimler Chrysler	Federal Mogul	C	S	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	Ni	W	V	Óxidos Metálicos	Hierro	
Inserto Asiento de Válvula de Escape.	MS-8277A <sup>6</sup>	PMF16 <sup>10</sup>	0.7-1.1			0.2-0.5	3.5-4.5		4.5-7.5		6.0-7.0	1.5-2.5	2.0-4.0	Balance	105-115 HRB
Inserto Asiento de Válvula de Admisión.	MS-6946B <sup>7</sup>	PMF-3 <sup>9</sup>	0.65-0.9	0.2-0.35		0.2-0.6		1.75-2.25	0.6-0.9	0.2-0.6				Balance	95-110 HRB
Acero AISI-SAE 4140 / TCMO 4 T <sup>14</sup>	-----	-----	0.38-0.43		0.15-0.35	0.75-1.00	0.80-1.10		0.15-0.25					Balance	102.9 HRB

<sup>6</sup> Composición química y dureza de acuerdo con el: DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-8277-A "Powder Metallurgy-Exhaust Valve Seat Materials. page: 2,6.

<sup>10</sup> Composición química y dureza de acuerdo con el: FEDERALMOGUL Sintered Powder Metal Specification Sheet PMF-16.

<sup>7</sup> Composición química y dureza de acuerdo con el: DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-6946-B "Powder Metallurgy-Intake Valve Seat Materials. page: 2,4.

<sup>9</sup> Composición química y dureza de acuerdo con el: FEDERALMOGUL Sintered Powder Metal Specification Sheet PMF-3.

<sup>14</sup> Designación y composición química de acuerdo con el: Manual Técnico de Productos. Aceros Fortuna. Edición Año 2000. p.: I AM 1.

### II.4.3 – PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE MS-8277 A / PMF16 Y DEL ACERO AISI-SAE 4140.

Puesto que el material del Inserto Asiento de Válvula de Escape ha sido identificado con el Material Standard MS-8277 A de DAIMLERCHRYSLER CORPORATION y con el PMF-16 de FEDERALMOGUL, se muestran en la Tabla II.4.3.1 las propiedades mecánicas y físicas propias de este acero herramienta de alta velocidad sinterizado.

Con respecto al acero AISI-SAE 4140 que ha sido identificado con la designación TCMO 4T de Aceros Fortuna S.A. de C.V., sus propiedades mecánicas y físicas se muestran en la Tabla II.4.3.1.

TABLA II.4.3.1: TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS.														
Pieza ó Material	Dureza (HRB)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de Young (Gpa)			0.2% Prueba de esfuerzo a la compresión (MPa)			Conductividad Térmica (W/m °K)			Coeficiente de Expansión Térmica (mm/mm°C x10E-5)		
	TA*	TA	20°C	300°C	500°C	20°C	300°C	500°C	20°C	300°C	500°C	TA-300°C	TA-500°C	
Asiento de Válvula de Escape. MS8277A / PMF-16 <sup>10</sup>	105-115	6.8-7.1	150	141	126	1530	1160	940	24	21	20	1.38	1.43	
Acero AISI-SAE 4140 <sup>23-12</sup> / TCMO 4 T**	102.9	7.845	0.629	0.464	400 °C 0.387	825	---	---	100°C 42.6	200°C 42.2	400°C 37.7	600°C 33.0	1.24	1.36

### II.5 – CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS METALÚRGICO COMPARATIVO.

El comportamiento elástico del Inserto es superior al del acero, 126 GPa a 500°C contra 387 MPa a 400°C. En el intervalo de 20°C – 300°C el módulo de elasticidad del Inserto disminuye un 6%, en comparación con el acero que disminuye un 26%. Lo anterior, evidencia que a mayores temperaturas bajo las fuerzas de impacto de la válvula de escape, el Inserto posee una resistencia bastante mayor a la deformación en comparación con el acero.

Aunque el acero AISI-SAE 4140 posea alguna cantidad de carburos de cromo y molibdeno resistentes al desgaste abrasivo, el material MS-8277 A posee más elementos formadores de carburos y en mayor porcentaje confiriéndole al Inserto una resistencia al desgaste abrasivo superior brindándole un periodo de servicio más prolongado.

El material MS-8277-A y el acero AISI-SAE 4140 ambos poseen una microestructura martensítica. Los módulos de Young bastante mayores del MS-8277-A son debidos a la microestructura martensítica templada y a la fina distribución de carburos de molibdeno, tungsteno, vanadio y cromo que confieren un

\* Temperatura Ambiente.

<sup>10</sup> Módulo de Young, 0.2% Prueba de esfuerzo a la compresión, Conductividad y Coeficiente de expansión térmica de acuerdo con: FEDERALMOGUL PMF-16 Sintered Powder Metal Specification Sheet.

<sup>23</sup> El esfuerzo a la compresión fue extraído de www.scielo.br.

<sup>12</sup> Los Módulos de Young fueron extraídos del acero DIN 42CrMo4 (AISI 4140) del: Manual del Constructor de Maquinas. Tomo 1. H. Dubbel. Editorial Labor, S.A. . Tabla 12. p.: 716.

\*\* Densidad, Conductividad y Coeficiente de expansión térmica proporcionados por Aceros Fortuna S.A. de C.V.

comportamiento elástico superior y una gran tenacidad para resistir fuerzas de impacto a alta temperatura. El acero AISI-SAE 4140 posee un modulo de Young bastante menor debido a que su microestructura martensítica fue sometida a un tratamiento térmico de revenido, por consiguiente dicha microestructura ha sido suavizada.

El esfuerzo a la compresión del Inserto a temperatura ambiente es casi el doble que el del acero, ésta mayor resistencia es debida a la matriz martensítica templada, reforzada por la distribución homogénea de carburos finos. Incluso, a 500°C, el esfuerzo a la compresión del Inserto de 940 MPa es aun mayor que el del acero de 825 MPa a temperatura ambiente. Los óxidos metálicos que se encuentran dispersos en la porosidad de la microestructura del Inserto, contribuyen a que éste sea más resistente.

La resistencia a la compresión más alta que presenta el Inserto, permite que éste pueda ser insertado en la cabeza del motor con presiones de interferencia mayores a 0.006”.

El material MS-8277-A esta especialmente diseñado para trabajar con un combustible seco como lo es el Gas L. P., el contenido del 7% de lubricantes sólidos por volumen confiere la lubricación entre la válvula de escape y el asiento, disminuyendo la alta temperatura entre estos, además, los lubricantes mencionados confieren resistencia a la adhesión y se evita la formación de microsoldaduras que generan la recesión. Por lo tanto, estos lubricantes sólidos confieren una mejorada condición de trabajo con un combustible seco como lo es el Gas L. P.

La densidad menor del Inserto Asiento de Válvula de Escape con respecto al acero AISI-SAE 4140 es debida a la ligera porosidad característica de los materiales sinterizados, las fotomicrografías II.4.1.1 y II.4.1.3 evidencian lo anterior.

La conductividad térmica es menor, debido a esta porosidad, ya que el espaciamiento entre partículas ocasiona la discontinuidad de la transferencia de calor a través del material sinterizado. La menor densidad de 6.8-7.1 g/cm<sup>3</sup> del Inserto con un coeficiente de expansión de  $1.43 \times 10^{-5}$  mm/mm°C da mayor libertad de movimiento entre partículas a alta temperatura, provocando que la expansión térmica sea ligeramente mayor que la del acero que es de  $1.36 \times 10^{-5}$  mm/mm°C.

Aunque el Inserto tiene una densidad menor, este posee un comportamiento mecánico superior a alta temperatura.

Los óxidos metálicos que posee la microestructura del Inserto, que son producto de un tratamiento al vapor, contribuyen en el incremento de la densidad y la dureza. También proveen de una resistencia extra a la corrosión.

### **III - PROCESO DE REMANUFACTURA DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.**

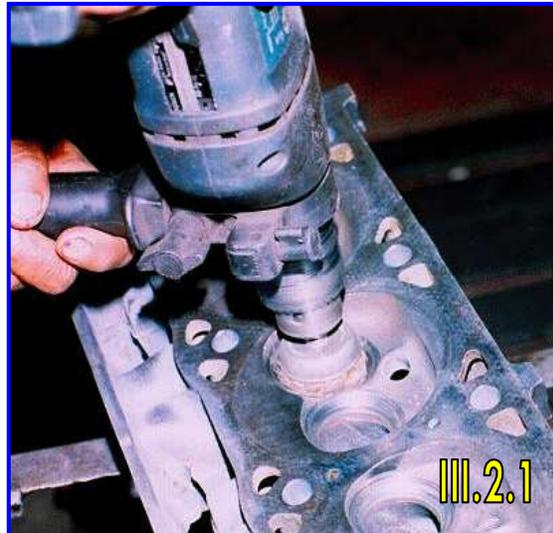
En este capítulo se describe el proceso de remanufactura del asiento de válvula de escape de la cabeza del motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros, que está compuesto por varias actividades necesarias que se explican a continuación.

#### **III.1 - LIMPIEZA DESENGRASANTE DE LA CABEZA.**

Para limpiar la cabeza del motor que está cubierta de grasa y aceite lubricante, ésta se sumerge en un tanque que contiene una solución desengrasante con gluconato de sodio, sosa, y detergente en caliente  $\pm 60$  °C. La cabeza se sujeta a una base que tiene un movimiento de vaivén para lograr que la solución se introduzca en las zonas internas de la cabeza. La duración de inmersión de la cabeza en el estanque es de dos horas para obtener una mejor remoción. La cabeza se saca del tanque y con agua a presión se remueve el exceso de desengrasante y carbón de la cabeza.

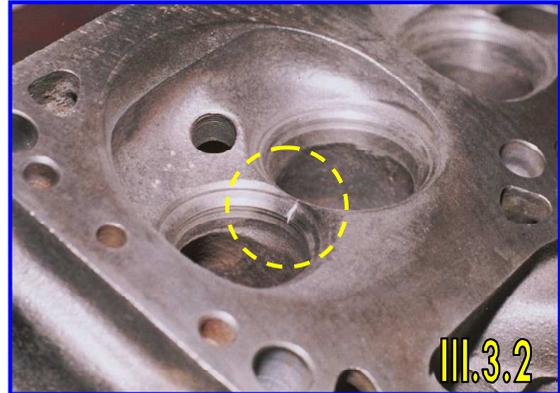
#### **III.2 - LIMPIEZA DE LA CABEZA POR MEDIOS MECÁNICOS.**

Para eliminar los residuos carbonosos en los orificios de las válvulas y en los asientos de válvulas se pueden emplear dos métodos: el descarbonizado por aspersion que consiste en lanzar aire comprimido con perla de vidrio para remover los residuos ó se puede utilizar un taladro con rueda de cerdas de alambre, como se muestra en la fotografía III.2.1



### III.3 - INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (MAGNAFLUX) DE FISURAS EN ASIENTOS DE VÁLVULAS.

Después que la cabeza ha pasado por la operación de limpieza, se procede a la inspección por partículas magnéticas para detectar posibles fracturas y/o fisuras en el área de asiento de la válvula. El equipo Magnaflux se coloca encima de la cabeza del motor de tal manera que los bornes que inducirán el campo electromagnético tengan contacto con la cabeza. Se enciende el equipo Magnaflux y se toma una pequeña cantidad de partículas magnéticas que en este caso son polvo de hierro y se esparcen sobre el área de asiento de válvula como lo muestra la fotografía III.3.1.

