UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA:

CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA TURBOCOMPRESORES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTOR:

HUGO LINO BELLETTINI VERA

GUAYAQUIL, JULIO 2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

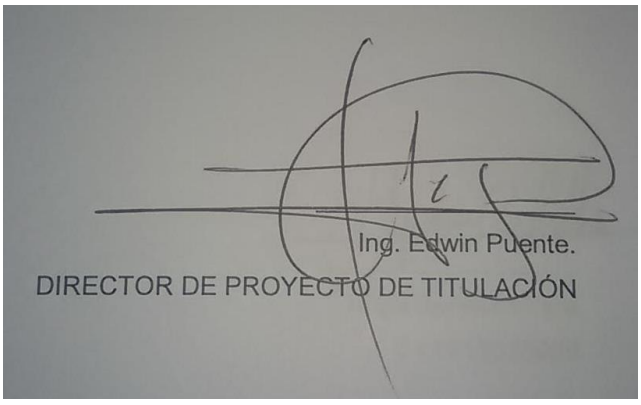
Ing. Edwin Puente.

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **"CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA TURBOCOMPRESORES"** realizado por el señor: **Hugo Lino Bellettini Vera** ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomienda su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan al señor: Hugo Lino Bellettini Vera, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Julio de 2015.



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Hugo Lino Bellettini Vera

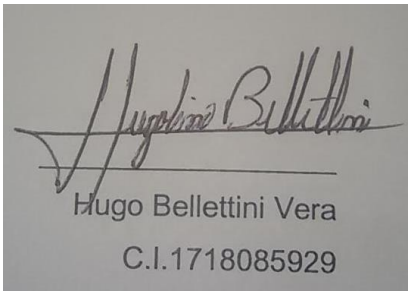
DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **"CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA TURBOCOMPRESORES"** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de nuestro docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Julio del 2015



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

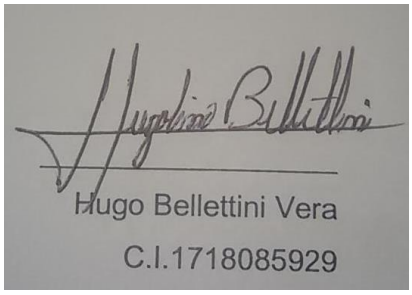
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Hugo Lino Bellettini Vera

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: "**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA TURBOCOMPRESORES"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Julio del 2015



DEDICATORIA

A mi padre, Hugo Bellettini Andrade, pilar fundamental en mi vida, gracias por todo lo que has hecho por mí y por mis hermanos.

A mi esposa, Viviana Mendoza, por todo el apoyo brindado mientras estuve en clases hasta la culminación del proyecto de tesis.

A mi abuelo, Sr. Guido Belllettini, por haberme trasmitido de una u otra forma sus gustos y curiosidades por la Mecánica.

A mi hijo, Vittorio, que a pesar de su pronta llegada se ha convertido en el motor de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar agradeciendo a Dios, por haberme permitido llegar a cumplir la meta de ser profesional y darme esta alegría y satisfacción a mí y a mi familia.

A mi familia, que estuvo siempre presente durante este proceso, dándome apoyo constante, como lo es mi padre, Sr. Hugo Bellettini Andrade y mi esposa, Sra. Viviana Mendoza Arévalo, la verdad es que sin ellos no hubiese sido posible este logro alcanzado.

Al Director de la facultad de Ingeniería Automotriz UIDE Guayaquil, Ing. Edwin Puente, por haber sabido brindar su guía y ayuda incondicional como Tutor de este proyecto.

A la Universidad internacional del Ecuador, por haber transmitido junto con sus docentes la formación adecuada durante la carrera.

A todas las personas en general que aportaron de una u otra forma con su grano de arena para poder llegar a cumplir este sueño anhelado pero al mismo tiempo sacrificado.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD ii
AUTORIZACIÓN.....iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
ÍNDICE GENERAL.....vi
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE GRÁFICOS xi
RESUMEN.....xiv
ABSTRAC.....xv

CAPÍTULO I..... 1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL 1
1.2 Ubicación del problema 1
1.3 Formulación del problema..... 2
1.4 Sistematización del problema 2
1.5. Objetivos de la investigación..... 3
1.5.1. Objetivo general..... 3
1.5.2. Objetivos específicos 3
1.6. Alcance 3
1.7. Justificación e importancia de la investigación..... 4
1.8. Hipótesis 4

1.8.1 Variables de hipótesis 4

1.8.2 Operacionalización de variables 5

1.9. Marco referencial 5

1.9.1 Historia de la sobrealimentación 5

1.9.2 Turbocompresor 7

1.9.2.1 Sistema de regulación de la presión del turbo 10

1.9.2.2 Temperaturas de un turbo 13

1.9.2.3 Intercambiador de calor o intercooler 15

1.9.2.4. Sistema de lubricación del turbo 16

1.9.2.5 Ventajas y desventajas del turbocompresor de geometría fija 18

1.9.3 Pruebas 20

1.9.3.1 Prueba dinámica de superpresión 20

1.9.3.2 Prueba de flujo de aire 20

1.9.3.3. Prueba de lubricación 22

CAPÍTULO II 23

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE DIAGNOSTICO. 23

2.1. Instalación de componentes 23

2.1.1. Construcción del banco 23

2.1.2. Instalación de la clavija 25

2.1.3. Instalación del botón de seguridad 27

2.1.4. Instalación del blower 28

2.1.5. Instalación del driver 30

2.1.6. Instalación de la bomba de lubricación del turbo. 33

2.1.7. Instalación del turbocompresor 35

2.2. Instalación de componentes de medición 39

CAPÍTULO III 44

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO. 44

3.1 Prueba de dinámica de presión de sobrealimentación 44

3.2. Prueba de la lubricación del turbocompresor 46

3.3. Pruebas del contraste de la diferencia de la presión de aire de la entrada y salida 48

CAPÍTULO IV 50

ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE 50

4.1. Manual de funcionamiento 50

4.2 Manual de mantenimiento 59

4.3 Formato de prácticas. 65

CAPÍTULO V 71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71

5.1. Conclusiones 71

5.2. Recomendaciones 72

BIBLIOGRAFÍA 73

Glosario de términos 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 5
Tabla 2. Tabla de resultados de presión y flujo de entrada 45
Tabla 3. Tabla de resultados del sistema de lubricación 47
Tabla 4. Tabla de comparativa de flujo y presión..... 48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Extensión Guayaquil 2
Figura 2. Funcionamiento del turbocompresor 8
Figura 3. Parte del turbocompresor 9
Figura 4. Temperatura de funcionamiento del turbocompresor 14
Figura 5. Circuito de lubricación del turbocompresor 17
Figura 6. Diseño del banco de pruebas 23
Figura 7. Base del banco de pruebas 24
Figura 8. Parte inferior del banco 24
Figura 9. Parte superior del banco 25
Figura 10. Instalación de la clavija 26
Figura 11. Creación del cableado de alimentación 26
Figura 12. Instalación del botón de seguridad 27
Figura 13. Ubicación de la clavija y botón de emergencia 27
Figura 14. Blower 28
Figura 15. Ubicación del Blower 29
Figura 16. Reductor de la salida del blower 29
Figura 17. Colocación del driver 30
Figura 18. Parámetros de programación rápida 31
Figura 19. Circuito de alimentación del driver 32
Figura 20. Encendido y apagado del driver 32
Figura 21. Circuito de arranque del driver 33
Figura 22. Sistema de lubricación 34
Figura 23. Fuente de voltaje 34
Figura 24. Circuito de encendido de la bomba 35
Figura 25. Turbocompresor 36
Figura 26. Acople base del turbocompresor 37
Figura 27. Conexiones de medidores de entrada y salida 38
Figura 28. Llave de control de salida 38
Figura 29. Medidores de flujo de aire 40

Figura 30. Medidores de presión de aire. 40
Figura 31. Medidores del sistema de lubricación 41
Figura 32. Diseño del etiquetado 42
Figura 33. Banco comprobador de turbo 43
Figura 34. Colocación del control de flujo a 1 44
Figura 35. Toma de mediciones..... 45
Figura 36. Gráfica de resultados de presión y flujo de entrada..... 46
Figura 37. Gráfica de resultados del sistema de lubricación..... 47
Figura 38. Gráfica de variación de flujo 48
Figura 39. Gráfica de variación de presión 49
Figura 40. Conexión del banco 50
Figura 41. Encendido del banco 51
Figura 42. Pulsar el botón verde 51
Figura 43. Encendido de la bomba 52
Figura 44. Voltaje de la bomba 52
Figura 45. Corriente de la bomba 53
Figura 46. Presión de la bomba 53
Figura 47. Presión de la bomba 54
Figura 48. Activación del botón de emergencia 54
Figura 49. Verificación del control de flujo 55
Figura 50. Encendido del blower..... 55
Figura 51. Comprobación del encendido del blower 56
Figura 52. Colocar la primera vuelta 10%..... 56
Figura 53. Mediciones al 10%..... 57
Figura 54. Colocar la segunda vuelta 20% 57
Figura 55. Apagado del blower 58
Figura 56. Flujo en descenso..... 58
Figura 57. Apagado de la bomba..... 59
Figura 58. Tomas de mediciones de las bobinas..... 60
Figura 59. Rodamiento del motor..... 60
Figura 60. Limpieza de las paletas 61
Figura 61. Limpieza de los terminales del relé..... 62

Figura 62. Ajuste de abrazadera..... 62
Figura 63. Tipo de aceite 63
Figura 64. Verificación de conexiones de bomba 64
Figura 65. Mangueras de presión 64

RESUMEN

El siguiente proyecto trata sobre un banco de pruebas para el turbocompresor, el cual tiene como objetivo ser una herramienta al momento de estudiar el funcionamiento del mismo.

En el siguiente documento se encontrará información general de cada componente al igual que su funcionamiento, tipo y aplicación. Así mismo se encuentran los pasos para la construcción e instalación del banco de prueba.

En el capítulo tres se encuentran las pruebas de funcionamiento para las cuales fue diseñado el banco, su análisis y sus resultados.

En el capítulo 4 está el manual funcionamiento, manual de mantenimiento, códigos de falla y formato de prácticas para el estudiante, la cual sirve para realizar los talleres.

En el capítulo 5 se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se notaron en el desarrollo del proyecto.

ABSTRAC

The present project "**CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR TURBOCHARGERS"** has as objective to be a tool with which can check and verify the operation of a turbocharger. In chapter one is the analysis of the feasibility and necessity of the creation of the test bench.

In chapter two is detailed the general information of each component as well as its operation, type and application. We also will find the steps for the construction and installation of these components that make up the test bench.

In chapter three is proved the performance tests, them analysis and results for which the test bench was designed.

In chapter four is described the operating manual, the maintenance manual, the fault codes and the work format for the student, which serves to make the practices in the workshop.

In chapter five are mentioned the conclusions and recommendations that were noted in the development of the project.

INTRODUCCION

La sobrealimentación o turbo-alimentación en los motores de combustión interna es antigua, viene desde los años 1885 y 1896, esto lo hicieron con el fin de incrementar la potencia del motor y reducir la contaminación por gases de escapes.