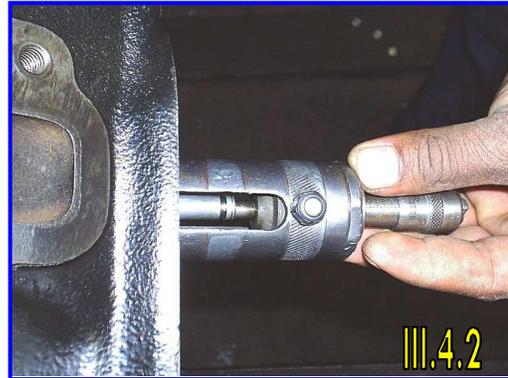
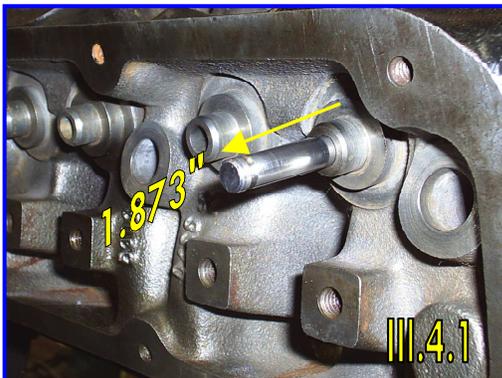


Las partículas de hierro al encontrar discontinuidades en la superficie del asiento se aglomerarán en esas zonas revelando las dimensiones de las fracturas y/o fisuras que a simple vista serían difíciles de detectar. La fisura identificada con magnaflux se muestra en la fotografía III.3.2.

Si se requiriese inspeccionar la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum de 5.7 litros que es de aleación de aluminio, la inspección por partículas magnéticas no funciona puesto que el aluminio es un metal no ferroso. Se emplearía el método de líquidos penetrantes para detectar posibles fisuras. Se impregnaría el área de asiento de válvula de escape con el líquido penetrante, éste sería absorbido por las fisuras y otras discontinuidades. Los residuos de líquido penetrante serían limpiados con el líquido removedor, esto permitiría que el líquido penetrante permaneciese en todas las discontinuidades. Finalmente, se aplicaría el revelador con el cual la fisuras o discontinuidades son indicadas a simple vista.

### III.4 – MEDICIÓN DE LA ALTURA DEL VÁSTAGO DE VÁLVULA.

La inspección que sigue es el de medir la altura de los vástagos de válvulas de escape. Las válvulas de escape son insertadas en sus respectivas guías de válvula como lo muestra la fotografía III.4.1



Con un calibrador se mide la altura de los vástagos de las válvulas de escape. Se toma como referencia la medición de la altura menor de los vástagos de válvulas que se hayan registrado que es de 1.873", como lo muestra la fotografía III.4.2. Esta es la altura que deberá tener el vástago de la válvula en su asiento remanufacturado y las demás válvulas de escape deberán rectificarse en la cola de válvula para tener la misma altura.

### III.5 – OPERACIÓN DE MANDRINADO DEL ASIENTO INTEGRAL DE VÁLVULA DE ESCAPE.

El mandrinado es una operación de maquinado en el cual diámetros internos son generados en relación a la línea de centro de un eje mediante herramientas de corte de un solo filo y comúnmente es el proceso más usado para agrandar o acabar orificios u otros contornos circulares.

La Tabla III.5.1 muestra los datos necesarios del asiento integral de escape para obtener los cálculos para una operación de mandrinado utilizando un buril de plaquita cuadrada de carburo sinterizado como herramienta de corte.

TABLA III.5.1 DATOS DEL HIERRO GRIS G2500				
Material	Tratamiento Térmico	Dureza Rockwell C*	Diámetro del asiento (pulg[mm])	Velocidad de corte (m/min) <sup>4</sup>
Fundición gris G2500	Endurecido por inducción	50 mínimo	1.687[42.85]	17

Para calcular las revoluciones por minuto (RPM) para mandrinar se utiliza la siguiente fórmula:

$$RPM = \frac{(Vc)(1000)}{D}$$

Donde: Vc = Velocidad de corte del material en m/min.

D = Diámetro exterior de la pieza en mm.

RPM = Velocidad del mandril en revoluciones por minuto.

$$RPM = \frac{(17 \text{ m/min})1000}{3.1416(42.85 \text{ mm})} = 126.28 \text{ RPM} \approx 126 \text{ RPM}^{**}$$

- El avance es manual en la mandrinadora vertical. Avance aproximado de 0.1 mm/rev.
- Para calcular el tiempo de maquinado por mandrinado se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = \frac{L}{(f)(N)}$$

Donde: T = Es el tiempo de mandrinado, en minutos.

L = Es la longitud de corte, en pulgadas.

f = Es el avance, en pulgadas/revolución.

N = Es la velocidad del husillo, en RPM.

\* Dureza proporcionada por DAIMLERCHRYSLER de México.

<sup>4</sup> ASM Handbook. Volume 16. Machining. ASM International. Boring. Table 1 page: 164.

\*\* Las RPM calculadas fueron excesivas durante la operación de mandrinado, se emplearon 45 RPM.

- La longitud de corte que en este caso es la profundidad de mandrinado es de 0.250 pulgadas.  
Convirtiendo 0.1 mm/rev a pulg/rev...

$$0.1 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1''}{25.4\text{mm}} = 0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

$$T = \frac{0.250\text{pulg}}{(0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(45\text{RPM})} = 1.85 \text{ min.}$$

Convirtiendo 0.85 minutos a segundos...

$$0.85\text{min} \times \frac{60\text{seg}}{1 \text{ min}} = 51 \text{ seg.}$$

El tiempo de maquinado por mandrinado es de 1 minuto y 51 segundos.

La hoja de trabajo III.5.1 indica los procedimientos y parámetros de corte para realizar el mandrinado del asiento integral de escape.

HOJA DE TRABAJO III.5.1: MANDRINADO DEL ASIENTO INTEGRAL DE ESCAPE DE LA CABEZA DEL MOTOR DODGE RAM V8 DE 5.9 LITROS.							
Nombre de la parte: Asiento integral de escape.		Nombre de máquina: Mandrinadora Vertical		Diámetro: 1.687"[42.85 mm.]		Hoja: 1 de 1	
Material: Fundición gris G2500 endurecida por inducción.		Velocidad de corte: 6 m/min		Longitud de corte (pulgadas[milímetros]): 0.250[6.35]			
No. de operación / fotografía	Nombre de operación	Herramientas	Instrumentos de medición	Avance	RPM	Tiempo de operación	
						Minutos	Segundos
1 / III.5.1	Colocación de cabeza en prensa.					4	0
2 / III.5.2	Nivelación de la cabeza a 90°	Guía de husillo	Nivelador			2	0
3 / III.5.3	Mandrinado	Mango portaherramientas, buril C4 de plaquita cuadrada de carburo sinterizado.	Vernier en milésimas de pulgada.	Manual	45	1	51
4	Desmontado de la cabeza en prensa					1	30
						9	21
TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN							

A continuación se describen las operaciones 1, 2 y 3 que se mencionan en la hoja de trabajo III.5.1.

**Operación N° 1:** Se coloca la cabeza del motor en la prensa de una mandrinadora vertical como lo muestra la fotografía III.5.1

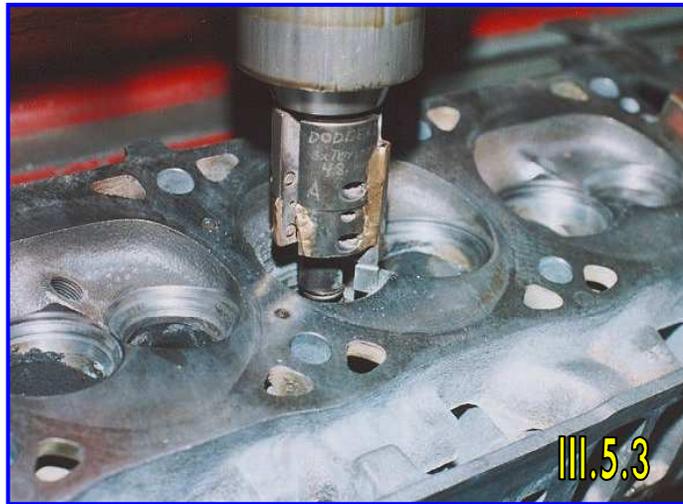


**Operación N° 2:** Después se inserta en la guía de válvula una guía de husillo y en ésta se inserta un nivelador horizontal. La cabeza se acomoda hasta que quede la guía de husillo a 90° guiándose por el indicador del nivelador y se aprieta con fuerza el maneral lateral para fijar la cabeza en esta posición como lo muestra la fotografía III.5.2.

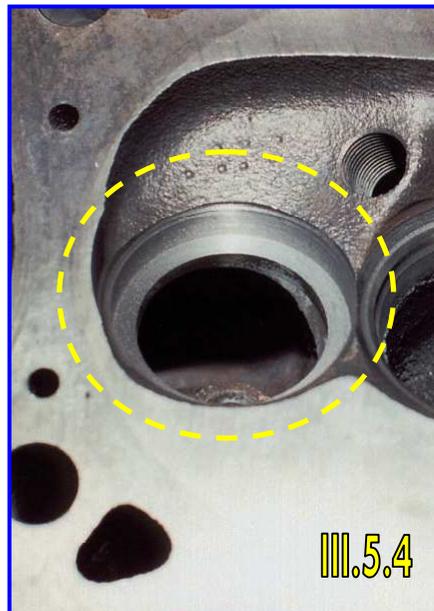


Habiendo nivelado la cabeza del motor se retira el nivelador, se selecciona un mango portaherramienta y se acopla a éste un buril C4 de plaquita cuadrada de carburo sinterizado, se escoge un resorte de altura adecuada, se inserta primero el resorte en la guía y enseguida el mango portaherramienta apoyándolo en éste. El filo exterior del buril debe cubrir el diámetro del asiento integral a mandrinar. Se verifica que el buril no toque el asiento debido al apoyo del mango portaherramienta sobre el resorte.

**Operación N° 3:** Se pisa un pedal neumático para desplazar el cabezal de la mandrinadora hasta la posición del mango portaherramienta, se deja de pisar el pedal neumático para fijar el cabezal en esa posición. Se hace bajar el cabezal hasta que se acople con el mango portaherramienta. Se seleccionan 45 RPM, se enciende la mandrinadora y se procede a mandrinar el asiento integral por completo como lo muestra la fotografía III.5.3.



La fotografía III.5.4 muestra el alojamiento ó cajón resultante del mandrinado.



### III.6 – OPERACIÓN DE MAQUINADO EN TORNO PARALELO DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.

El hacer girar una pieza de trabajo alrededor de un eje y una herramienta de corte la recorre en una trayectoria definida paralela en relación con el eje, se genera una superficie cilíndrica. La operación descrita se llama maquinado en torno o, sencillamente, torneado.

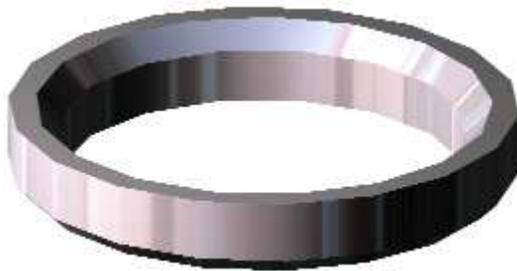
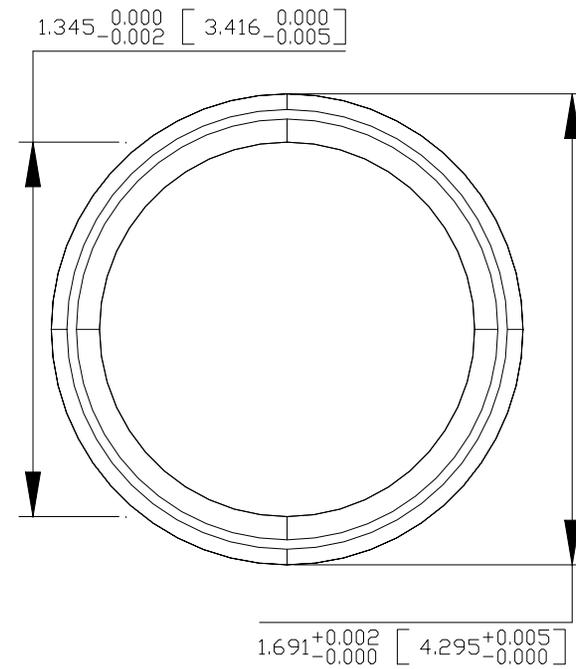
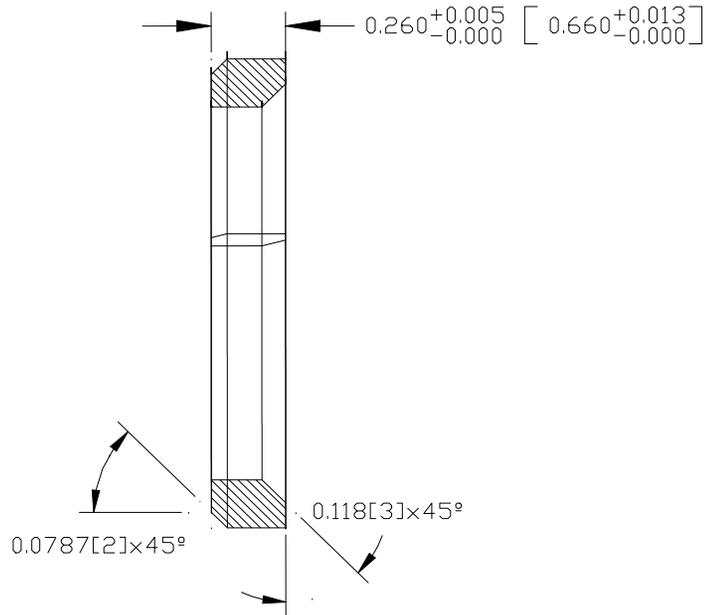
Se procede a tomar mediciones del alojamiento ó cajón. La Tabla III.6.1 muestra la mediciones realizadas.

TABLA III.6.1. MEDICIONES REALIZADAS EN ALOJAMIENTO O CAJON			
Medición	Instrumento de medición	Medida (pulgadas[centímetros])	Fotografía
Diámetro exterior *	Micrómetro	1.687[4.286]	III.6.1 y III.6.2
Diámetro interior *	Micrómetro	1.345[3.416]	III.6.3 y III.6.4
Profundidad ó alto	Vernier	0.250[0.635]	-----

\*Observaciones: Mediciones indirectas utilizando compás.



Habiendo obtenido las medidas necesarias, en la siguiente hoja se muestra el plano III.6.1 indicando las dimensiones y tolerancias debidas para remanufacturar el inserto asiento de válvula de escape.



Nombre de Pieza:  
INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.

Material:  
ACERO AISI-SAE 4140

Escala:  
Sin escala.

Acotaciones:  
pulgadas [milímetros]

Plano:  
III.6.1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO – FES ARAGON

INGENIERO MECÁNICO: ANTONIO ROMO MOLINA



La Tabla III.6.2 muestra las características necesarias del acero para realizar los cálculos que son requeridos para la remanufactura por torneado del inserto asiento de válvula de escape.

TABLA III.6.2: CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI-SAE 4140 EMPLEADO EN REMANUFACTURA.				
Acero	Tipo	Dureza Brinell	Dimensiones (pulgadas[milímetros])	Fotografía
AISI-SAE 4140 (TCMO 4T)	Barra	240	Ø 1 ¾ [44.45] X 5[127]	III.6.5

A continuación se muestran los cálculos para los maquinados por refrentado, taladrado, torneado interior y torneado cilíndrico.

### III.6.1 – OPERACIÓN DE REFRENTADO.

**Operación N° 1:** Para determinar las RPM adecuadas para realizar un refrentado de desbaste se utiliza la siguiente fórmula:

$$RPM = \frac{(V_c)(1000)}{\Pi D}$$

- La velocidad de corte ( $V_c$ ) adecuada para el acero AISI 4140 T con una dureza Brinell de 240 y utilizando como herramienta de corte un buril D4 de plaquita de punta angular de 80° de carburo sinterizado es de 275 ft/min.<sup>15</sup>

Convirtiendo en m/min la  $V_c$ ...

$$V_c = \left(275 \frac{\text{ft}}{\text{min}}\right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}}\right) = 83.82 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Obteniendo RPM...

$$RPM = \frac{(V_c)(1000)}{\Pi D} = \frac{\left(83.82 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right)(1000)}{(3.1416)(44.45 \text{ mm})} = 600.2 \text{ RPM.}^*$$

Se escoge un avance para desbaste de 0.076 mm/rev<sup>\*\*</sup> y una profundidad de corte de 0.2 mm. Se realizan dos pasadas de desbaste.

<sup>15</sup> Fuente: Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Pagina: 1754, Tabla E215.

\* Se ajusta el torno a 325 RPM sugeridas por asesores.

\*\* Avance de desbaste sugerido por el asesor.

- Para calcular el tiempo de trabajo para el refrentado de desbaste se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = \frac{L}{(f)(N)}$$

La longitud de corte es el radio de la barra: 7/8 de pulgada (0.875").  
Convirtiendo 0.076 mm/rev a pulg/rev...

$$0.076 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ pulg.}}{25.4 \text{ mm}} = 0.003 \frac{\text{pulg.}}{\text{rev}}$$

Calculando el tiempo de trabajo para el refrentado de desbaste...

$$T = \frac{0.875 \text{ pulg}}{(0.003 \frac{\text{pulg.}}{\text{rev}})(325 \text{ RPM})} = 0.897 \text{ minutos}$$

Se realizan dos pasadas, por lo tanto: 0.897 minutos X 2 = 1.794 minutos.

$$0.794 \text{ minutos} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 47.64 \text{ segundos.}$$

El tiempo de maquinado por refrentado de desbaste es 1 minuto y 47 segundos.

**Operación N° 2:** Para ejecutar un refrentado de acabado se ajusta el torno a 260 RPM con un avance de 0.040 mm/rev y una profundidad de corte de 0.1mm. Se realiza una pasada de acabado.

- Calculando el tiempo de trabajo para el refrentado de acabado...  
Convirtiendo el avance a pulgs/rev...

$$0.040 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ pulg.}}{25.4 \text{ mm}} = 0.0015 \frac{\text{pulg.}}{\text{rev}}$$

---

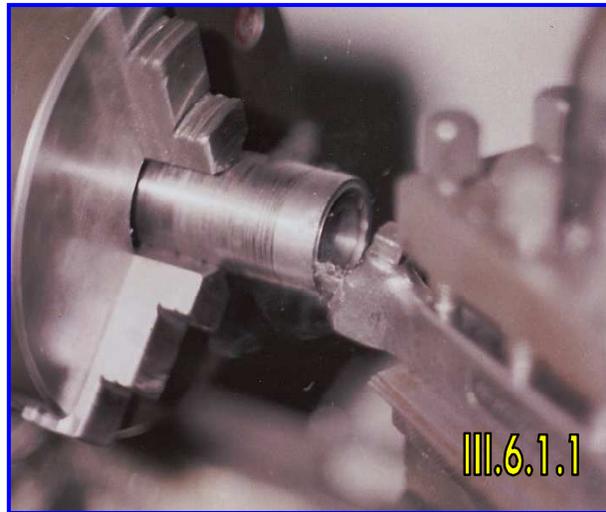
\* Avance de acabado sugerido por el asesor.

$$T = \frac{0.875 \text{ pulg}}{(0.0015 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(260 \text{ RPM})} = 2.24 \text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.24 minutos a segundos...

$$0.24 \text{ minutos} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 14.4 \text{ segundos.}$$

El tiempo de trabajo para el refrentado de acabado es de 2 minutos 14 segundos. La operación de refrentado se muestra en la fotografía III.6.1.1.



### III.6.2 – OPERACIÓN DE TALADRADO.

**Operación N° 3:** Para determinar las RPM utilizando una broca # 4, el diámetro de la broca es de 1/8 de pulgada. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{RPM} = \frac{(V_c)(1000)}{ID}$$

Donde: D = Es el diámetro de la broca.

- La velocidad de corte adecuada para el acero AISI- SAE 4140 con una dureza Brinell de 240 para una operación de taladrado utilizando como herramienta de corte una broca de acero rápido es de 60 pies/minuto.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Tabla E232. pagina 1776.