En los últimos años, la industria automotriz, ha avanzado mucho en el tema de re-potenciación de motores, por lo que el turbocompresor es uno del sistema más utilizado para este tipo de modificaciones.

Este sistema se lo puede encontrar equipado de fábrica en la mayoría de vehículos a Diesel, y en los de gasolina por lo general se los encuentra en los de gama alta.

Este proyecto muestra la utilidad, ventajas, beneficios y construcción de un banco de pruebas de turbocompresor para poder conocer de forma didáctica, medible y real el funcionamiento del mismo, así como los parámetros y condiciones de trabajo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL.

1.1 Definición del problema.

En la actualidad se ha estandarizado el uso de turbocompresores en los motores diésel modernos, su continuo y correcto funcionamiento permiten lograr un incremento tanto en potencia como eficiencia. Por esta razón, requieren de un adecuado mantenimiento que permita detectar fallas oportunamente y corregirlas causando el menor impacto posible.

Este banco de prueba es aplicable para pruebas del turbocompresor con el cual se puede realizar la prueba de dinámica de presión de sobrealimentación, la lubricación del turbocompresor y pruebas del contraste de la diferencia de la presión de aire de la entrada y salida del turbocompresor y leer los valores con la finalidad de conocer el funcionamiento del mismo.

Con estas pruebas se puede comprobar la excentricidad del eje del turbo, problemas en las paletas, problemas en el sistema de lubricación, fugas de aceite, daño de conectores, fugas de aire,

1.2 Ubicación del problema.

La delimitación geográfica será en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil ubicada en las calles Tomas Martínez 520 entre General Córdova y Vicente Rocafuerte

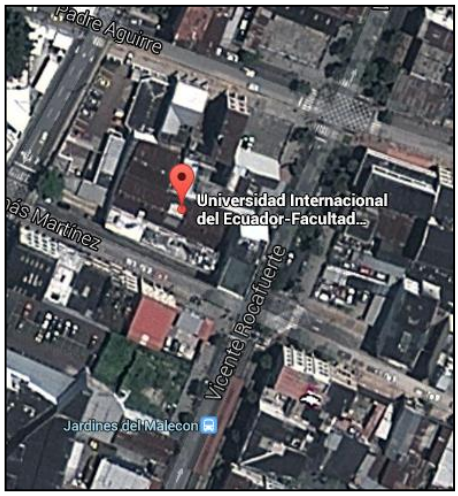


Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Extensión Guayaquil.

Fuente: google map

Editado por: Hugo Lino Bellettini

La delimitación temporal se determina durante un año hasta junio del 2015, tiempo en el cual se desarrolló la investigación y se presentó la propuesta pertinente.

1.3 Formulación del problema.

¿Realmente es necesaria la construcción de un banco de pruebas para turbocompresores automotrices?

1.4 Sistematización del problema.

¿Podemos verificar las variaciones de presión de aire?

¿Cómo se realizaran las mediciones de presiones?

1.5. Objetivos de la investigación.

1.5.1. Objetivo general.

Implementar y construir un banco de prueba para diagnóstico de turbocompresores

1.5.2. Objetivos específicos.

- ✓ Diseñar el banco de prueba.
- ✓ Construir banco de prueba.
- ✓ Diseñar e implementar los circuitos de control en el banco de prueba.
- ✓ Realizar las pruebas de funcionamiento.
- ✓ Elaborar manual de mantenimiento y funcionamiento del banco de prueba.

1.6. Alcance.

Este banco tiene como objetivo principal ser una herramienta de apoyo en las prácticas relacionadas con los diagnósticos de funcionamiento de los turbocompresores, la propuesta de crear un módulo de aprendizaje ayudará a los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil a conocer y detectar falla de una manera rápida y efectiva conociendo de primera mano todo el funcionamiento de los turbocompresores.

1.7. Justificación e importancia de la investigación.

El turbocompresor contribuye a aumentar la potencia del motor por lo que un banco de diagnóstico es muy útil ya que nos demostrará su funcionamiento y mediante mediciones se puede conocer su efectividad.

El trabajo a realizar estará bajo las normativas propias del turbocompresor TD-04 según su ficha técnica la cuales se obtuvo a través del internet.

El tipo de metodología a utilizar en esta investigación será de tipo científico, investigativo, descriptivo y de campo.

La implementación de este tipo de proyecto lleva a la vanguardia a la Universidad Internacional de Ecuador al ser los primeros en tener este tipo de bancos los cuales son funcionales y aplican muchas prestaciones.

1.8. Hipótesis.

Implementar y construir un banco de diagnósticos de los turbocompresores

1.8.1 Variables de hipótesis.

- ✓ **Variable independiente:** Turbocompresores.
- ✓ **Variable dependiente:** Banco de pruebas

1.8.2 Operacionalización de variables.

Tabla 1 Operacionalización de variables.

Variable	Tipo de Variable	Dimensión	Indicadores
Turbocompresores	**Independiente**	Dispositivo de medición	**70%**
		Diseño del manual al docente	**30%**
Banco de Prueba	**Dependiente**	Construir el banco	**70%**
		Construir la hoja de prácticas al estudiante	**30%**

Elaborado por: Hugo Lino Bellettini

1.9. Marco referencial

1.9.1 Historia de la sobrealimentación

La sobrealimentación ha acompañado a los motores desde los principios de la automoción. El primer diseño de un compresor para ser aplicado a un motor de combustión interna fue de Gottlieb Daimler y lo hizo en el año 1885. Desde entonces y hasta el día de hoy, la historia de la sobrealimentación ha ido fluyendo a la par que los motores de combustión interna.[1]

[1] Turbomaquinas, Julian Sánchez Rodrigez

A pesar de sobrealimentar motores de tiempos inmemoriales, la industria donde mayor evolución e implantación tuvo la alimentación forzada fue la aeronáutica. Los motores de pistones que utilizaban los aviones perdían rendimiento a medida que aumentaban la altura a la que volaban al bajar la presión y densidad del aire, por lo que para compensar, se optó por montar compresores mecánicos y turbocompresores a aquellos motores.[2]

De ahí para pasar a los motores automotrices como manera de extraer más potencia de los motores existentes, no hubo nada más que un corto paso. En la actualidad tenemos una de estas máquinas adosada a prácticamente la totalidad de los motores diésel, los motores de gasolina más prestacionales y cada vez más en las opciones más asequibles, gracias a su importancia en el concepto del *downsizing*.

Un motor atmosférico tiene un límite de potencia que normalmente determinan varios factores, entre ellos uno de los más importantes es la cantidad de aire que puede aspirar a través de su sistema de admisión. Para aumentar la potencia hay que aumentar la cantidad de aire que entra en los cilindros y a la par inyectar más combustible.

La mezcla estequiométrica es la relación ideal entre aire y combustible en la que cada unidad de combustible tiene el aire, más concretamente el oxígeno, exacto con el que reaccionar de forma completa. Cuando la relación entre aire y combustible es la ideal, se dice que $\lambda=1$. Es una relación fija establecida en 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina y 14,5 gramos de aire por cada gramo de diésel.

[2] Sistemas de sobrealimentación

Por ello, cuando se sobrealimenta un motor, es importante también que el sistema de alimentación de combustible esté preparado para aumentar el caudal de combustible que fluye al interior de los cilindros, si no el motor funcionará con una mezcla pobre λ>1, sobrecalentándose y no pudiendo entregar toda la potencia que debería.

1.9.2 Turbocompresor.

Un turbocompresor es un sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga para accionar mediante un eje coaxial con ella, un compresor centrífugo para comprimir gases. Este tipo de sistemas se suele utilizar en motores de combustión interna alternativos, especialmente en los motores diésel. En algunos países, la carga impositiva sobre los automóviles depende de la cilindrada del motor. Como un motor con turbocompresor tiene una mayor potencia máxima para una cilindrada dada, estos modelos pagan menos impuestos que los que no tienen turbocompresor.

La sobrealimentación de un motor utiliza medios mecánicos o aprovecha la dinámica de los gases, ya sea de escape o de la propia admisión para aumentar la cantidad de aire que entra en los cilindros. De esta manera los motores tienen más potencia y normalmente son más eficientes.

Aprovechar parte de la energía que se desperdicia por los escapes para impulsar el aire que entra a través de la admisión. Ese es el resultado de interponer una turbina en la línea de escape conectada a través de un eje con un compresor interpuesto en la tubería de admisión de aire.

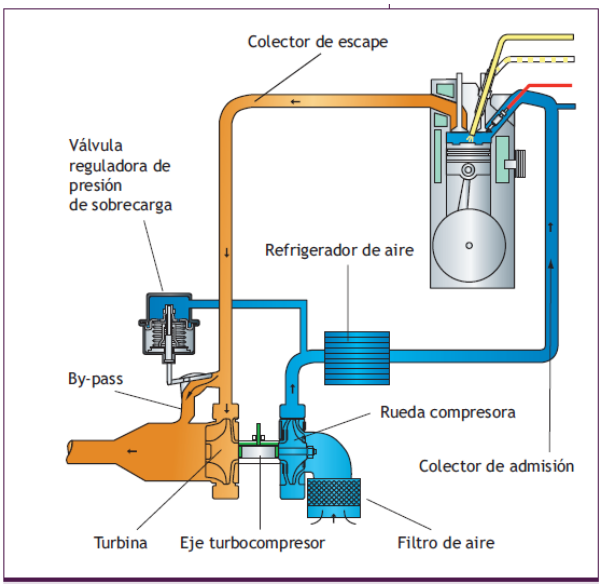


Figura 2. Funcionamiento del turbocompresor

Fuente: Sistema de sobrealimentación

Editado por: Hugo Lino Bellettini

Esto se transforma en un aumento en la potencia y en la eficiencia del motor. En la práctica la mayoría de los motores diésel de los automóviles actuales cuentan con un turbocompresor. También los motores gasolina de la corriente *downsizing* tienden a instalarlos, ya que con una cilindrada pequeña y aplicando un turbo se pueden obtener grandes resultados en cuanto a potencia, eficiencia y consumo de combustible. Por no hablar de las versiones más prestacionales que colocan turbos a sus motores de gasolina como manera de obtener potencia bruta y altas prestaciones.

Ciclos de funcionamiento del Turbo.

Funcionamiento a ralentí y carga parcial inferior: En estas condiciones el rodete de la turbina de los gases de escape es impulsada por medio de la baja energía de los gases de escape, y el aire fresco aspirado por los cilindros no será precomprimido por la turbina del compresor, simple aspiración del motor.

Funcionamiento a carga parcial media: Cuando la presión en el colector de aspiración (entre el turbo y los cilindros) se acerca la atmosférica, se impulsa la rueda de la turbina a un régimen de revoluciones más elevado y el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es precomprimido y conducido hacia los cilindros bajo presión atmosférica o ligeramente superior, actuando ya el turbo en su función de sobrealimentación del motor.

Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga: En esta fase continua aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina del turbo y se alcanzará el valor máximo de presión en el colector de admisión que debe ser limitada por un sistema de control (válvula de descarga). En esta fase el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es comprimido a la máxima presión que no debe sobrepasar los 0,9 bar en los turbos normales y 1,2 en los turbos de geometría variable.[3]

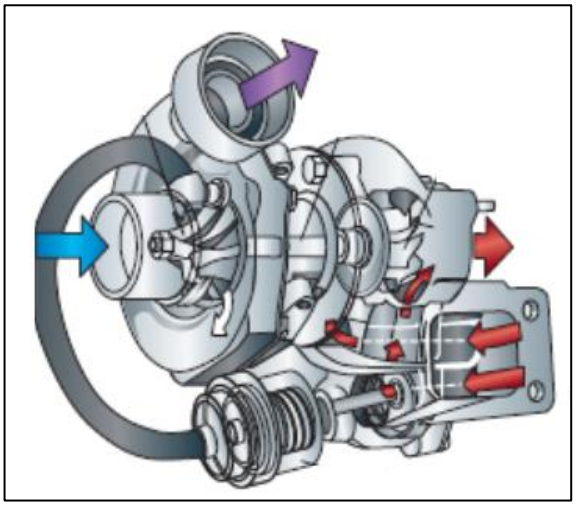


Figura 3. Parte del turbocompresor

Fuente: Sistema de sobrealimentación

Editado por: Hugo Lino Bellettini

En la parte central se ubica el eje que une la turbina y el compresor. Este eje está sometido a altas solicitaciones mecánicas debido al giro y, además, debe soportar elevadísimas temperaturas (en torno a 900°C). El eje

[3] Sistemas de sobrealimentación, Paraninfo

se apoya en el turbocompresor por medio de cojinetes o rodamientos (turbos muy pesados) en sus extremos y está en contacto con el circuito de lubricación para conseguir un perfecto movimiento del eje y una refrigeración debido a las altas temperaturas. La falta de una lubricación correcta puede provocar la destrucción del turbo en cuestión de minutos. De forma resumida se puede decir que al aceite que pasa por el turbo se le asignan dos principales tareas:

– Establecer una pantalla de estanqueidad entre los gases de escape, el aire introducido y las partes internas del turbocompresor.

– Transportar una parte muy elevada del calor cedido por los gases de escape a la turbina. Rebaja en unos 200°C las partes del turbo que están en contacto con el aceite.

Para garantizar siempre la lubricación de los cojinetes, el motor no debe pararse inmediatamente después de haber efectuado recorridos a alta velocidad, recomendándose mantener el motor en ralentí durante un breve espacio de tiempo. Por otra parte, si las paradas son repetitivas con el motor en caliente se ocasionarán erosiones y desprendimientos de incrustaciones de las paredes del cuerpo central.

1.9.2.1 Sistema de regulación de la presión del turbo.

La regulación de la presión de sobrealimentación permite suministrar al motor una presión límite variable de sobrealimentación, la cual está acorde con las condiciones de trabajo, tanto de solicitud de carga como a las climatológicas, temperatura del aire y presión atmosférica. Para ello, el turbocompresor dispone de una válvula mecánica wastegate encargada de regular la presión de soplado del mismo.

Esta válvula está situada en derivación (bypass) con el conducto de escape. Está constituida por una cápsula sometida a la presión de sobrealimentación, una membrana y una cámara de presión con un muelle tarado. El accionamiento de esta válvula puede ser de tipo neumático o eléctrico.

– Regulación de la presión por accionamiento neumático.

Durante el funcionamiento del motor en ralentí o carga parcial la velocidad de los gases de escape es moderada creando una presión de sobrealimentación en el tubo que es incapaz de abrir la válvula.

Cuando el motor gira a plena carga (elevadas revoluciones) la presión en el colector de admisión supera unos valores preestablecidos. Esta presión de soplado se transmite del colector de admisión a la válvula wastegate a través del tubo de conexión, que hace desplazar la membrana y esta, a su vez, comprime el muelle de la válvula desplazándola de su asiento.

En esta situación parte de los gases de escape dejan de fluir por la turbina del turbocompresor, reduciéndose el efecto del compresor y disminuyendo la presión de alimentación en el lado de admisión.

– Regulación de la presión por accionamiento eléctrico.

La única diferencia con el sistema neumático es que se ha instalado una electroválvula de regulación intercalada en el tubo de unión entre el colector y la válvula mecánica. Esta electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación es excitada por la unidad de control del motor y la señal que reciba va a variar en función de las señales que llegan a la unidad de control, como las revoluciones del motor, temperatura del aire

aspirado, presión en el colector de admisión, posición del pedal del acelerador y transmisor altimétrico.

Está compuesta por un bobinado eléctrico que controla la posición de un inducido constituido por un émbolo que, al desplazarse, puede cerrar el paso permanente que se establece entre A (colector de admisión) y B (conducto hacia la wastegate). Según el valor de la corriente recibida en el bobinado, el émbolo pasa a cerrar el conducto A y a establecer el paso directo entre C (presión atmosférica) y B.

La presión de control con que se acciona la válvula wastegate viene determinada por la proporción de periodo de la señal. De esta forma se gestiona la cantidad de caudal de gases de escape que pasa a accionar la turbina del turbocompresor. La presión de control se obtiene por medio de la combinación de la presión atmosférica y la presión de sobrealimentación.

Cuando el motor gira a bajas y medias revoluciones, la electroválvula de control deja pasar la presión de sobrealimentación que hay en el colector de admisión (conducto después del compresor) directamente hacia la válvula wastegate, cuya membrana es empujada para provocar la apertura de la válvula, pero esto no se producirá mientras que no se supere una presión de soplado suficiente para vencer la fuerza de tarado del muelle de la válvula.

Si las revoluciones aumentan demasiado, la fuerza de soplado abrirá la válvula y disminuirá el paso de gases de escape por la turbina, es decir, se disminuirá la sobrealimentación.

También puede ocurrir que la unidad de control considere que la presión en el colector puede sobrepasar ciertos límites de funcionamiento (circulación en altitud, elevada temperatura ambiente o aceleraciones fuertes) sin que esto sea un riesgo para el motor. Para ello actuará sobre la electroválvula y comunicará el conducto de presión atmosférica situado

antes del compresor (colector de admisión) con el de la válvula wastegate, manteniéndose está cerrada por no vencerse la presión del muelle, y provocando un aumento de la sobrealimentación al entrar en contacto todos los gases con la turbina.

1.9.2.2 Temperaturas de un turbo.

Las diferencias de temperaturas que se alcanzan a un lado y otro del turbo son muy notables. En la turbina se pueden alcanzar temperaturas de 800 a 1000°C, mientras que en el compresor como máximo se alcanzan unos 80°C. Esto hace que el eje común al que se unen tanto la turbina como el compresor esté sometido a temperaturas muy diferentes en sus extremos, lo cual dificulta el diseño y sobre todo la elección de materiales para su construcción.

El turbo se refrigera principalmente por el sistema de lubricación, y además por el aire de entrada del colector de admisión que recoge parte del calor que contiene el rodete compresor. Hay que destacar que esto último no es nada beneficioso para el motor, ya que el aire caliente hace dilatar el aire de admisión y descender su densidad, con lo que el rendimiento volumétrico del motor se ve seriamente perjudicado.

Como se ve en la figura 4 las temperaturas de funcionamiento en un turbo son muy diferentes, teniendo en cuenta que la parte de los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas, mientras que los que está en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan 80 ºC.

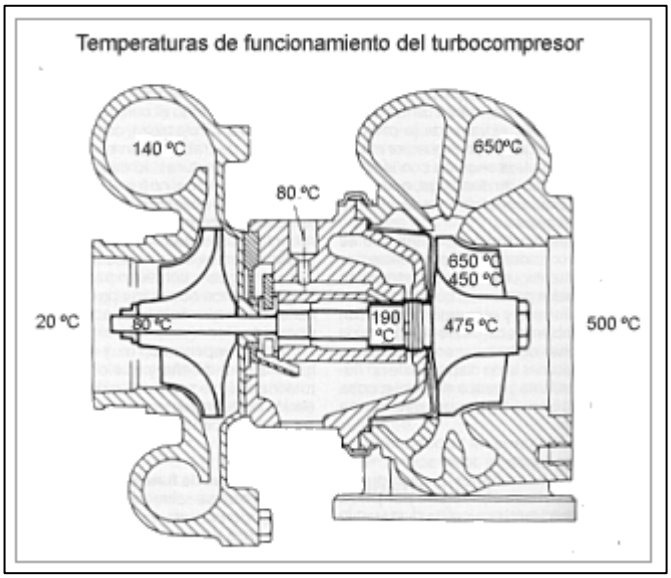


Figura 4. Temperatura de funcionamiento del turbocompresor.

Fuente: Sistema de sobrealimentación

Editado por: Hugo Lino Bellettini

Los motores de gasolina, en los cuales las temperaturas de los gases de escape son entre 200 y 300ºC más altas que en los motores diesel, suelen ir equipados con carcasas centrales refrigeradas por agua. Cuando el motor está en funcionamiento, la carcasa central se integra en el circuito de refrigeración del motor. Tras pararse el motor, el calor que queda se expulsa utilizando un pequeño circuito de refrigeración que funciona mediante una bomba eléctrica de agua controlada por un termostato.

En un principio cuando se empezó la aplicación de los turbocompresores a los motores de gasolina, no se tuvo en cuenta la consecuencia de las altas temperaturas que se podían alcanzar en el colector de escape y por lo tanto en el turbo que está pegado a él como bien se sabe. La consecuencia de esta imprevisión fue una cantidad considerable de turbos carbonizados, cojinetes defectuosos y pistones destruidos por culpa de la combustión detonante. Hoy en día los cárteres de los cojinetes de los turbocompresores utilizados para sobrealimentar motores otto se refrigeran exclusivamente con agua y se han desarrollado y se aplican

materiales más resistentes al calor. Los fondos de los pistones de los motores turbo casi siempre se refrigeran por medio de inyección de aceite. Con estas medidas se han solucionado la mayor parte de los problemas que tienen los motores de gasolina sobrealimentados por turbocompresor, eso sí, siempre teniendo presente que si por algún motivo la temperatura de escape sobrepasa durante un tiempo prolongado el límite máximo de los 1000ºC el turbo podrá sufrir daños.

1.9.2.3 Intercambiador de calor o intercooler.

Es un sistema compuesto por un intercambiador de calor en el que se introduce el aire calentado que sale del compresor para enfriarlo antes de introducirlo en los cilindros del motor. El aire que incide sobre este intercambiador o radiador proviene del exterior durante la marcha del vehículo y consigue rebajar la temperatura del aire que pasa por el interior del intercooler unos 40°C (el aire de admisión en motores turboalimentados puede alcanzar hasta 100°C).

Por tanto, se trata de un intercambiador de calor aire/aire. Con él se consigue aumentar la potencia y el par del motor debido al aumento de la masa de aire que entra en el cilindro como consecuencia de la subida de densidad del aire cuando este enfría. Otros efectos positivos resultantes de la utilización del intercooler son la disminución del consumo y de las emisiones contaminantes.