Convirtiendo en metros/minuto la Vc...

$$V_c = \left(60 \frac{\text{ft}}{\text{min}}\right) \left(\frac{0.3048\text{m}}{1\text{ft}}\right) = 18.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Convirtiendo en milímetros 1/8 de pulgada...

$$\left(\frac{1}{8} \text{ pulg}\right) \left(\frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}}\right) = 3.175 \text{ mm.}$$

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{\left(18.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right) (1000)}{(3.1416)(3.175 \text{ mm})} = 1832.6 \text{ RPM.}^*$$

Se ajusta el torno a 850 RPM, que son las revoluciones inferiores más próximas a 1832.6 RPM.

- El avance de la operación por taladrado es manual.  
El avance recomendado para una broca de 1/8 de pulgada es de 0.025mm/rev (0.001pulg/rev).<sup>15</sup> La longitud de corte es de 1/8 de pulgada (0.125 pulgadas).  
Convirtiendo 0.125 pulgadas a milímetros...

$$0.125 \text{ pulg} \times \frac{25.4\text{mm.}}{1 \text{ pulg}} = 3.175 \text{ mm.}$$

- Calculando el tiempo de mecanizado por taladrado con broca # 4:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.125\text{pulg}}{\left(0.001 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}\right)(850\text{RPM})} = 0.147 \text{ minutos.}$$

Convirtiendo 0.147 minutos a segundos...

$$0.147 \text{ min} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 8.82 \text{ seg.} \approx 9 \text{ seg.}$$

\* Se ajusta el torno a 850 RPM debido a que no se encontraba en optimas condiciones de operación.

<sup>15</sup> Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Valores del avance para el taladrado. pagina: 1774.

**Operación N° 4:** Determinando las RPM utilizando una broca de 1/4 de pulgada:  
Convirtiendo 1/4 pulgadas a milímetros...

$$\left(\frac{1}{4}\text{ pulg.}\right)\left(\frac{25.4\text{mm.}}{1\text{pulg.}}\right) = 6.35\text{mm.}$$

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{\left(18.28\frac{\text{m}}{\text{min}}\right)(1000)}{(3.1416)(6.35\text{ mm})} = 916.32 \text{ RPM.}^*$$

- El avance recomendado para una broca de 1/4 de pulgada es de 0.05mm/rev (0.002pulg/rev).<sup>15</sup> La longitud de corte es de 9 mm.
- Calculando el tiempo de maquinado por taladrado con broca de 1/4 de pulgada:

Convirtiendo 9 mm. a pulgadas:

$$9\text{mm} = \frac{1\text{pulg}}{25.4\text{mm}} = 0.354\text{pulg}$$

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.354\text{pulg}}{\left(0.002\frac{\text{pulg}}{\text{rev}}\right)(460\text{RPM})} = 0.384\text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.384 minutos a segundos...

$$0.384 \text{ min} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 23.04 \text{ segundos.}$$

**Operación N° 5:** Determinando las RPM utilizando una broca de 1/2 de pulgada:  
Convirtiendo en milímetros 1/2 pulgadas...

\* Se ajusta el torno a 460 RPM sugeridas por el asesor.

<sup>15</sup> Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Valores del avance para el taladrado. pagina: 1774.

$$\left(\frac{1}{2} \text{ pulg} \right) \left( \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \right) = 12.7 \text{ mm.}$$

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{\left(18.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right)(1000)}{(3.1416)(12.7 \text{ mm})} = 458.16 \text{ RPM.}^*$$

- El avance recomendado para una broca de 1/2 de pulgada es de 0.1mm/rev (0.004pulg/rev).<sup>15</sup> La longitud de corte es de 9 mm. (0.354").
- Calculando el tiempo de mecanizado por taladrado con broca de 1/2 pulgada:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.354 \text{ pulg}}{\left(0.004 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}\right)(325 \text{ RPM})} = 0.272 \text{ minutos.}$$

Convirtiendo 0.272 minutos a segundos...

$$0.272 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 16.32 \text{ segundos.}$$

**Operación N° 6:** Determinando las RPM utilizando una broca de 3/4 de pulgada:  
Convirtiendo en milímetros 3/4 pulgadas...

$$\left(\frac{3}{4} \text{ pulg} \right) \left( \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \right) = 19.05 \text{ mm.}$$

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{\left(18.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right)(1000)}{(3.1416)(19.05 \text{ mm})} = 305.44 \text{ RPM.}^{**}$$

\* Se ajusta el torno a 325 RPM, ya que son las revoluciones inferiores mas próximas a 458.16 RPM.

<sup>15</sup> Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Valores del avance para el taladrado. pagina: 1774.

\*\* Se ajusta el torno a 140 RPM, ya que son las revoluciones inferiores mas próximas a 305.44 RPM.

- El avance recomendado para una broca de 3/4 de pulgada es de 0.18mm/rev (0.007pulg/rev). La longitud de corte es de 9 mm. (0.354”).
- Calculando el tiempo de mecanizado por taladrado con broca de 3/4 de pulgada:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.354\text{pulg}}{(0.007 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(140\text{RPM})} = 0.361\text{minutos}$$

Convirtiendo 0.361minutos a segundos...

$$0.361 \text{ min} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 21.66 \text{ segundos.} \approx 22 \text{ segundos.}$$

**Operación Nº 7:** Determinando las RPM utilizando una broca de 1 pulgada:  
1pulgada equivale a 25.4 mm.

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{\left(18.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right)(1000)}{(3.1416)(25.4 \text{ mm})} = 229.08 \text{ RPM.}^*$$

- El avance recomendado para una broca de 1 pulgada es de 0.18mm/rev (0.007pulg/rev).<sup>15</sup> La longitud de corte es de 9 mm. (0.354”).
- Calculando el tiempo de mecanizado por taladrado con broca de 1 pulgada:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.354\text{pulg}}{(0.007 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(140\text{RPM})} = 0.361\text{minutos}$$

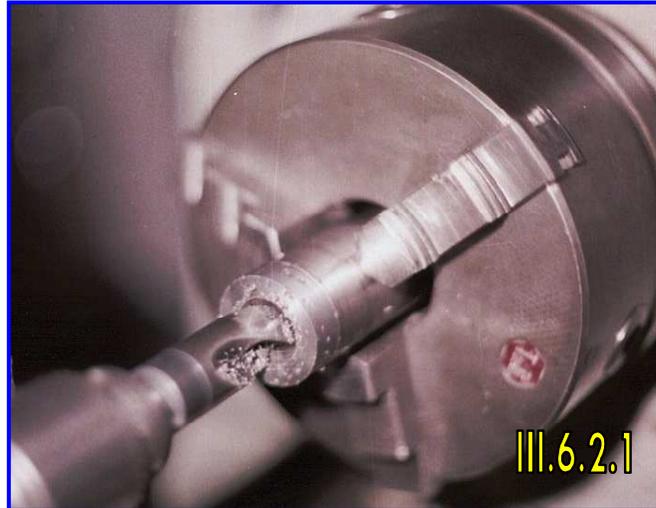
Convirtiendo 0.361 minutos a segundos...

$$0.361 \text{ min} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 21.66 \text{ segundos.} \approx 22 \text{ segundos.}$$

\* Se ajusta el torno a 140 RPM, ya que son las revoluciones inferiores mas próximas a 229.08 RPM.

<sup>15</sup> Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Valores del avance para el taladrado. pagina: 1774.

La operación de taladrado con la broca de 1 pulgada se muestra en la fotografía III.6.2.1.



### III.6.3 – OPERACIÓN DE TORNEADO INTERIOR.

**Operación N° 8:** Para determinar las RPM adecuadas para una operación de torneado interior de desbaste se utiliza la siguiente fórmula...

$$\text{RPM} = \frac{(V_c)(1000)}{\text{IID}}$$

- La velocidad de corte para el acero AISI-SAE 4140 con una dureza Brinell de 240 utilizando como herramienta de corte una barra de interiores con un inserto de acero rápido es de 70 ft/min.<sup>15</sup>

Convirtiendo 70 ft/min a m/min...

$$70 \frac{\text{pie}}{\text{min}} \times \frac{0.3048\text{m}}{1 \text{ pie}} = 21.33 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

- Para determinar las RPM adecuadas para un torneado interior de desbaste con este acero se utiliza la siguiente fórmula...

$$\text{RPM} = \frac{(V_c)(1000)}{\text{IID}}$$

Donde: D = Diámetro del barreno resultante con la broca de 1 pulgada.  
El diámetro del barreno es de 1.025 pulgadas.

<sup>15</sup> Fuente: Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A. Tabla E215. pagina 1754.

Convirtiendo 1.025 pulgadas a milímetros...

$$1.025\text{pulg} \times \frac{25.4\text{mm}}{1\text{pulg}} = 26.03\text{mm.}$$

Obteniendo RPM...

$$\text{RPM} = \frac{(21.33 \frac{\text{m}}{\text{min}})(1000)}{(3.1416)(26.03\text{mm})} = 260.8 \text{ RPM.}^*$$

- Se escoge un avance para desbaste de 0.076 mm/rev. Se decide emplear una profundidad de corte de 1 mm. y una longitud de corte de 9 mm.

El diámetro interior debe quedar de 1.345 pulgadas; convirtiendo a milímetros...

$$1.345\text{pulg} \times \frac{25.4\text{mm}}{1\text{pulg}} = 34.16 \text{ mm.}$$

Queda por desbastar: (34.16 – 26.03) mm. = 8.13 mm.

Se decide realizar 8 pasadas de desbaste. Se remueve 8 mm. de material.

- Calculando el tiempo del torneado interior de desbaste:  
Convirtiendo 0.076 mm/rev a pulg/rev...

$$0.076 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1\text{pulg}}{25.4\text{mm}} = 0.0029 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} \approx 0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.354\text{pulg}}{(0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(140\text{RPM})} = 0.8428\text{minutos} \times 8 \text{ pasadas} = 6.7424 \text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.7424 minutos a segundos:

$$0.7424\text{min} \times \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 44.5 \text{ segundos.}$$

---

\* Se ajusta el torno a 140 RPM, ya que son las revoluciones inferiores mas próximas a 260.8 RPM.

El tiempo de torneado interior de desbaste es de 6 minutos y 44 segundos.

**Operación Nº 9:** Se decide mantener las 140 RPM para realizar el torneado interior de acabado.

- Se decide un avance de 0.028 mm/rev.\* y una longitud de corte de 9 mm. Queda por remover 0.13 mm. de material; por lo tanto se decide realizar una pasada con una profundidad de corte de 0.1 mm.
- Calculando el tiempo de torneado interior de acabado:

Convirtiendo 0.028 mm/rev a pulg/rev...

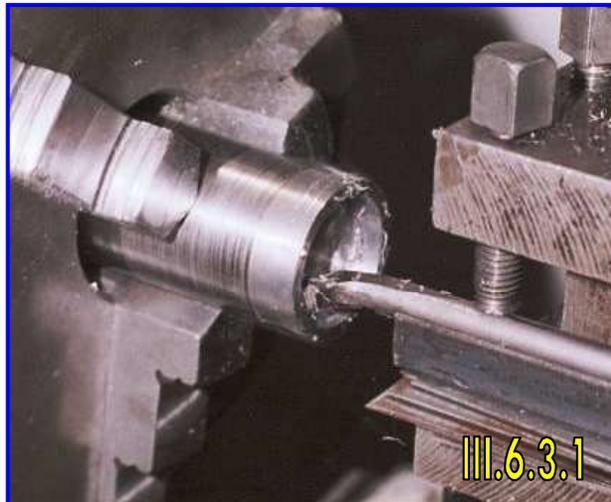
$$0.028 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 0.001 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

$$T = \frac{0.354 \text{ pulg}}{(0.001 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(140 \text{ RPM})} = 2.528 \text{ min} \approx 2.53 \text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.53 minutos a segundos:

$$0.53 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 31.8 \text{ seg.} \approx 32 \text{ segundos.}$$

El tiempo de torneado interior de acabado es de 2 minutos y 32 segundos. La operación de torneado interior se muestra en la fotografía III.6.3.1.



\* Avance de acabado sugerido por el asesor.

### III.6.4 – OPERACIÓN DE MAQUINADO DEL CHAFLÁN INTERIOR.

**Operación N° 10:** Se mantiene el ajuste de 140 RPM y se utiliza como herramienta de corte un buril D4 de plaquita de punta angular a 80° de carburo sinterizado. Se procede a maquinar un chaflán de 3 mm. a 45°, con una profundidad de corte de 0.5 mm. El avance de la herramienta de corte es manual. Se realizan 6 pasadas. Tiempo aproximado de cada pasada 7 segundos. El tiempo total del maquinado del chaflán es de 42 segundos. Se utiliza una lija del número 100 para refinar el acabado del chaflán.

### III.6.5 – OPERACIÓN DE CILINDRADO DE DESBASTE.

**Operación N° 11:** Para determinar las RPM adecuadas para realizar un cilindrado de desbaste se utiliza la siguiente fórmula:

$$RPM = \frac{(V_c)(1000)}{\pi D}$$

Donde: D = El diámetro de la barra de acero en milímetros.

- La velocidad de corte, utilizando como herramienta de corte un buril D4 de plaquita de punta angular de 80° de carburo sinterizado es la utilizada en el refrentado: 275 pies/minuto.

Convirtiendo 275 pies/min a m/min...

$$275 \frac{\text{pie}}{\text{min}} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} = 83.82 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Obteniendo RPM...

$$RPM = \frac{(V_c)(1000)}{\pi D} = \frac{(83.82 \frac{\text{m}}{\text{min}})(1000)}{(3.1416)(44.45 \text{ mm})} = 600.2 \text{ RPM.}^*$$

- Se escoge un avance de desbaste de 0.076 mm/rev con una profundidad de corte de 0.4 mm. La longitud de corte es de 8.8 mm.

El diámetro de la barra de acero es de 1 ¾ de pulgada (1.750") y debe quedar en  $1.691 \frac{+0.002}{-0.000}$  pulgadas. Por lo tanto lo que hay que maquinar es:

$$(1.750 - 1.693) \text{ pulgadas} = 0.057 \text{ pulgadas.}$$

---

\* Se ajusta el torno a 325 RPM, sugeridas por el asesor.

Convirtiendo 0.057 pulgadas a milímetros:

$$0.057 \text{ pulg} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} = 1.447 \text{ mm} \approx 1.45 \text{ mm.}$$

Se decide realizar 3 pasadas de desbaste, se maquina 1.2 milímetros de material.

- Calculando el tiempo de maquinado por cilindrado de desbaste:

Convirtiendo 8.8 milímetros a pulgadas...

$$8.8 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 0.346 \text{ pulg}$$

Convirtiendo 0.076 mm/rev a pulg/rev...

$$0.076 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

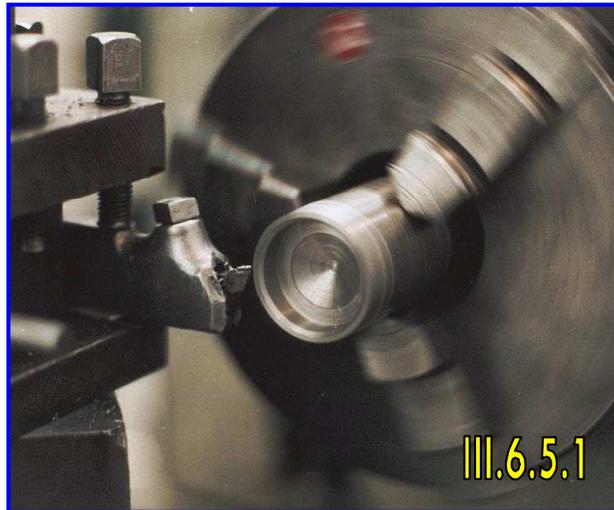
$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.346 \text{ pulg}}{(0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(325 \text{ RPM})} = 0.355 \text{ minutos} \times 3 \text{ pasadas} = 1.065 \text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.065 minutos a segundos...

$$0.065 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 3.9 \text{ seg.} \approx 4 \text{ segundos.}$$

El tiempo de cilindrado de desbaste es de 1 minuto y 4 segundos.

La operación de cilindrado de desbaste se muestra en la fotografía III.6.5.1.



**Operación N° 12:** Se decide ajustar el torno a 260 RPM para realizar la operación de cilindrado de acabado con un avance de 0.044 mm/rev con una profundidad de corte de 0.1mm. La longitud de corte es de 8.8 mm.

Restan por maquinarse 0.25mm. de material, se decide realizar 2 pasadas de acabado.

Se utiliza lija de agua del número 100 para remover las 0.05 mm. restantes para obtener el

diámetro de  $1.691 \frac{+0.002}{-0.000}$  pulgadas.

- Calculando el tiempo de maquinado por cilindrado de acabado:

Convirtiendo 0.044mm/rev a pulg/rev...

$$0.044 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 0.0017 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}} \approx 0.002 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}}$$

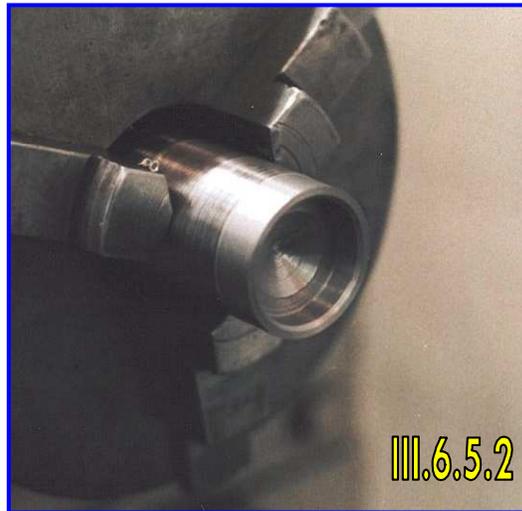
$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.346 \text{ pulg}}{(0.002 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(260 \text{ RPM})} = 0.665 \text{ minutos} \times 2 \text{ pasadas} = 1.33 \text{ minutos}$$

Convirtiendo 0.33 minutos a segundos:

$$0.33 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 19.8 \text{ seg} \approx 20 \text{ segundos.}$$

El tiempo de maquinado por cilindrado de acabado es de 1 minuto y 20 segundos.

El acabado final como resultado del cilindrado de acabado se muestra en la fotografía III.6.5.2.



### III.6.6 – OPERACIÓN DE CORTE DEL INSERTO.

**Operación N° 13:** Se ajusta el torno a 70 RPM y con un arco con segueta de 0.8 milímetros de espesor de acero rápido se corta el inserto de la barra por el labio resultante del cilindrado. El inserto queda con una altura de 8 milímetros. El tiempo de corte fue de 5 minutos.

Convirtiendo 8 milímetros a pulgadas...

$$8\text{mm} \times \frac{1\text{ pulg}}{25.4\text{mm}} = 0.3149\text{ pulg} \approx 0.315\text{ pulgadas.}$$

### III.6.7 – OPERACIÓN DE REFRENTADO EN LA BASE DEL INSERTO.

**Operación N° 14:** Se retira la barra de acero del mandril y se coloca el inserto cortado de tal manera para realizar una operación de refrentado de desbaste en la base del inserto. El inserto debe quedar con una altura de:

$$0.260 \frac{+0.005}{-0.000}\text{ pulgadas.}$$

Por lo tanto, hay que retirar de material:  $(0.315 - 0.265)\text{ pulg} = 0.05\text{ pulg}$ .  
Convirtiendo 0.05 pulgadas a milímetros...

$$0.05\text{pulg} \times \frac{25.4\text{mm}}{1\text{pulg}} = 1.27\text{mm.}$$

- Se ajusta en el torno 325 RPM con un avance de 0.076 mm/rev (0.003 pulg/rev) y una profundidad de corte 0.4mm. Se realizan 3 pasadas de desbaste. Con el careado de desbaste se remueve 1.2 mm. de material.  
La longitud de corte es:

$$(1.693 - 1.345)\text{pulg} = 0.348 \text{ pulgadas.}$$

Convirtiendo 0.348 pulgadas a milímetros...

$$0.348 \text{ pulg} \times \frac{25.4\text{mm}}{1\text{pulg}} = 8.839\text{mm.} \approx 8.84\text{mm.}$$

- Calculando el tiempo de maquinado por careado de desbaste:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.348\text{pulg}}{(0.003 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(325\text{RPM})} = 0.357 \text{ minutos} \times 3 \text{ pasadas} = 1.071 \text{ minutos.}$$

Convirtiendo 0.071 minutos a segundos...

$$0.071 \text{ min} \times \frac{60\text{seg}}{1 \text{ min}} = 4.26 \text{ segundos.}$$

El tiempo de maquinado por careado de desbaste es de 1 minuto y 4 segundos.

**Operación Nº 15:** Para realizar una operación de refrentado de acabado se ajusta en el torno 260 RPM con un avance de 0.044 mm/rev (0.002 pulg/rev).