En ciertos motores el intercambiador es de tipo aire/agua, es decir, al aire se le fuerza a pasar por un radiador por el que circula el agua del sistema de refrigeración.

1.9.2.4. Sistema de lubricación del turbo.

Como el turbo está sometido a altas temperaturas de funcionamiento, la lubricación de los cojinetes deslizantes es muy comprometido, por someterse el aceite a altas temperaturas y desequilibrios dinámicos de los dos rodetes en caso de que se le peguen restos de aceites o carbonillas a las paletas curvas de los rodetes (alabes de los rodetes) que producirán vibraciones con distintas frecuencias que entrando en resonancia pueden romper la película de engrase lo que producirá microgripajes. Además el eje del turbo está sometido en todo momento a altos contrastes de temperaturas en donde el calor del extremó caliente se transmite al lado más frio lo que acentúa las exigencias de lubricación porque se puede carbonizar el aceite, debiéndose utilizar aceites homologados por el API y SAE para cada país donde se utilice.

Se recomienda después de una utilización severa del motor con recorridos largos a altas velocidades, no parar inmediatamente el motor sino dejarlo arrancado al ralentí un mínimo de 30 seg. para garantizar una lubricación y refrigeración óptima para cuando se vuelva arrancar de nuevo.

El cojinete del lado de la turbina puede calentarse extremadamente si el motor se apaga inmediatamente después de un uso intensivo del motor. Teniendo en cuenta que el punto de inflamación del aceite del motor es aproximadamente 221 ºC y esta puede carbonizar el turbo.

El sistema de lubricación en los turbos de geometría variable es más comprometido aún, porque además de los rodamientos tiene que lubricar el conjunto de varillas y palancas que son movidas por el depresor neumático, al coger suciedades (barnices por deficiente calidad del aceite), hace que se agarroten las guías y compuertas y el turbo deja de trabajar correctamente, con pérdida de potencia por parte del motor.

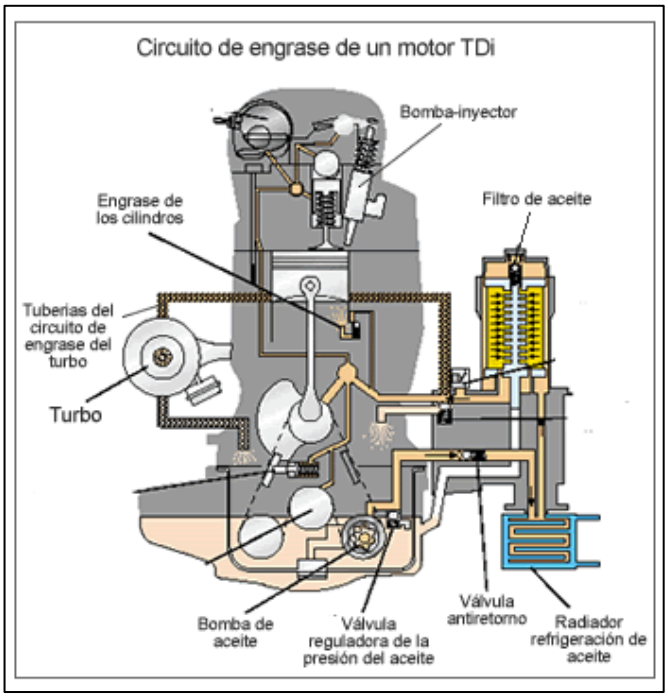


Figura 5. Circuito de lubricación del turbocompresor

Fuente: Sistema de sobrealimentación

Editado por: Hugo Lino Bellettini

Recomendaciones de mantenimiento y cuidado para los turbocompresores.

El turbocompresor está diseñado para durar lo mismo que el motor. No precisa de mantenimiento especial; limitándose sus inspecciones a unas comprobaciones periódicas. Para garantizar que la vida útil del turbocompresor se corresponda con la del motor, deben cumplirse de forma estricta las siguientes instrucciones de mantenimiento del motor que proporciona el fabricante:

- Intervalos de cambio de aceite

- Mantenimiento del sistema de filtro de aceite

- Control de la presión de aceite

- Mantenimiento del sistema de filtro de aire

El 90% de todos los fallos que se producen en turbocompresores se debe a las siguientes causas:

- Penetración de cuerpos extraños en la turbina o en el compresor

- Suciedad en el aceite

- Suministro de aceite poco adecuado (presión de aceite/sistema de filtro)

- Altas temperaturas de gases de escape (deficiencias en el sistema de encendido/sistema de alimentación).

Estos fallos se pueden evitar con un mantenimiento frecuente. Cuando, por ejemplo, se efectúe el mantenimiento del sistema de filtro de aire se debe tener cuidado de que no se introduzcan fragmentos de material en el turbocompresor.

1.9.2.5 Ventajas y desventajas del turbocompresor de geometría fija.

A continuación se detallan de forma resumida las ventajas y desventajas que ofrece la utilización de un turbocompresor en un vehículo:

Ventajas:

– No consume energía en su accionamiento.

– Fácil localización, sin accionamiento directo del eje del motor.

– Reducido volumen en relación a su caudal proporcionado.

– Gran capacidad de comprimir a altos regímenes y altos caudales.

Desventajas:

– Mala capacidad de respuesta en bajas cargas por el poco volumen de gases.

– Retraso en su actuación, por la inercia de la masa móvil y su aceleración mediante gases.

– Alta temperatura de funcionamiento al accionarse con gases de escape.

– Mayores cuidados de uso y mantenimiento.

Los componentes básicos del turbocompresor son la turbina y el compresor. Ambos elementos son máquinas turbo que, con la ayuda de la normativa legal de creación de modelos, pueden fabricarse en distintos tamaños con características parecidas. Así, mediante reducción y ampliación, se establece la gama de turbocompresores, permitiendo que el tamaño óptimo de bastidor del turbocompresor se encuentre disponible para distintos tamaños de motores. No obstante, la capacidad de efectuar transferencias a otros tamaños de bastidores se encuentra restringida ya que no se pueden establecer escalas dimensionales de todas las características. Además, las exigencias varían según el tamaño de cada motor, por lo que no siempre es posible utilizar las mismas geometrías de rueda o carcasa.

1.9.3 Pruebas.

Este banco esta creado para realizar las siguientes pruebas:

- ✓ Prueba dinámica de la superpresión
- ✓ Flujo de aire
- ✓ Lubricación del turbocompresor

1.9.3.1 Prueba dinámica de superpresión.

Esta prueba consiste en medir la presión de entrada y salida del turbocompresor mediante medidores de presión con la finalidad de determinar la diferencia de presión.

1.9.3.2 Prueba de flujo de aire.

El sistema del turbocompresor, como todos los sistemas tienen algunas contras. El primero y principal es el retraso en la respuesta del turbo, un mal que se dio bastante en los modelos de los 70 y 80, ya que los fabricantes carecían de los medios de gestión con los que cuentan en la actualidad y los materiales hacían que los rotores sufrieran de grandes inercias.

Para mover la turbina se utiliza el gas de escape, que es un fluido compresible. El retardo del turbo se produce cuando se requiere un cambio rápido de régimen, por ejemplo acelerando fuerte. En ese momento el turbo

se encuentra girando despacio, lejos de su régimen óptimo y los gases de escape empiezan a fluir a través del turbo empujándolo lentamente. Hasta que el turbo acelera su rotación alcanzando su régimen óptimo pasa un tiempo que puede ser de hasta varios segundos, esto es lo que se llama retardo/retraso del turbo o *turbolag*.

En este periodo la sensación de aceleración es baja. Este defecto se solventa en gran parte utilizando turbos pequeños que se mueven más fácilmente y usando mejores materiales que generan menos cargas e inercias.

Otro de los problemas es justo al contrario, cuando tratamos de decelerar bruscamente. En ese momento el turbo está girando a gran velocidad e insuflando gran cantidad de aire por la admisión aunque hayamos soltado el acelerador. En esa situación, cuando queremos parar, no es nada recomendable que siga entrando aire al motor, para lo que se inventaron diversos tipos de válvulas.

Estas válvulas detectan un exceso de presión después del compresor del turbo o a la entrada de la turbina del escape, comparándola con la presión de la admisión y el escape (y actualmente otros parámetros gracias a la electrónica). Existen varios tipos, aunque las más comunes son las válvulas de descarga o *wastegate* que sueltan los gases de escape a la atmósfera o al tubo de escape. También son comunes los *bypass* que normalmente van integrados en el propio turbo y que lo que hacen es devolver el aire comprimido por el turbo a la admisión o bien lo vierten a la atmósfera.

En la actualidad los turbos de modelos comerciales suelen llevar estas válvulas integradas en el turbo y no se vierte nada a la atmósfera ya que eso significaría en el caso de una válvula de descarga que estarían emitiendo gases de escape sin pasar por los sistemas anticontaminación del vehículo.

1.9.3.3. Prueba de lubricación.

Como es comprensible, un componente que gira por encima de 100.000 rpm necesita lubricación. El eje del turbo suele ser de materiales muy resistentes, pero no son indestructibles por lo que necesitan ser lubricados y también refrigerados, ya que por un lado tiene aire a temperatura ambiente, pero por el otro la temperatura alcanza varias centenas de grados.

Normalmente se utiliza el aceite del motor para ambos cometidos, derivando un conducto del circuito para el turbo, aunque en ocasiones lleva circuitos separados, de aceite y de refrigerante. En funcionamiento, el aceite fluye alrededor del eje, por lo que funciona normalmente, sin embargo, hay un problema que se produce después de haber sometido a cargas moderadas al motor**.**

En esta situación el turbo está caliente, por lo que al detener el motor y con ello cesar el flujo de aceite alrededor de su eje, las elevadas temperaturas carbonizan el aceite alrededor del eje. Si se hace con frecuencia el resultado es que el eje se va deteriorando, llevando a la rotura del turbo

CAPÍTULO II

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE DIAGNOSTICO.

2.1. Instalación de componentes.

En este apartado encontrará la información de la instalación de cada componente en la maqueta, el porqué de su ubicación y su función en la misma.

2.1.1. Construcción del banco.

Para la construcción del banco se realizó un plano de las dimensiones de la maqueta. la finalidad del mismo es optimizar los espacios para los componente de manera que sea visible y entendible por el estudiante.

Figura 6. Diseño del banco de pruebas.

Autor: Hugo Bellettini

Para las bases del banco se utilizó tubo cuadrado de 3.5mm de espesor el cual sirve de soporte de la estructura

Figura 7. Base del banco de pruebas.

Autor: Hugo Bellettini

Las planchas de metálicas galvanizadas de 2mm se ubicaron en los laterales del banco ya que estas no necesitan de esfuerzo mecánico.

Se colocó un cajón con la finalidad de guardar documentación como lo es el manual del usuario, manual de mantenimiento y el cable de alimentación.

Figura 8. Parte inferior del banco.

Autor: Hugo Bellettini

En la parte superior se colocó una plancha de 3mm de espesor ya que en ellas se montará los elementos de medición. Se dividió la ubicación por estética del banco.

Figura 9. Parte superior del banco.