Resta por remover material:

$$(1.27 - 1.2) \text{ mm.} = 0.07 \text{ mm.}$$

Se decide realizar 1 pasadas de acabado con profundidad de corte de 0.1mm. Se remueve 0.1 mm. de material. La longitud de corte es 8.84mm.(0.348pulg).  
La remoción total de material en el careado posterior del inserto es:

$$(1.2 + 0.1) \text{ mm.} = 1.3 \text{ mm.}$$

La altura final del inserto es:

$$(8 - 1.3) \text{ mm.} = 6.7 \text{ mm.}$$

Convirtiendo 6.7 mm. a pulgadas...

$$6.7 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}} = 0.2637 \text{ pulg} \approx 0.264 \text{ pulg}$$

La altura del inserto de 0.264 pulgadas queda dentro de la tolerancia:

$$0.260 \begin{matrix} + 0.005 \\ - 0.000 \end{matrix} \text{ pulgadas.}$$

- Calculando el tiempo de maquinado por refrentado de acabado:

$$T = \frac{L}{(f)(N)} = \frac{0.348 \text{ pulg}}{(0.002 \frac{\text{pulg}}{\text{rev}})(260 \text{ RPM})} = 0.669 \text{ minutos}$$

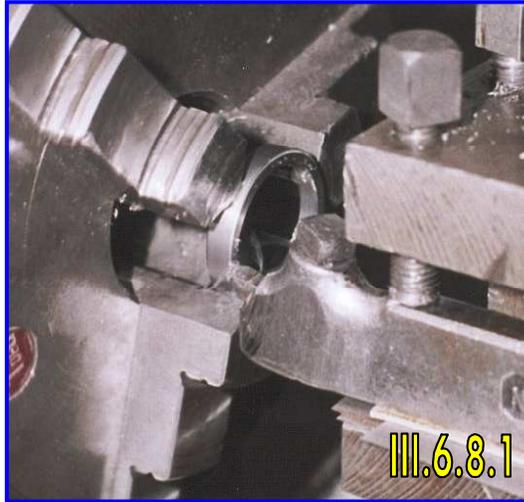
Convirtiendo 0.669 minutos a segundos...

$$0.669 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 40.14 \text{ seg}$$

El tiempo de maquinado por refrentado de acabado es 40 segundos.

### III.6.8 – OPERACIÓN DE MAQUINADO DEL CHAFLÁN EXTERIOR.

**Operación N° 16:** En el torno se ajusta 140 RPM y se utiliza como herramienta de corte un buril D4 de plaquita de punta angular a 80° de carburo sinterizado. Se procede a maquinar un chaflán exterior de 2 mm. a 45°, con una profundidad de corte de 0.5 mm. El avance de la herramienta de corte es manual. Se realizan 4 pasadas. Tiempo aproximado de cada pasada 7 segundos. El tiempo total del maquinado del chaflán es de 28 segundos. Se utiliza una lija del número 100 para refinar el acabado del chaflán. La fotografía III.6.8.1 muestra el maquinado del chaflán exterior del inserto.



### **III.6.9 – LA HOJA DE TRABAJO DE REMANUFACTURA EN TORNO.**

En la Hoja de Trabajo III.6.9.1 se tabulan las operaciones de maquinado en torno calculados anteriormente como sigue...

**HOJA DE TRABAJO III.6.9.1: REMANUFACTURA EN TORNO DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE PARA LA CABEZA DEL MOTOR DODGE MAGNUM V8 DE 5.9 LTS.**

Nombre de la parte: <u>Inserto asiento de válvula de escape.</u>		Nombre de máquina: Torno paralelo "Pinacho" modelo A.74			Tamaño: $\varnothing 1 \frac{3}{4}$ " [44.45mm.] X 5" [127mm.]				Pagina: <u>1</u> de <u>1</u>	
Material: <u>Acero AISI-SAE 4140</u>		Dureza Brinell: 240	Velocidad de corte: 83.82 m/min	Lubricante: Aceite soluble						
No. de operación	Nombre de operación	Herramientas de corte	Instrumentos de medición	RPM	Avance (cm/rev)	Longitud de corte (mm/pulg)	Profundidad de corte (mm)	No. de Pasadas	Tiempo de operación	
									Minutos	Segundos
1	Refrentado de desbaste.	Buril D4 de plaquita de carburo sinterizado.	-Vernier en 0.10 mm. [1/1000"]	325	0.076	22.225 / 0.875	0.2	2	1	47
2	Refrentado de acabado.			260	0.040	22.225 / 0.875	0.1	1	2	14
3	Taladrado de centro.	Broca de centro # 4 (1/8")	-Vernier en 0.10 mm. [1/1000"]	850	0.025	3.175 / 0.125	3.175	1	0	9
4	Mandrilado.	Broca de 1/4"	-Medidor de interiores de 1/4" - 2 1/8".	460	manual	9 / 0.354		1	0	23
5	Mandrilado.	Broca de 1/2"	-Micrómetro de 1-2".	325	0.05 manual	9 / 0.354		1	0	16
6	Mandrilado.	Broca de 3/4"		140	0.1 manual	9 / 0.354		1	0	22
7	Mandrilado.	Broca de 1"		140	0.18 manual	9 / 0.354		1	0	22
8	Torneado interior de desbaste.	Barra de interiores con inserto de acero rápido.	-Medidor de interiores de 1/4" - 2 1/8".	140	0.076	9 / 0.354	1	8	6	44
9	Torneado interior de acabado.		-Micrómetro de 1-2".	140	0.028	9 / 0.354	0.1	1	2	32
10	Maquinado de chaflán interior a 45°.	Buril D4 de plaquita de carburo sinterizado.		140	manual	3 / -	0.5	6	0	42
11	Cilindrado de desbaste.			325	0.076	8.8 / 0.346	0.4	3	1	4
12	Cilindrado de acabado.			260	0.044	8.8 / 0.346	0.1	2	1	20
13	Corte de inserto.	Arco con segueta de acero rápido.	-Vernier en 0.10 mm. [1/1000"]	70	-	0.7 / -	8.84	1	5	0
14	Refrentado de desbaste.	Buril D4 de plaquita de carburo sinterizado.		325	0.076	8.84 / 0.348	0.4	3	1	4
15	Refrentado de acabado.			260	0.044	8.84 / 0.348	0.1	1	0	40
16	Maquinado de chaflán exterior a 45°			140	manual	2 / -	0.5	4	0	28
Observaciones: 1- Realizar mediciones de la pieza en frío. 2- Sólo se calcularon los tiempos de maquinado, se han omitido los tiempos de carga y descarga de la pieza además de los de manipulación de máquina. 3- Los tiempos de maquinado en operaciones con avance "manual" son estimados.									25	7
									TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN	

### III.7 - INSERCIÓN DEL INSERTO ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE EN LA CABEZA DEL MOTOR.

Se coloca la cabeza del motor sobre una superficie plana, con una brocha limpia se remueve la viruta e impurezas que pudiesen permanecer en el alojamiento. Se sugiere la siguiente operación de inserción. El inserto se coloca dentro de una bolsa colectora de maya y esta se coloca en el sifón del tanque de dióxido de carbono y se ajusta con una abrazadera. Se emplean guantes de cuero para realizar las siguientes operaciones para evitar quemaduras. Se abre la válvula del tanque media vuelta y la bolsa colectora se llena de inmediato es entonces cuando se cierra la válvula y el inserto permanece a  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 30 segundos, permitiendo que este se contraiga como se muestra en la fotografía III.7.1<sup>26</sup>, mientras, se aplica un pegamento fuerte permanente para metales en el alojamiento previamente mandrinado. Se retira la abrazadera y se extrae el inserto de la bolsa colectora y en la parte inferior del inserto se impregna de pegamento fuerte permanente para metales. y este es colocado sobre el alojamiento mandrinado. El inserto se coloca exactamente encima del alojamiento mandrinado y sobre el inserto un dado de madera que es golpeado muy suavemente con un mazo de hule, el inserto es introducido fácilmente. La inserción concluye cuando el inserto ha tocado el fondo del alojamiento. En la siguiente fotografía III.7.2 se muestra el inserto instalado.



### III.8 – CEPILLADO DE VÁLVULAS.

Para eliminar las partículas de carbón adheridas a las válvulas se utiliza una rueda de cepillo de alambre. La fotografía III.8.1 muestra este proceso.



### III.9 – OPERACIÓN DE RECTIFICADO DE VÁLVULAS.

Las válvulas que han sufrido cierto desgaste en el asiento de cabeza de válvula y/o en la cola de vástago deben rectificarse para obtener un sellado óptimo. Para rectificar las válvulas se utilizó una rectificadora de válvulas marca SIOUX.

En este caso se deben rectificar la cabeza de válvula a  $45^\circ$  tanto las de admisión como las de escape para una cabeza de motor Dodge Magnum V8 de 5.9 litros, se ajusta el eje del cabezal con respecto a la piedra rectificadora con un ángulo de  $45^\circ$ . Se inserta el vástago de la válvula en el cabezal y se acciona éste para verificar que la cabeza de válvula no oscile. Si oscila la cabeza de válvula se debe detener el cabezal y reacomodar la válvula las veces que sean necesarias hasta que ésta no oscile.

Enseguida se enciende el motor que hace girar la piedra rectificadora y manipulando los manerales se comienza el rectificado de manera suave, hasta obtener un acabado fino en la superficie.

La fotografía III.9.1 muestra la operación de rectificación y la fotografía III.9.2 muestra el asiento de cabeza de válvula rectificado.

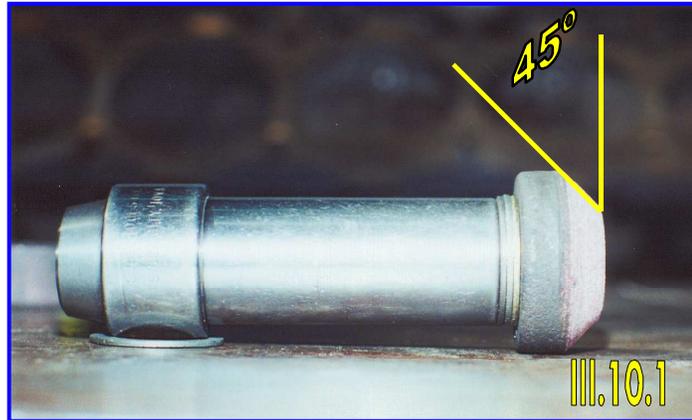


Después se coloca la válvula en la prensa con apriete firme y se rectifica la cola del vástago de válvula hasta obtener un acabado fino. Se retira la válvula de la prensa y se reafirma el chaflán a  $45^\circ$  de la cola. La fotografía III.9.3 muestra este proceso.



### III.10 – OPERACIÓN DE MAQUINADO DE LOS ÁNGULOS EN EL ASIENTO DE VÁLVULA.

Se coloca la cabeza del motor sobre una superficie estable y plana, se elige una muela rectificadora cónica a  $45^\circ$  y de diámetro igual al diámetro de la cabeza de válvula. La muela de rectificación se atornilla en el husillo como se muestra en la fotografía III.10.1.



Se inserta la guía del husillo en la guía de válvula de la cabeza como lo muestra la fotografía III.10.2, posteriormente el husillo se inserta en su guía como se muestra en la fotografía III.10.3.



Se acopla el vibrocenter en el husillo dejando caer el peso de éste en el husillo para acelerar el rebajado del inserto, se pone en encendido el vibrocenter comenzando a rebajar el inserto con ángulo a  $45^\circ$  como se muestra en la fotografía III.10.4. Periódicamente se detiene el maquinado permitiendo el enfriamiento de la guía del husillo y de la muela rectificadora aprovechando el insertar la válvula de escape en la guía de válvula para verificar la altura de vástago de válvula acercándose a 1.873 pulgadas. Justo antes de alcanzar la altura de vástago de válvula mencionado, la superficie del inserto es burda, por lo tanto, la muela rectificadora se rectifica a  $45^\circ$  con punta de diamante. Se acopla el vibrocenter en el

husillo y soportando parte del peso del vibrocenter se pone en encendido obteniéndose una rectificación cónica fina. El inserto con un ángulo de apoyo a  $45^\circ$  se muestra en la fotografía III.10.5.

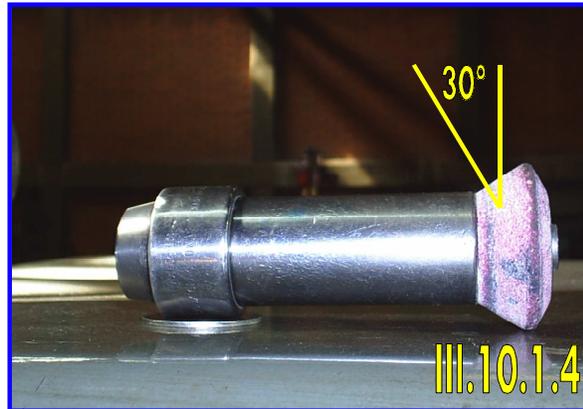


### III.10.1 – VERIFICACIÓN DE ASENTADO INICIAL.

Para verificar la superficie de contacto entre el asiento y la válvula de escape se impregna el asiento de cabeza de válvula con pasta azul de prusia como lo muestra la fotografía III.10.1.1, se inserta la válvula de escape en la guía de válvula haciendo que la válvula golpee varias veces sobre el asiento entintándolo, se debe imprimir una superficie de contacto continua tanto en el reciente asiento de válvula como en el asiento de cabeza de válvula como se muestra en las fotografías III.10.1.2 y III.10.1.3.



Se maquina y rectifica un ángulo superior a  $30^\circ$  para determinar la altura de instalación o altura del ángulo de apoyo, se elige una muela de rectificación cónica a  $30^\circ$  y se atornilla en el husillo del vibrocenter como se muestra en la fotografía III.10.1.4.

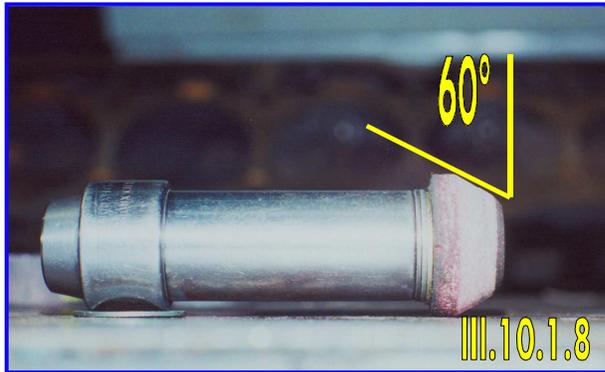


Se acopla el vibrocenter en el husillo y cargando parte del peso del vibrocenter se pone en encendido comenzando a maquinar-rectificar el ángulo superior a  $30^\circ$  como se muestra en la fotografía III.10.1.5 Se suspende el rectificado y se verifica que el ángulo superior a  $30^\circ$  se haya definido como se muestra en la fotografía III.10.1.6 Enseguida, se limpia la cabeza de la válvula removiendo por completo la pasta azul de prusia, se inserta en la guía de válvula haciéndola golpear varias veces sobre el asiento rectificado. La impresión que se muestra en el asiento de la cabeza de válvula indica la altura del asiento o altura de instalación, ver fotografía III.10.1.7.



Para maquinar el ángulo inferior a  $60^\circ$  que determinará la superficie de apoyo, se escoge una muela para rectificación cónica a  $60^\circ$ , atornillándose ésta en el husillo, como se muestra en la fotografía

III.10.1.8 Cargando parte del peso del vibrocenter, éste se acopla sobre el husillo y poniéndolo en encendido se maquina-rectifica el ángulo inferior a  $60^\circ$ , ver fotografía III.10.1.9.



Se detiene el maquinado-rectificado verificando el ángulo a  $60^\circ$ , ver fotografía III.10.1.10. Se limpia el asiento de la cabeza de válvula de escape y se inserta en la guía de válvula haciendo que golpee varias veces en el asiento para que se imprima la superficie de apoyo, ver fotografía III.10.1.11.



Asientos de válvula de escape con diámetro comprendido entre 35.0 mm. a 54.0 mm. se recomienda una superficie de contacto de 1.5 – 2.0 mm.

### III.11 - ASENTADO DE VÁLVULA.

Se limpian el asiento de válvula y el asiento de la cabeza de válvula de escape. Se procede a realizar el asentado de la válvula en su asiento, con este procedimiento se consigue el sellado requerido entre la válvula y su asiento. Se impregna el asiento de la cabeza de válvula con pasta esmeril fino para asentar válvulas como lo muestra la fotografía III.11.1 Se inserta en el vástago de válvula un resorte, luego se inserta la válvula en su guía de válvula, con un cilindro de madera se golpea con firmeza y fuerza la cabeza de válvula, debido al resorte insertado previamente la válvula se eleva. Este golpeteo que se realiza durante 1 minuto provoca que la pasta esmeril fino vaya puliendo la superficie de apoyo entre la válvula y el asiento de válvula. Se retira la válvula de su guía y con estopa se limpian la válvula y el asiento de válvula, verificando en ellos la marca correspondiente de asentamiento, ver fotografía III.11.2.



### III.12 – LIMPIEZA DE LA CABEZA.

Por último, para eliminar cualquier residuo de partículas metálicas en los asientos de válvulas, conductos de admisión, conductos de escape y parte superior de la cabeza se limpian estos con detergente y agua. Con una estopa humedecida en gasolina se limpia el asiento de la cabeza de la válvula.

### III.13 – CALCULO DE COSTO DEL PROCESO DE REMANUFACTURA.

A continuación se enumeran los costos de las operaciones que se realizan en la casa de rectificación de motores "Motores y Turbinas LYV S.A. de C.V.", suponiendo que se deben remanufacturar dos asientos de válvula de escape en cada cabeza del motor, como sigue:

- Limpieza desengrasante de las cabezas: \$70 x 2 cabezas de motor = \$140.
- Operación de mandrinado de asientos de válvula: \$55 x 4 asientos = \$220.
- Operación de maquinado de insertos: \$55 x 4 insertos = \$220.
- Operación de rectificado de válvulas: \$12 x 16 válvulas = \$192.
- Operación de rectificado y calibración de válvulas = \$8 x 16 válvulas = \$128.
- Operación de maquinado de ángulos en asientos: \$10 x 4 asientos = \$40.

En este caso, el costo del proceso de remanufactura de asientos de válvula de escape es de \$940 pesos.

### III.13 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REMANUFACTURA DEL ASIENTO DE VÁLVULA DE ESCAPE.

Los propietarios al realizar la conversión a Gas L. P. de sus vehículos con el motor Dodge Mágnum V8 de 5.9 litros deben remanufacturar los asientos de válvula de escape integrales con insertos asiento de válvula de escape, preferentemente de aceros herramienta de alta velocidad sinterizados o con insertos de acero aleado al cromo – molibdeno como mínimo. En los talleres de rectificaciones Motores y Turbinas LYV S.A de C.V., en base a la experiencia, se logró detectar que la durabilidad mínima de los insertos fabricados con el acero AISI 4140 trabajando en cabezas de motores Dodge Magnum V8 de 5.9 litros a GAS L. P. ha sido de un año.

Las dos operaciones de maquinado que se sugieren realizar al Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER para acondicionarlo antes de la inserción en la cabeza del motor serían, primero, un refrentado en la base del Inserto para fijar la altura de éste, y segundo, una vez ya insertado en la cabeza del motor, el maquinado de los ángulos en el asiento. No se deben realizar operaciones de cilindrado ni de torneado interior al Inserto, ya que estas operaciones lograrían que perdiese su circunferencia perfecta estropeándolo, haciéndolo inservible.

La remanufactura del asiento de válvula de escape se realiza únicamente cuando se ha presentado una recesión considerable o se ha presentado la fisura en el asiento de válvula de escape. Si la fisura se ha extendido hacia la cabeza del motor no se efectúa la remanufactura, en este caso la cabeza del motor es inservible y debe adquirirse una cabeza de motor nueva.

La reparación en motores que funcionan a Gas L. P. es más costosa, \$940, puesto que se debe realizar la remanufactura de asientos de válvulas de escape. En cambio, en motores que funcionan a gasolina, la reparación es más económica, puesto que las operaciones de mandrinado de asientos, maquinado de insertos y maquinado de ángulos en asientos, no se realizan, ahorrándose \$480 ya que los asientos de válvula de escape generalmente se encuentran en buenas condiciones.

Con la remanufactura de los asientos de válvula de escape se consigue restaurar la hermeticidad en la cámara de combustión y la compresión del motor, esto es debido a que la válvula de escape sella perfectamente en su asiento, evitando que en la carrera de compresión del pistón se fugue parte de la mezcla de aire-combustible por la válvula de escape dañando al convertidor catalítico. Así mismo, se evita que en la carrera de potencia la fuerza de la explosión se disipe a través de la válvula de escape, evitándose el quemado de la válvula de escape y restaurándose la potencia original del motor. Se disminuyen las emisiones contaminantes puesto que se permite que la combustión sea lo mas eficientemente posible y se mejora el rendimiento de combustible. Empleando el inserto de acero AISI-SAE 4140, los periodos de reparación por remanufactura de asientos serían muy probablemente cada año o un poco mas, en cambio, empleando el Inserto de calidad DAIMLERCHRYSLER, este periodo mencionado se extendería unos años mas, brindando un ahorro muy considerable en el aspecto de reparaciones mayores.

Empleando el Inserto de calidad DAIMLERCHRYSLER, se extiende la vida útil del motor.