Autor: Hugo Bellettini

2.1.2. Instalación de la clavija.

La clavija utilizada es de dos líneas de fuerza y una tierra ya que las conexiones internas son a 220 VAC. Se colocó la clavija en la parte lateral izquierda del banco con la finalidad de que una vez utilizado el banco se retire el cableado para la seguridad del personal.

Figura 10. Instalación de la clavija.

Autor: Hugo Bellettini

Figura 11. Creación del cableado de alimentación.

Autor: Hugo Bellettini

2.1.3. Instalación del botón de seguridad.

La instalación del botón de seguridad se realizó pensando en la manera de apagar el blower y resguardar la seguridad del estudiante, al pulsar el botón se desenergiza el driver provocando el paro del movimiento del turbocompresor.

Figura 12. Instalación del botón de seguridad.

Autor: Hugo Bellettini

Figura 13. Ubicación de la clavija y botón de emergencia.

Autor: Hugo Bellettini

2.1.4. Instalación del blower.

El blower utilizado es un modelo Tx- 106 el cual genera un flujo de aire de 5 m^3/H y una presión de 2 PSI a una revolución 3350 RPM. Estas características son necesarias para poder mover el turbocompresor. El motor que controla este blower es de 1Hp (746w) a 220v 3Φ a una frecuencia de 60 HZ y una corriente de trabajo de 4.5 amp.

Figura 14. Blower.

Autor: Hugo Bellettini

Este blower está en la parte inferior interna de la maqueta sujetado por cuatro pernos los cuales tienen un caucho para evitar las vibraciones.

Se lo colocó en esta ubicación debido a que se puede optimizar la compuerta frontal para realizar el mantenimiento de la limpieza de las aspas sin la necesidad de retirar el blower.

Figura 15. Ubicación del Blower.

Autor: Hugo Bellettini

A la salida del mismo se colocó un acople de acero inoxidable para reducir el diámetro de 4” a 2½” debido a que la entrada del turbo es de estas dimensiones.

Figura 16. Reductor de la salida del blower.

Autor: Hugo Bellettini

2.1.5. Instalación del driver.

Para regular el flujo y presión de aire de la entrada del turbocompresor, se colocó un driver de 1HP con entrada monofásica y salida trifásica a 220 VAC, el cual controla la frecuencia de alimentación del motor del blower para controlar la velocidad del mismo.

Figura 17. Colocación del driver.

Autor: Hugo Bellettini

El driver escogido es de marca Siemens G110 el cual, a través de su panel de operador, se programan las variables de voltajes, corrientes, velocidades, tiempos de aceleración, frecuencias máximas y mínimas.

Figura 18. Parámetros de programación rápida.

Puesta en servicio (P0010=1)

No	Nombre
P0100	Europa / Norte América
P0304	Tensión nominal del motor
P0305	Corriente nominal del motor
P0307	Potencia nominal del motor
P0308	CosPhi nominal del motor
P0309	Rendimiento nominal del motor
P0310	Frecuencia nominal del motor
P0311	Velocidad nominal del motor
P0335	Ventilación del motor
P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]
P0700	Selección de la fuente de órdenes
P1000	Selección de la consigna de frecuencia
P1080	Velocidad Mín.
P1082	Velocidad Máx.
P1120	Tiempo de aceleración
P1121	Tiempo de deceleración
P1135	Tiempo de deceleración OFF3
P1300	Modo de control
P3900	Fin de la puesta en servicio

Figura 19. Parámetros de programación rápida.

Autor: Manual Siemens G110

Editado por: Hugo Bellettini

Este dispositivo se colocó en la parte interna inferior sobrepuesto en la pared lateral izquierda, está energizado a través de un relé el cual es activado por un botón de emergencia ubicado en la parte superior de lado izquierdo. Cuando el botón se encuentra pulsado, este relé se apaga des energizando el driver.

En el siguiente circuito se puede apreciar el diseño sistema de alimentación del driver.

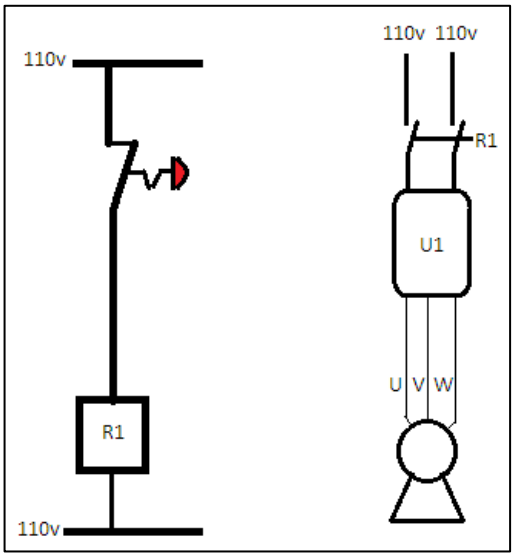


Figura 20. Circuito de alimentación del driver.

Autor: Hugo Bellettini

El arranque del blower está condicionado al encendido de la bomba de lubricación de flujo, es decir, no se puede encender el blower sin antes encender la bomba, esta protección se la colocó con la finalidad de precautelar el turbocompresor.

Figura 21. Encendido y apagado del driver.

Autor: Hugo Bellettini

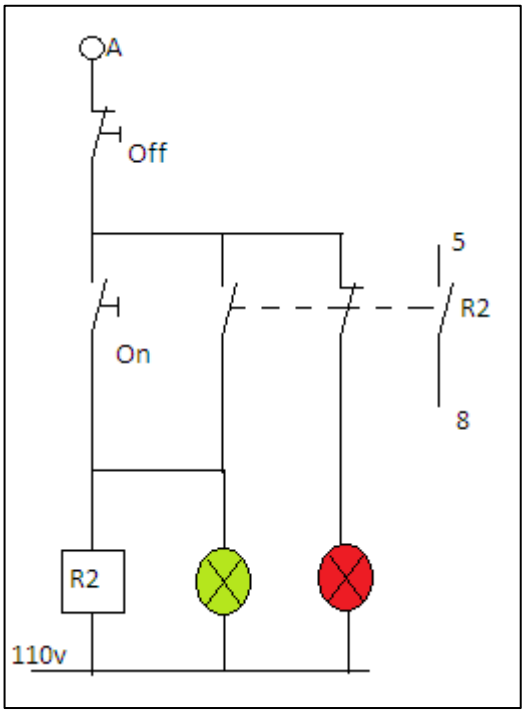


Figura 22. Circuito de arranque del driver

Autor: Hugo Bellettini

2.1.6. Instalación de la bomba de lubricación del turbo.

Para obtener una lubricación adecuada en el turbocompresor se utilizó una bomba de combustible la cual envía el aceite ubicado en el reservorio hacia el turbocompresor. Este sistema en de vital importancia para alargar la vida útil del turbo.

Figura 23. Sistema de lubricación.

Autor: Hugo Bellettini

Para el arranque del sistema de lubricación se dispuso de dos botones, on y off, los cuales activan un relé que enciende la bomba de lubricación. Como dicha bomba funciona a 12v DC se utilizó una fuente de voltaje de 220v a 12v dc 1amp.

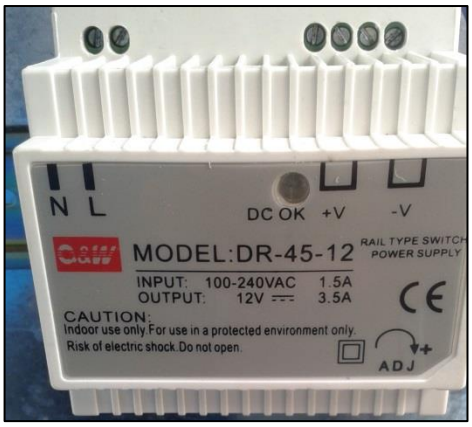


Figura 24. Fuente de voltaje.

Autor: Hugo Bellettini

Para el encendido de la bomba se utilizó un circuito con el cual se activa un pulsante verde, este pulsante activa un relé que se queda encendido hasta que se pulse el botón rojo. Cuando se activa el relé se activa al mismo tiempo la bomba de lubricación.

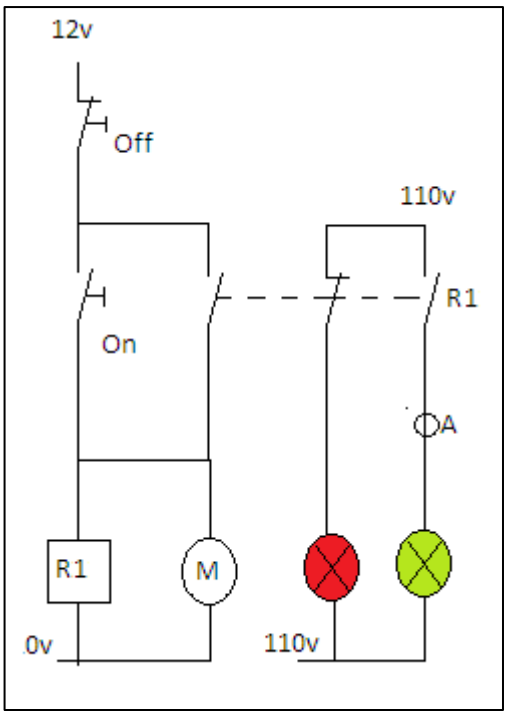


Figura 25. Circuito de encendido de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

2.1.7. Instalación del turbocompresor.

El turbocompresor utilizado para realizar las pruebas de funcionamiento es de un Hyundai H-100 el cual tiene las siguientes características:

Turbo Modelo: TD04

Diámetro de salida: 1” 3/4

Material de la Turbina: K418

Carcasa del compresor: Fundición de aluminio

Carcasa de la turbina: HPB59-1

Rueda del compresor: aluminio-silicio aleación (C355)

Rueda de turbina: alta temperatura aleación K18

Figura 26. Turbocompresor.

Autor: Hugo Bellettini

Este turbocompresor se encuentra ubicado en la parte derecha del banco sobre una base que simula la salida en el múltiple de gases de escape. En la parte inferior se encuentra la entrada de aire de 2” ½ en la cual también están las tomas de aire para las mediciones de flujo y presión de entrada.

Figura 27. Acople base del turbocompresor.

Autor: Hugo Bellettini

En el turbocompresor se encuentran las tomas para el sistema de lubricación a la entrada y salida. A la salida del turbo se colocó una manguera la cual está conectada a una llave de paso que sirve de regulador de presión de salida. En esta llave se encuentran las tomas para las mediciones de flujo y presión de salida de aire.

Figura 28. Conexiones de medidores de entrada y salida.

Autor: Hugo Bellettini

Figura 29. Llave de control de salida.

Autor: Hugo Bellettini

2.2. Instalación de componentes de medición.

Se instalaron medidores de flujo y presión para aire de entrada y salida, así mismo se colocó medidores de presión, voltaje y amperaje para la bomba del sistema de lubricación.

2.2.1. Mediciones de aire.

Para la medición de presión de aire se utilizaron manómetros con un rango de medición de 0 a 15 PSI. Existen dos manómetros uno para la entrada y otro para la salida, se encuentran juntos con la finalidad de comparar las mediciones.

Las mediciones de aire se las realiza mediantes medidores de flujo verticales los cuales tienen un rango de 2 a 20m^3/H. De la misma manera existen dos medidores uno para la entrada y otro para la salida para comprobar el funcionamiento del turbo.

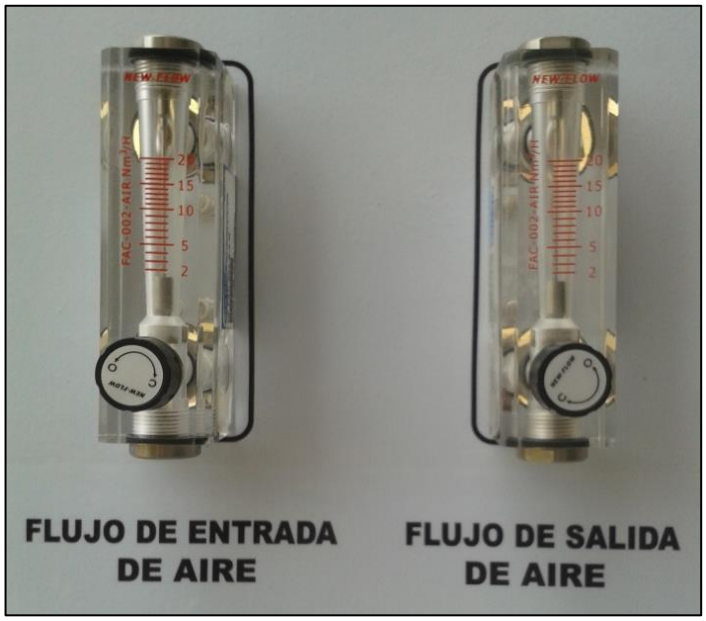


Figura 30. Medidores de flujo de aire.

Autor: Hugo Bellettini

Figura 31. Medidores de presión de aire.

Autor: Hugo Bellettini

2.2.2. Mediciones del sistema de lubricación.

Para comprobar el sistema de lubricación se ha colocado un medidor de voltaje el cual indica el valor en el cual se activa la bomba, así mismo se colocó un amperímetro el cual indica el consumo de la corriente de la bomba, si existe un taponamiento en las mangueras se verá reflejada en la elevada corriente de la bomba.

Se colocó un manómetro de presión de aceite para comprobar y asegurar el funcionamiento del sistema de lubricación, lo mínimo requerido para un buen funcionamiento es que exista 3 PSI de presión en el sistema.

Figura 32. Medidores del sistema de lubricación.

Autor: Hugo Bellettini

2.3. Instalación del etiquetado.

Para el etiquetado se realizó un pequeño diseño en el cual se encuentra el nombre de la maqueta, el nombre de todos los medidores y su función.

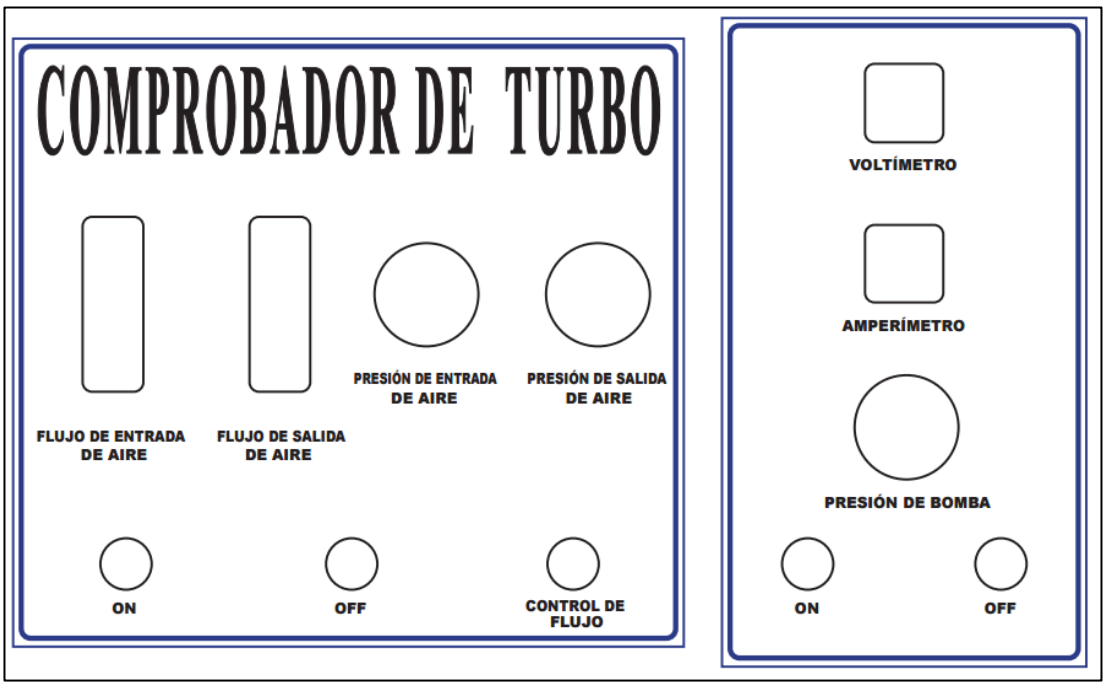


Figura 33. Diseño del etiquetado.

Autor: Hugo Bellettini

Este diseño fue impreso en vinil adhesivo y pegado en la parte frontal superior, encima del diseño se colocó un laminado transparente para proteger la impresión.

Figura 34. Banco comprobador de turbo.

Autor: Hugo Bellettini

CAPÍTULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

3.1 Prueba de dinámica de presión de sobrealimentación.

La prueba dinámica de presión de sobrealimentación se la realiza modificando la presión y flujo de la entrada a través del driver. Para realizar esta prueba se debe encender la bomba de lubricación, luego encender el blower y colocar el control a 1 que representa el 10% de la potencia nominal del mismo.

Figura 35. Colocación del control de flujo a 1.

Autor: Hugo Bellettini

Luego, cuando se hayan estabilizadas las mediciones se debe anotar las misma tanto de entrada y de salida, de flujo y presión del turbo.

Figura 36. Toma de mediciones.

Autor: Hugo Bellettini

Con la información adquirida se debe llenar la tabla de datos para su análisis, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 2. Tabla de resultados de presión y flujo de entrada.

Vuelta	Potencia	ENTRADA	
		Flujo (m^3/H)	Presión (PSI)
1	10%	0	0
2	20%	0	0
3	30%	0	0
4	40%	0	0.2
5	50%	0	0.3
6	60%	2.5	0. 5
7	70%	3	0.8
8	80%	3. 5	1
9	90%	4	1.2
10	100%	4.8	1.4

Autor: Hugo Bellettini

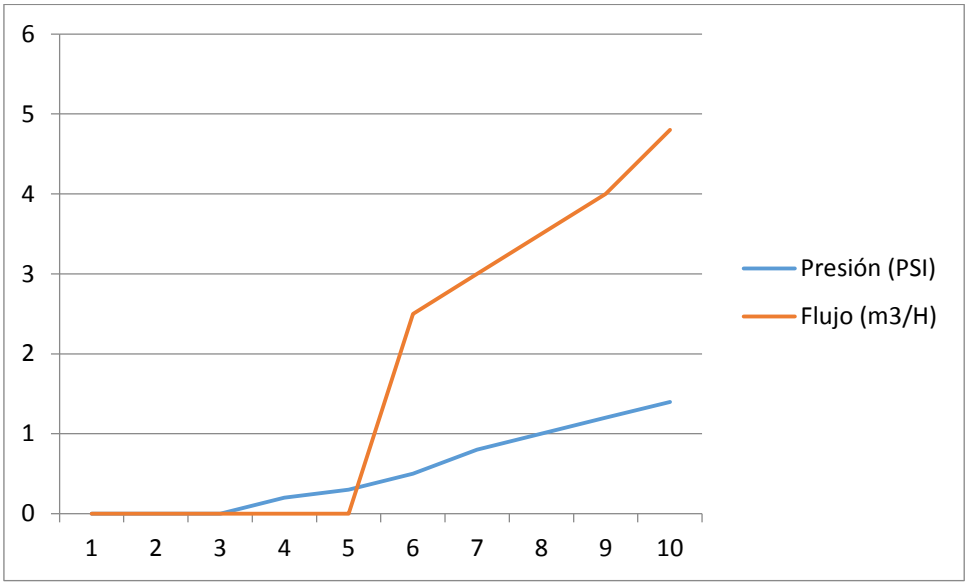


Figura 37. Gráfica de resultados de presión y flujo de entrada.

Autor: Hugo Bellettini

En la gráfica adjunta se puede observar que a medida que se aumenta el flujo de aire, aumenta la presión de entrada al turbo, esto se debe a que una vez que la tubería se “llena” de aire, comienza a presurizar el mismo. Si la tubería tuviera un menor diámetro, el flujo para presurizar el aire sería menor. Es por ello que se debe esperar un lapso de 1 minuto para realizar las medidas respectivas.

3.2. Prueba de la lubricación del turbocompresor.

Para realizar estas pruebas se debe encender la bomba de lubricación y esperar un tiempo de 10 segundos para realizar la mediciones

Tabla 3. Tabla de resultados del sistema de lubricación.

Vuelta	Potencia	Lubricación		
		Voltaje (v)	Corriente (I)	Presión (PSI)
1	10%	12	1	3,5
2	20%	12	1	3,5
3	30%	12	1	3,5
4	40%	12	1	3,7
5	50%	12	1	3,7
6	60%	12	1	3,8
7	70%	12	1	3,8
8	80%	12	1	3,7
9	90%	12	1	3,5
10	100%	12	1	3,5

Autor: Hugo Bellettini

Con estos resultados podemos comprobar que no existe fugas de aceite ya que si existieran bajaría la presión a medida que aumenta la potencia de blower. De esta manera se puede verificar el buen funcionamiento del sistema de lubricación.

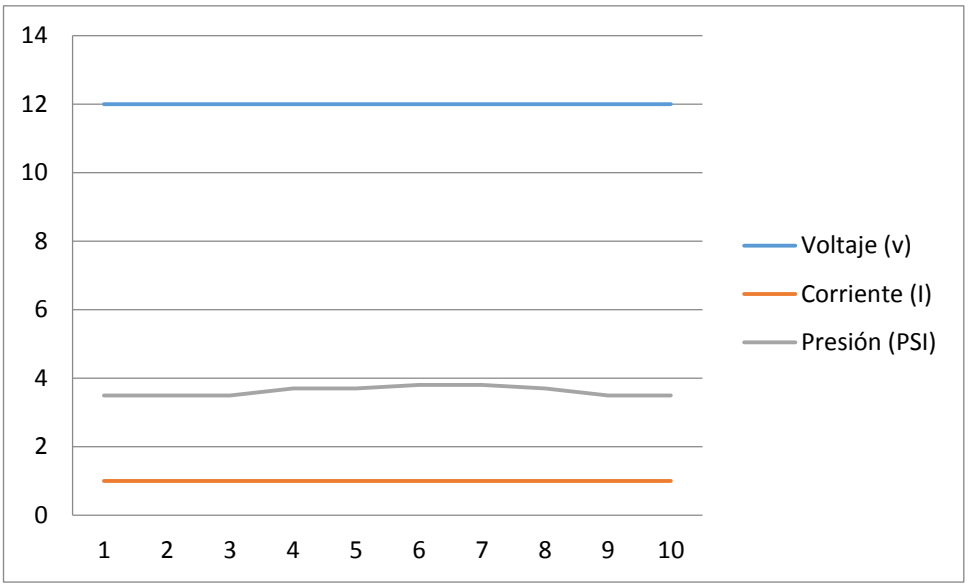


Figura 38. Gráfica de resultados del sistema de lubricación.