## IV - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Mediante el Análisis Metalúrgico Comparativo del Inserto Asiento de Válvula de Escape y del acero AISI-SAE 4140 realizado en los Laboratorios de Ingeniería de Materiales de DAIMLERCHRYSLER de México, se determinó que ambos materiales poseen una microestructura martensítica (ver página 41 y 42), pero el Inserto mencionado es superior en la mayoría de las propiedades (ver página 44). Se concluye que el Inserto mencionado posee una mayor resistencia al impacto y tiene un menor desgaste abrasivo a alta temperatura, debido a su mayor módulo de elasticidad y a la fina distribución homogénea de carburos que refuerzan la microestructura martensítica. Debido al reforzamiento mencionado y al contenido de óxidos metálicos, la resistencia a la compresión a temperatura ambiente es casi el doble que la del acero AISI-SAE 4140 (ver página 44), además, los lubricantes sólidos del Inserto le confieren la resistencia a la adhesión a alta temperatura, evitando la formación de microsoldaduras (ver página 41). El acero estudiado, sometido a un tratamiento térmico de revenido, presentó una menor dureza y por consiguiente un decremento en las propiedades mecánicas (ver página 44), probablemente, las temperaturas que se generan en la cámara de combustión le generarían un revenido continuo. En contraste, el acero mencionado presentó propiedades térmicas ligeramente superiores, que son deseables para una mayor eficacia en la conductividad térmica entre la válvula de escape y su asiento (ver página 44). Con lo anterior, demuestro que el Inserto Asiento de Válvula de Escape sinterizado de calidad DAIMLERCHRYSLER posee la resistencia a la adhesión y al desgaste abrasivo a alta temperatura que se requieren en aplicaciones de combustión a alta temperatura del Gas L. P., superando en considerable medida al acero AISI-SAE 4140. En consecuencia, pude descubrir que con el proceso de metalurgia de polvos se pueden obtener aleaciones precisas con mejores propiedades mecánicas con menores densidades que ofrecen un precio más económico, haciéndolos más convenientes que los aceros aleados.

Es sabido que la recesión del Asiento de Válvula de Escape es consecuencia de la formación de microsoldaduras entre la válvula de escape y su asiento, debido al flujo de gases a alta temperatura de la combustión del Gas L. P. (ver página 16); mientras que el Asiento de Válvula de Admisión, se encuentra en contacto con el flujo de la mezcla aire-combustible que casi continuamente lo refrigera y por lo tanto no presenta recesión por microsoldaduras. En esta tesis se analizaron principalmente los materiales utilizados en insertos asiento de válvula de escape, por lo tanto, el Inserto Asiento de Válvula de Admisión no fue incluido en la comparación de propiedades mecánicas.

Las razones por las que propuse la comercialización del Inserto Asiento de Válvula de Escape de la cabeza del motor Dodge HEMI Magnum V8 de 5.7 litros son, de que en algunas casas rectificadoras de motores se emplean aceros aleados para remanufacturar los asientos de válvulas de escape de manera empírica, con cierto desconocimiento acerca de su durabilidad y su desempeño real a altas temperaturas y además, porque en los distribuidores Chrysler-Jeep-Dodge y en casas de autorrefacciones no se comercializa este Inserto de gran desempeño mecánico y precio atractivo (ver página 26).

Con el cálculo de la propuesta de comercialización realizada (ver página 25), pude calcular el precio de venta final del Inserto (\$13.45), que es de 10.33% a 55.16% más económico que los insertos nacionales, además, en comparación con el inserto especial importado Martin Wells es 62.63% más económico (ver página 30). Este precio lo expuse junto con la maquinabilidad (ver página 25) y la garantía propias del Inserto de DAIMLERCHRYSLER (ver página 17), ante los Gerentes, Directivos y Propietarios de casas rectificadoras de motores, donde fue evidente que el precio del Inserto es conveniente para ellos (ver página 30). Por medio de la información obtenida en la encuesta realizada a Gerentes, Directivos y Propietarios de casas rectificadoras de motores (ver páginas 27-30), propongo dos medidas para comercializar el Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER-FEDERALMOGUL: un inserto de 1.550" + 0.006" de diámetro exterior con una altura de 0.250" + 0.010" y un segundo inserto de 1.550" + 0.006" de diámetro exterior con una altura de 0.250" + 0.050" (ver páginas 32 y 33), tomando en consideración las preferencias de los encuestados y las presiones de interferencia que se aplican en las casas rectificadoras de motores encuestadas.

Esta información le es de utilidad a DAIMLERCHRYSLER de México, FEDERALMOGUL Valvetrain North America y a FEDERALMOGUL de México, puesto que la venta de esta autorrefacción podría iniciar la comercialización de Insertos Asiento de Válvula de Escape de calidad original en el Distrito Federal debido al interés y atractivo que presentó ante Gerentes, Directivos y Propietarios de casas rectificadoras de motores. Además, varios clientes de estas casas rectificadoras han estado exigiendo un periodo de garantía mayor en insertos asiento de válvula de escape, DAIMLERCHRYSLER y FEDERALMOGUL lo pueden ofrecer. Considero que la comercialización del Inserto sería exitosa porque los encuestados tienen la disposición e interés de adquirirlo y algunos de sus clientes han estado pidiendo un inserto con un periodo de garantía mas amplia (ver página 30).

Los usuarios de Camiones Dodge 4000 con funcionamiento a Gas L.P. conservarían la garantía de 2 años ó 40,000 kilómetros, lo que ocurra primero, que ofrece DAIMLERCHRYSLER de México (ver página 17) y, la garantía que ofrece Ingeniería en Sistemas de Carburación S.A. de C.V., de 1 año ó 20,000 kilómetros, lo que ocurra primero, si los mantenimientos al sistema de carburación a Gas L. P. IMPCO "PREMIER" (ver página 22) y los programas de mantenimiento establecidos por DAIMLERLCHRYSLER de México (ver página 23), son realizados estrictamente en los periodos establecidos para asegurar el mantenimiento del motor y evitar la recesión en el Asiento de Válvula de Escape, además, se evitaría la formación de ácido nítrico que corroería la cámara de combustión y el sistema de escape (ver páginas 17 y 31). Los usuarios de camiones con funcionamiento a gasolina tienen la idea de que si convierten sus vehículos a Gas L. P. estos tendrán mayor desgaste, pero no encontré un documento que registre esta aseveración. La durabilidad de un motor a Gas L. P. depende de la calidad de la carburación y del mantenimiento al sistema de carburación a Gas L. P.

Un beneficio importante es que el ahorro mensual que se obtiene en la compra de combustible para vehículos con funcionamiento a Gas L. P. es del 18.78% (ver página 24), incluso cuando existe una diferencia en rendimiento de combustible del 10% (ver pagina 17). Aunque el mantenimiento al sistema de carburación a Gas L. P. genera un costo anual adicional de \$1880 (ver pagina 23 y 31), éste gasto se recupera rápidamente debido a las ganancias que se obtienen por poseer flotillas de transporte de carga y de servicios que pueden circular los 365 días del año sin restricciones ambientales (ver pagina 23).

El Inserto Asiento de Válvula de Escape de calidad DAIMLERCHRYSLER poseyendo propiedades mecánicas superiores, éste puede ser insertado en la cabeza del motor con presiones de interferencia mayores a 0.006", esta característica es conveniente debido a que en algunas casas de rectificación de motores emplean presiones de interferencia de hasta 0.010".

Con la remanufactura de los asientos de válvulas de escape con Insertos de calidad mencionada será posible incrementar el periodo de servicio de los camiones Dodge a Gas L. P., tomando en consideración lo expuesto en esta tesis (ver página 79). Asimismo, la tendencia de convertir vehículos a Gas L. P. se incrementaría por el uso del Inserto que se propone, debido a que los usuarios estarían enterados de que la vida útil de los motores a Gas L. P. se incrementa, con un Inserto de mayor calidad, durabilidad y de amplia garantía. Esto beneficiaría a las empresas dedicadas a tales conversiones aumentando el número de vehículos a Gas L. P. en el área metropolitana y contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental.

## BIBLIOGRAFIA.

- **FUENTES BIBLIOGRAFICAS.**

1. ASM HANDBOOK. Volume 1. Properties and Selections: Irons, Steels and High Performances Alloys. ASM Internacional Handbook Committee. ASM International.
2. ASM HANDBOOK. Volume 7. Powder Metal Technologies and Applications. ASM Internacional Handbook Committee. ASM International.
3. ASM HANDBOOK. Volume 9. Metallography and Microstructure. ASM International. Formerly Ninth Edition.
4. ASM HANDBOOK Volume 16. Machining. ASM International.
5. ASM HANDBOOK. Volume 19. Fatigue and Fracture. ASM International. Fracture Resistance of Heat-Resistant (Cr-Mo) Ferritic Steels.
6. DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-8277-A "Powder Metallurgy-Exhaust Valve Seat Materials.
7. DAIMLERCHRYSLER CORPORATION Material Standard MS-6946-B "Powder Metallurgy-Intake Valve Seat Materials.
8. DIARIO OFICIAL del día Viernes 9 de Julio de 1999. (impresión).
9. FEDERALMOGUL PMF-3 Sintered Powder Metal Specification Sheet.
10. FEDERALMOGUL PMF-16 Sintered Powder Metal Specification Sheet (Word and Excel documents).
11. Introduction to Internal Combustion Engines. Richard Stone. Third Edition. 1999. MacMillan Press LTD.
12. Manual del Constructor de Maquinas. Tomo 1. H. Dubbel. Editorial Labor, S.A .
13. Manual IMPCO de Sistemas de Carburación a Gas L. P.
14. Manual Técnico de Productos. Aceros Carpenter-Fortuna. Edición Año 2000.
15. Manual Universal de la Técnica Mecánica. E. Oberg, F.D. Jones. Editorial Labor S.A.
16. Mecánica del Automóvil Tomo II. Editorial Marcombo. 3ª edición. Barcelona, España. 1993.
17. Powder Metallurgy of Iron and Steel. Randall M. German. The Pennsylvania State University. John Wiley & Sons, Inc.
18. Sintered Metallic and Ceramic Materials. Preparation Properties and Applications. G.S. Upadhyaya. John Wiley & Sons, LTD.
19. Structure and Properties on Engineering Alloys. Second Edition. William F. Smith. McGraw Hill, Inc.

- **FUENTES CONSULTADAS EN INTERNET.**

20. [www.autorepara.com](http://www.autorepara.com)

21. [www.babcox.com](http://www.babcox.com)

22. [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)

23. [www.scielo.br](http://www.scielo.br).

24. [www.nett.ca/faq\\_lpg.html](http://www.nett.ca/faq_lpg.html)

25. [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)

26. [www.goodson.com](http://www.goodson.com)

27. [www.bredl.org](http://www.bredl.org)