Autor: Hugo Bellettini

3.3. Pruebas del contraste de la diferencia de la presión de aire de la entrada y salida.

Para realizar estas pruebas se realizaron varias tomas de mediciones colocando el potenciómetro de 0 vueltas a 10 vueltas. Tomando un tiempo de 10 min para esta prueba se obtienen los siguientes resultados

Tabla 4. Tabla de comparativa de flujo y presión

Vuelta	Potencia	ENTRADA		SALIDA	
		Flujo (m^3/H)	Presión (PSI)	Flujo (m^3/H)	Presión (PSI)
1	10%	0	0	0	0
2	20%	0	0	0	0
3	30%	0	0	0	0
4	40%	0	0,2	0	0
5	50%	0	0,3	0	0
6	60%	2,5	0,5	0	0
7	70%	3	0,8	0	0
8	80%	3,5	1	0	0
9	90%	4	1,2	1	0,3
10	100%	4,8	1,4	2,5	0,7

Autor: Hugo Bellettini

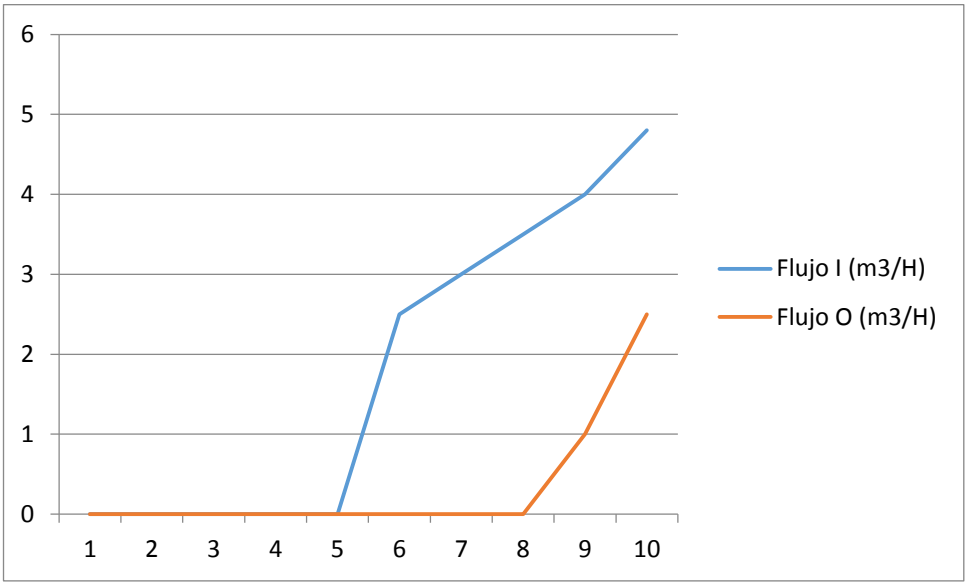


Figura 39. Gráfica de variación de flujo

Autor: Hugo Bellettini

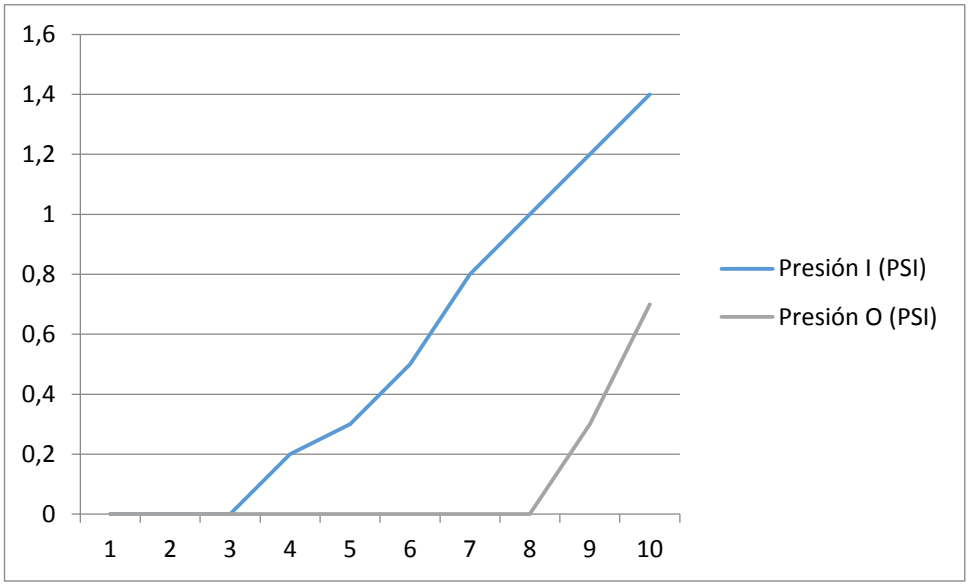


Figura 40. Gráfica de variación de presión

Autor: Hugo Bellettini

En estas gráficas se puede demostrar la utilidad y funcionamiento del turbocompresor, asi mismo se puede apreciar que se necesita una presión minima de 1 PSI para que comienze a compresionar el aire a la admision, asi mismo se necesita un flujo de 4 m^3/H para que el turbo comience su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE.

4.1. Manual de funcionamiento.

Para proceder las pruebas en el banco de entrenamiento se deben seguir en orden los siguientes pasos ya que son vitales para el buen funcionamiento y mantenimiento del sistema.

1. Conectar el banco a una toma de 220v.

Figura 41. Conexión del banco.

Autor: Hugo Bellettini

2. Se procede a verificar que el indicador del botón rojo de la bomba de lubricación este encendido.

Figura 42. Encendido del banco.

Autor: Hugo Bellettini

3. Encender la bomba de lubricación pulsando el botón verde.

Figura 43. Pulsar el botón verde.

Autor: Hugo Bellettini

4. Verificar que el indicador del botón verde de la bomba de lubricación este encendido.

Figura 44. Encendido de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

5. Verificar que el voltaje en el medidor este en 12V.

Figura 45. Voltaje de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

6. Verificar que la corriente en el medidor sea de 3 amp.

Figura 46. Corriente de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

7. Esperar a que la presión de lubricación llegue a 3 PSI.

Figura 47. Presión de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

8. Verificar que el indicador del botón rojo del blower este encendido.

Figura 48. Presión de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

9. Verificar que el botón de emergencia este hacia afuera.

Figura 49. Activación del botón de emergencia.

Autor: Hugo Bellettini

10. Verificar controlador de flujo este en 0.

Figura 50. Verificación del control de flujo.

Autor: Hugo Bellettini

11. Encender el blower pulsando el botón verde.

Figura 51. Encendido del blower.

Autor: Hugo Bellettini

12. Verificar que el indicador del botón verde del blower este encendido.

Figura 52. Comprobación del encendido del blower

Autor: Hugo Bellettini

13. Girar la perilla del controlador de flujo en 1.

Figura 53. Colocar la primera vuelta 10%

Autor: Hugo Bellettini

14. Esperar 10 seg. Y realizar las mediciones.

Figura 54. Mediciones al 10%

Autor: Hugo Bellettini

15. Subir la velocidad con el controlador a lo deseado y luego de un tiempo de estabilización realizar las mediciones.

Figura 55. Colocar la segunda vuelta 20%

Autor: Hugo Bellettini

16. Para proceder a realizar el apagado del banco primero se deberá pulsar el botón rojo del blower.

Figura 56. Apagado del blower

Autor: Hugo Bellettini

17. Verificar que el flujo de aire haya disminuido.

Figura 57. Flujo en descenso

Autor: Hugo Bellettini

18. Apagar la bomba pulsando el botón rojo.

Figura 58. Apagado de la bomba.

Autor: Hugo Bellettini

Nota: el banco de prueba tiene una protección la cual es que si no se enciende la bomba de lubricación no se podrá encender el blower, esto se lo realizo para salvaguardar la vida del turbo. Así mismo si se apaga la bomba antes que el blower este se apagara junto con la bomba.

4.2 Manual de mantenimiento.

Cada 12 meses realizar un mantenimiento al motor que consiste en:

- ✓ Verificación de bobinas

Figura 59. Tomas de mediciones de las bobinas.

Autor: Hugo Bellettini

Las mediciones se las realiza por medio de un multímetro, el cual, colocado en medición de resistencia, las bobinas deben medir entre 0.5 a 0.75 ohm y entre las bobinas y la carcasa debe ser en megaohm, si existe algún valor se debe enviar a rebobinar el motor debido a que perdió aislamiento y puede provocar un cortocircuito.

- ✓ Cambio de rodamientos

Figura 60. Rodamiento del motor.

Autor: Hugo Bellettini

Se debe realizar el chequeo de los rodamientos con el fin de evitar el sobrecalentamiento del motor

- ✓ Limpieza de las paletas del blower

Figura 61. Limpieza de las paletas.

Autor: Hugo Bellettini

La limpieza de las paletas del blower es de suma importancia ya que esto alarga la vida útil del turbo al enviar un aire limpio, el polvo acumulado en las paletas puede provocar fricción en el motor provocando sobrecarga del mismo.

- ✓ Limpieza de los contactos de los relés

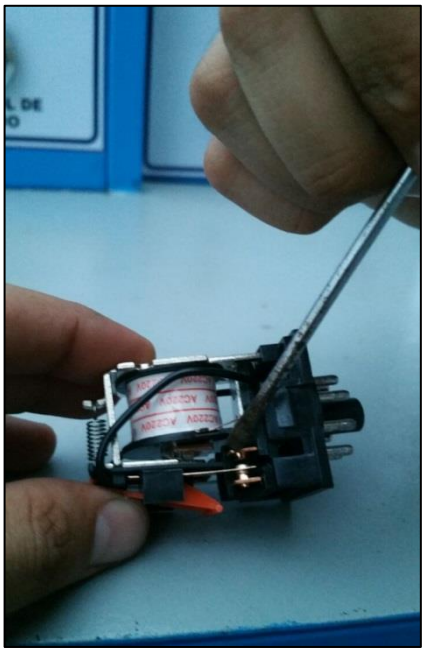


Figura 62. Limpieza de los terminales del relé.

Autor: Hugo Bellettini

Los contactos del relé se deben revisar debido a que tienen un ciclo de vida de 10000 repeticiones luego de esto deben ser cambiados cuando los contactos estén picados.

- ✓ Ajuste de las abrazaderas

Figura 63. Ajuste de abrazadera.

Autor: Hugo Bellettini

Se debe realizar un ajuste de las abrazaderas para evitar posibles fugas de aire y/o aceite.

Cada 6 meses realizar un mantenimiento del sistema de lubricación que consiste en:

- ✓ Cambio de aceite

Figura 64. Tipo de aceite.

Autor: Hugo Bellettini

El aceite debe ser cambiado cada 6 meses, debido a que el mismo va perdiendo sus propiedades y paquete de aditivos al contacto con el oxígeno. El tipo de aceite utilizado debe ser 15w-40.

- ✓ Verificación y ajuste de bomba

Figura 65. Verificación de conexiones de bomba.

Autor: Hugo Bellettini

La bomba debe ser verificada para evitar taponamientos del sistema.

- ✓ Verificación de mangueras

Se deben revisar las mangueras para evitar las fugas de aceite, asi mismo las abrazaderas

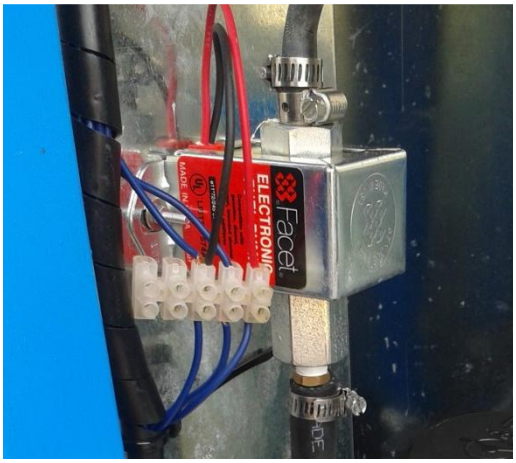


Figura 66. Mangueras de presión

Autor: Hugo Bellettini

4.3 Formato de prácticas.

UÍDE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ** **SEDE GUAYAQUIL** *Abril 2015 – Septiembre 2015*	

ASIGNATURA	*CÓDIGO*	*NIVEL*	*FECHA*	*TIEMPO*
				30 Min.

LABORATORIO O TALLER	*PRÁCTICA N°*	*NOMBRE DE LA PRÁCTICA*
Taller Automotriz Centro	1	**Comprobación del turbo**

1.	*PROPÓSITO*
Conocer el funcionamiento y mediciones del turbocompresor	

2.	*OBJETIVOS (Competencias)*
Prueba de dinámica de presión de sobrealimentación	

3.	*FUNDAMENTO TEÓRICO*

Para mover la turbina se utiliza el gas de escape, que es un fluido compresible. El retardo del turbo se produce cuando se requiere un cambio rápido de régimen, por ejemplo acelerando fuerte. En ese momento el turbo se encuentra girando despacio, lejos de su régimen óptimo y los gases de escape empiezan a fluir a través del turbo empujándolo lentamente. Hasta que el turbo acelera su rotación alcanzando su régimen óptimo pasa un tiempo que puede ser de hasta varios segundos, esto es lo que se llama retardo/retraso del turbo o *turbolag*

4.	*RECURSOS*	
EQUIPOS	*MATERIALES*	*INSUMOS*
• Modulo simulador	Guantes Gafas de protección Tapones de oídos	

5.	CÁLCULOS Y RESULTADOS

Tabla de resultados de presión y flujo de entrada

Vuelta	Potencia	ENTRADA	
		Flujo (CFM)	Presión (PSI)
1	10%	40	0
2	20%	80	0
3	30%	120	1
4	40%	150	2
5	50%	185	3
6	60%	205	5
7	70%	265	7
8	80%	300	9
9	90%	350	11
10	100%	390	12

7.	CONCLUSIONES

En la práctica de sobrepresión se puede observar que a medida que se aumenta el flujo de aire, aumenta la presión de entrada al turbo, esto se debe a que una vez que la tubería se “llena” de aire, comienza a presurizar el mismo. Si la tubería tuviera un menor diámetro, el flujo para presurizar el aire sería menor. Es por ello que se debe esperar un lapso de 1 minuto para realizar las medidas respectivas.

8	BIBLIOGRAFÍA

NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.

DOCENTE	COORDINADOR DE LABORATORIO	ENCARGADO DE LABORATORIO

UÍDE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ** **SEDE GUAYAQUIL** *Abril 2015 – Septiembre 2015*	

ASIGNATURA	*CÓDIGO*	*NIVEL*	*FECHA*	*TIEMPO*
				30 Min.

LABORATORIO O TALLER	*PRÁCTICA N°*	*NOMBRE DE LA PRÁCTICA*
Taller Automotriz Centro	2	**Comprobación del turbo**

1.	*PROPÓSITO*
Conocer el funcionamiento y mediciones del turbocompresor	

2.	*OBJETIVOS (Competencias)*
Prueba de la lubricación del turbocompresor	

3.	*FUNDAMENTO TEÓRICO*

Como es comprensible, un componente que gira por encima de 100.000 rpm necesita lubricación. El eje del turbo suele ser de materiales muy resistentes, pero no son indestructibles por lo que necesitan ser lubricados y también refrigerados, ya que por un lado tiene aire a temperatura ambiente, pero por el otro la temperatura alcanza varias centenas de grados.

4.	*RECURSOS*	
EQUIPOS	*MATERIALES*	*INSUMOS*
• Modulo simulador	Guantes Gafas de protección Tapones de oídos	

.	*CÁLCULOS Y RESULTADOS*

Tabla de resultados del sistema de lubricación

Vuelta	Potencia	Lubricación		
		Voltaje (v)	Corriente (I)	Presión (PSI)
1	10%	12	2,5	2,8
2	20%	12	3	3
3	30%	12	3	3,2
4	40%	12	3	3,2
5	50%	12	3	3,2
6	60%	12	3	3,2
7	70%	12	3	3,2
8	80%	12	3	3,2
9	90%	12	3	3,2
10	100%	12	3	3,2

7.	*CONCLUSIONES*

En la práctica del sistema de lubricación comprobar que no existen fugas de aceite ya que si existieran bajaría la presión a medida que aumenta la potencia de blower. De esta manera se puede verificar el buen funcionamiento del sistema de lubricación.

8	*BIBLIOGRAFÍA*

NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.

DOCENTE	*COORDINADOR DE LABORATORIO*	*ENCARGADO DE LABORATORIO*

UÍDE	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ** **SEDE GUAYAQUIL** *Abril 2015 – Septiembre 2015*	

ASIGNATURA	*CÓDIGO*	*NIVEL*	*FECHA*	*TIEMPO*
				30 Min.

LABORATORIO O TALLER	*PRÁCTICA N°*	*NOMBRE DE LA PRÁCTICA*
Taller Automotriz Centro	3	**Comprobación del turbo**

1.	*PROPÓSITO*
Conocer el funcionamiento y mediciones del turbocompresor	

2.	*OBJETIVOS (Competencias)*
Pruebas del contraste de la diferencia de la presión de aire de la entrada y salida	

3.	*FUNDAMENTO TEÓRICO*
. Esta prueba consiste en medir la presión de entrada y salida del turbocompresor mediante medidores de presión con la finalidad de determinar la diferencia de presión.	

4.	*RECURSOS*	
EQUIPOS	*MATERIALES*	*INSUMOS*
• Modulo simulador	Guantes Gafas de protección Tapones de oídos	

6.	CÁLCULOS Y RESULTADOS

Tabla de comparativa de flujo y presión

Vuelta	Potencia	ENTRADA		SALIDA	
		Flujo (CFM)	Presión (PSI)	Flujo (CFM)	Presión (PSI)
1	10%	40	0	10	0
2	20%	80	0	20	0
3	30%	120	1	40	0
4	40%	150	2	60	0
5	50%	185	3	75	0
6	60%	205	5	90	0,5
7	70%	265	7	100	1
8	80%	300	9	120	3
9	90%	350	11	140	5
10	100%	390	12	150	6

7.	CONCLUSIONES

En la práctica del contraste de la diferencia de la presión de aire de entrada y salida se puede demostrar la utilidad y funcionamiento del turbocompresor, así mismo se puede apreciar que se necesita una presión mínima de 3 PSI para que comience a compresionar el aire a la admisión, así mismo se necesita un flujo de 205 CFM para que el turbo comience su funcionamiento.

8	BIBLIOGRAFÍA

NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.

DOCENTE	COORDINADOR DE LABORATORIO	ENCARGADO DE LABORATORIO

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ El Banco está diseñado para soportar el peso de los elementos que están instalados sobre el mismo.
- ✓ Los elementos de medición en el banco están ubicados para que el estudiante pueda observar y comprobar el funcionamiento del turbo de una manera directa.
- ✓ Los sistemas de protección diseñados en el banco, nos ayudan a precautelar el turbo-compresor. Uno de estos sistemas es aquel que no permite el encendido del Blower sin antes haber encendido la bomba de lubricación.
- ✓ Con este banco se pueden realizar pruebas con las cuales nos permiten verificar fugas de aceite, excentricidad del turbo, fugas de aire, taponamiento en sistema de lubricación.
- ✓ En el manual de funcionamiento se encuentran detallados los pasos para la utilización correcta del banco.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda no colocar objetos extraños en el banco para evitar accidentes, así mismo se recomienda un mantenimiento periódico a la llantas del banco para prologar la vida del mismo,
- ✓ Utilizar las herramientas adecuadas para realizar las prácticas en el banco.
- ✓ Se recomienda tomar las debidas precauciones antes de poner en funcionamiento el Blower, así como verificar que antes ha sido encendida la bomba de lubricación.
- ✓ Se recomienda revisar el nivel de aceite correcto antes de poner en funcionamiento el banco.
- ✓ Se recomienda una vez encendida la bomba de lubricación esperar 5 segundos aproximadamente hasta alcanzar la presión necesaria para el funcionamiento del banco.

BIBLIOGRAFÍA.

El turbocompresor y otros sobrealimentadores (Sistemas auxiliares del motor), José Pardiñas, editorial EDITEX 2012

Técnicas básicas de Mecánica y Electricidad, MARTIN, editoral PARANINFO 2009

Turbomaquinas, Julian Sanchez Rodrigez, editorial DOSSAT 1962

Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, David Gonzales calleja, editorial PARAINFO 2012

Manual de turbocargadores, Hugh Maclnnes, PRENTICE-HALL 1994

Manual de diagnosis del automóvil, Hermógenes Gil, CEAC 2007

Trucos para mejorar su automóvil, P. Agustin, Adolfo Perez, EDIMAT LIBROS 2006

Glosario de términos

Downsizing: se responde al cambio, a veces, sin un estudio acucioso de la situación

Estequiometria: es el cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos en el transcurso de una reacción química.

Wastegate: literalmente significa puerta de paso. La válvula wastegate es la encargada de regular la presión que genera la turbina.

Estanqueidad: Sistema de protección para evitar el paso del agua a través de una construcción o de los elementos constructivos exteriores

Micrograpajes: Pequeñas rasgaduras

Turbolag: Retraso de respuesta del turbo al tiempo que transcurre desde que se pisa el acelerador hasta que empieza a ser efectivo el aumento de presión en la alimentación

ANEXO 1

MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA

ANEXO 2

MANUAL DEL DRIVER SIEMENS G110